

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS**

HERNANI TABARELLI MATIAS

**ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR USINA TERMELÉTRICA A CARVÃO MINERAL**

São Paulo

2017

Hernani Tabarelli Matias

**ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR USINA TERMELÉTRICA A CARVÃO MINERAL**

**STUDY OF THE SUSTAINABILITY IN ENERGY GENERATION BY COAL
THERMAL POWER PLANT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis.

**ORIENTADORA: PROFA. DRA. CLAUDIA
TEREZINHA KNIESS**

**São Paulo
2017**

Matias, Hernani Tabarelli.

Estudo da sustentabilidade na geração de energia elétrica por usina termelétrica a carvão mineral. / Hernani Tabarelli Matias.2017.

96 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2017.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Cláudia Terezinha Kniess.

1. Carvão mineral. 2. Eficiência energética. 3. Gestão ambiental. 4. Impacto Ambiental. 5. Sustentabilidade. 6. Usina termelétrica.

I. Kniess, Cláudia Terezinha. II. Titulo.

CDU 711.4

**ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR USINA TERMELÉTRICA A CARVÃO MINERAL**

Por

Hernani Tabarelli Matias

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis – PPGCIS da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis. Sendo a banca examinadora formada por:

Profa. Dra. Cláudia Terezinha Kniess – Universidade Nove de Julho – UNINOVE

Profa. Dra. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo – UNINOVE

Profa. Dra. Cibele Barsalini Martins – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

São Paulo, 22 de agosto de 2017.

“Aqueles que não pararam, chegaram tão longe que jamais serão alcançados”
(Autor desconhecido).

Agradecimento

Agradeço a Deus, ao Universo e a tudo que Nele está contido.

Agradeço à minha família que me apoiou e continua me apoiando em meu progresso pessoal, moral e intelectual, sempre de forma muito carinhosa e compreensiva. Especialmente à minha mãe Maria de Lourdes Tabarelli, que sempre esteve presente, mesmo nos meus momentos de crise, me incentivando e mostrando em seu olhar, muitas vezes calada sem saber o que dizer que há no futuro, e a cada dia mais presente, um caminho cheio de alegrias e muito amor a ser vivido.

Às minhas tias Maria Aparecida e Maria de Fátima que, também sempre demonstraram seu apoio, entusiasmo e incentivo (inclusive financeiro para a viagem internacional), com muito carinho.

Ao meu namorado Rodrigo da Silva Passos, agradeço pela paciência, companheirismo, compreensão e respeito nesta fase importante e um tanto atarefada da minha vida, sempre com palavras de carinho e esperança.

Agradeço à família CIS que se formou e se uniu durante o tecer deste trabalho, e que colaborou, sempre atenciosamente na construção do conhecimento e apoio mútuo.

Agradeço a todas as pessoas que, atenciosamente, prestaram auxílio à construção deste singelo trabalho que, modestamente, intenciona auxiliar à construção e disseminação do conhecimento.

Agradeço à minha orientadora Cláudia Kniess que, sabiamente ajudou e orientou o tecer de mais este trabalho para o progresso da Ciência em nosso país.

Agradeço à Liliana Dutra e a Geraldo Martins, por toda a atenção e dedicação que tiveram durante a visita técnica realizada e à preciosidade do conhecimento, respeito e carinho com que disponibilizaram seu tempo no progresso deste trabalho.

Agradeço à Universidade Nove de Julho e à Comissão de Aperfeiçoamento do Ensino Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço aos professores que compartilharam seus conhecimentos, especialmente aos membros da banca de qualificação e de defesa, pela dedicação e respeito com que trataram das arestas deste trabalho, visando sempre à qualidade do conhecimento aqui transmitido.

Agradeço também aqueles que, de forma indireta, prestaram seus serviços, o que viabilizou, desde a infraestrutura até a instalação de equipamentos para projeção, limpeza dos ambientes de estudo, o pessoal que torna a mobilidade nas nossas cidades silenciosamente possível e a todos que abasteceram de energia todo esse processo.

Resumo

A matriz energética e elétrica do Brasil é uma das mais limpas e renováveis no mundo. Seu planejamento e expansão consideram fatores, tais como o desempenho setorial, econômico e social. Para tal, são necessários investimentos em infraestrutura que estejam alinhados às políticas de desenvolvimento do país, bem como do desenvolvimento sustentável do setor energético. O Ministério de Minas e Energia prevê a participação expressiva de fontes renováveis na matriz energética, mas o sistema energético, particularmente o elétrico, de um país deve valer-se de fontes diversas de energia primária para manutenção e estabilidade da energia disponível nas redes de transmissão e distribuição, pois as fontes renováveis estão sujeitas às intempéries e sazonalidades. Dessa forma, fontes fósseis como o carvão mineral são utilizadas em usinas termelétricas e há previsão de aumento de oferta de energia elétrica por essa fonte até o ano de 2030. Este tipo de geração de energia tem como principal desvantagem a poluição e impacto ambiental decorrente da exploração, beneficiamento e combustão do carvão mineral, como as emissões de gases do efeito estufa, as cinzas leves e pesadas, acidificação dos recursos hídricos entre outros, devido a qualidade do carvão mineral nacional. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é estudar os aspectos relacionados à sustentabilidade na geração de energia elétrica por combustão de carvão mineral, por meio de estudo de caso único do Complexo Termelétrico localizado na região sul do Brasil. A escolha se justifica por ser o maior complexo termelétrico em capacidade instalada no Brasil, da importância econômica para a região e estabilidade do Sistema Interligado Nacional. Este estudo tem caráter exploratório e abordagem qualitativa. Como fontes de evidências foram realizados o levantamento do referencial teórico, documentos do setor energético e meio ambiente, relatórios do objeto de estudo, entrevista semiestruturada com funcionária do setor de meio ambiente e uma visita técnica. Os dados foram analisados e triangulados para a conclusão do estudo. Como principais resultados da pesquisa estão os impactos ao meio ambiente, tais como a contaminação de águas subterrâneas e emissões atmosféricas, geração de cinzas e sua gestão. Entre os benefícios encontrados destacam-se o desenvolvimento de empresas e fornecedores locais, geração de emprego e conhecimento técnico e científico. Conclui-se que um sistema de gestão ambiental bem estruturado é uma ferramenta importante para que os prós e contras dessa forma de geração de energia elétrica sejam comunicados e mitigados, além de evidenciar a importância desse empreendimento para o desenvolvimento regional, pois é um importante movimentador da economia local.

Palavras-chave: Carvão Mineral, Eficiência Energética, Gestão Ambiental, Impacto Ambiental, Sustentabilidade, Usina Termelétrica.

Abstract

Brazil's energy and electrical matrix is one of the cleanest and most renewable in the world. Its planning and expansion considers factors such as sector performance, economic and social development. Investments in infrastructure that are aligned with the country's development policies as well as the sustainable development of the energy sector are needed. The Mines and Energy' Ministry foresees significant participation of renewable sources in the energy matrix, but a country's energy system, particularly electric power, must rely on several sources of primary energy for maintenance and stability of the available energy in the transmission networks, because renewable sources are subject to weather and seasonality. Thus, fossil sources such as coal are used in thermoelectric plants and there is a forecast of an increase in the supply of electric energy by this source until the year 2030. This type of energy generation has as main disadvantage the pollution and environmental impact resulting from exploitation, processing and combustion of coal, such as greenhouse gas emissions, fly and bottom ashes, acidification of water resources, among others, due to the quality of the national mineral coal. In this context, the objective of this work is to study the aspects related to sustainability in the generation of electric energy by coal combustion through a unique case study of the Thermoelectric Complex located in south region of Brazil. The choice is justified because it is the largest thermoelectric complex in installed capacity in Brazil. This study has an exploratory and qualitative approach. Documents of the energy sector and environment, reports of the object of study, semi-structured interview with environment worker and a technical visit complete the sources of evidence used in this study that were analyzed the contents and triangulated. The main results of the research are the impacts on the environment, such as groundwater contamination and atmospheric emissions, ash generation and management. Among the benefits found are the development of local companies and suppliers, employment generation and technical and scientific knowledge. It is concluded that a well-structured environmental management system is an important tool so that the pros and cons of this form of electric power generation are communicated and mitigated, besides evidencing the importance of this enterprise for the regional development, since it is an important mover of the local economy.

Keywords: Coal, Energy Efficiency, Environmental Impact, Environmental Management, Sustainability, Thermal Power Plant.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	<u>11</u> <u>10</u>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	<u>14</u> <u>13</u>
1.2 OBJETIVOS	<u>18</u> <u>17</u>
1.2.1 Objetivo geral.....	<u>18</u> <u>17</u>
1.2.2 Objetivos específicos.....	<u>18</u> <u>17</u>
1.3 JUSTIFICATIVA.....	<u>18</u> <u>17</u>
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	<u>23</u> <u>22</u>
2. REFERENCIAL TEÓRICO	<u>24</u> <u>23</u>
2.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	<u>24</u> <u>23</u>
2.2. GERAÇÃO TERMELÉTRICA A CARVÃO MINERAL	<u>27</u> <u>26</u>
2.2.1 Carvão Mineral.....	<u>27</u> <u>26</u>
2.2.2 Usinas Termelétricas a Carvão Mineral	<u>31</u> <u>30</u>
2.3 PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL.....	<u>33</u> <u>32</u>
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS	<u>38</u> <u>37</u>
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	<u>45</u> <u>44</u>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	<u>45</u> <u>44</u>
3.1.1 Tipo de pesquisa.....	<u>45</u> <u>44</u>
3.1.2 Estratégia de Pesquisa	<u>46</u> <u>45</u>
3.2 TRAJETÓRIA METODOLÓGICA	<u>48</u> <u>47</u>
3.2.1 Seleção do Caso em Estudo	<u>48</u> <u>47</u>
3.2.2 Coleta de Dados	<u>48</u> <u>47</u>
3.2.3 Proposições da Pesquisa.....	<u>53</u> <u>52</u>
3.2.4 Matriz de Amarração.....	<u>54</u> <u>53</u>
3.3.3 Análise dos dados.....	<u>60</u> <u>59</u>
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	<u>62</u> <u>61</u>
4.1 Caracterização do Caso em Estudo	<u>62</u> <u>61</u>
4.2 Relatório de Sustentabilidade do Complexo Termelétrico.....	<u>67</u> <u>66</u>
4.3 Impactos Ambientais na Geração de Energia Elétrica a carvão.....	<u>70</u> <u>69</u>
4.4 Gestão Ambiental no Complexo Termelétrico.....	<u>73</u> <u>72</u>
4.5 Geração de Energia Elétrica a carvão e Sustentabilidade Urbana.....	<u>79</u> <u>78</u>
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	<u>84</u> <u>83</u>
REFERÊNCIAS	<u>89</u> <u>88</u>
APÊNDICE	<u>96</u> <u>95</u>

1. INTRODUÇÃO

O planejamento e a produção de energia elétrica são de fundamental importância para sustentar o crescimento e o desenvolvimento do país, levando-se em consideração variáveis econômicas, tais como: a taxa de crescimento da economia, desempenho setorial e indicadores demográficos como o crescimento da população e o número de domicílios (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2015a).

Dessa forma, o Plano Decenal de Expansão de Energia brasileiro [PDE] estabelece o planejamento energético para 2024, alinhado às políticas de desenvolvimento do Brasil, apresentando como premissa necessária para tal desenvolvimento o investimento em infraestrutura (Ministério de Minas e Energia & Empresa de Pesquisa Energética, 2015a). O PDE consiste em um dos principais documentos que abordam indicadores e que orientam a expansão do setor elétrico, de forma a garantir o suprimento de energia em condições tecnicamente viáveis e sustentáveis.

O planejamento do setor energético deve considerar não somente as necessidades do setor elétrico; mas, também às políticas de desenvolvimento do Estado, bem como deve equacionar aspectos como modicidade de tarifas, sustentabilidade ambiental e a segurança de suprimentos (Ferreira Jr., 2009).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia [MME]; Empresa de Pesquisas Energéticas [EPE] (2007), na matriz energética nacional para 2030 é previsto o aumento da oferta de energia, por meio de usina termelétrica [UTE] a carvão mineral, para garantir a estabilidade e segurança do Sistema Interligado Nacional [SIN]. Isso resulta no aumento dos impactos do desenvolvimento da cadeia do carvão mineral e, também na quantidade dos efluentes oriundos do beneficiamento e queima do combustível para tal forma de geração.

A falta de planejamento para o setor de energia pode afetar diretamente o crescimento econômico do país, conforme afirmam Mathias, Castro, Silva e Brandão (2015), que devido à crise do setor elétrico em 2001 e 2002, houve redução do Produto Interno Bruto [PIB] aproximadamente de 2,3%; concluindo, assim a relação de causalidade entre consumo de energia elétrica e PIB.

Além da demanda eda diversificação da matriz de energia e eficiência do SIN, a

modicidade da tarifa de energia elétrica, também é um fator determinante no aumento do consumo de energia e do PIB, além de estar inserida, deve ser computada no controle inflacionário (Mathias *et al.*, 2015).

Em contraponto, a sociedade estando propícia a custear o desenvolvimento sustentável deste setor, passa a ser a diretriz do planejamento elétrico para projetos com menores impactos. A diversificação da matriz energética e elétrica, também está relacionada à dependência externa de fontes fósseis, sendo o Brasil uma referência em alternativas sustentáveis (Ferreira Jr., 2009; Tolmasquim, 2012).

O Brasil, assim como outros países em desenvolvimento deve, então, explorar e diversificar sua matriz energética, visando à estabilidade dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica (Bronzatti, & Iarozinski Neto, 2008).

Aspectos como subsídio para o carvão mineral, e óleo combustível, negligências na minimização de emissões de GEE por parte das hidrelétricas, bem como desperdícios na rede de distribuição muito extensos, são alguns dos problemas observados no setor elétrico (Vianna, Veiga, & Abranches, 2009).

Conforme Cortese, Kniess e Maccari (2017), espera-se que a garantia de fornecimento de energia seja efetiva pelo planejamento, atendendo às necessidades produtivas e sociais. Estes autores afirmam, ainda que o MME apostava na diversificação da matriz nacional para que seja composta por diversas fontes, principalmente as renováveis, contemplando períodos de curto, longo e médio prazo.

Por outro lado, Vianna, Veiga, & Abranches (2009) afirmam que, para uma economia já com participação expressiva de fontes renováveis em sua matriz elétrica ser menos intensiva em carbono, não exige grandes esforços. No entanto, a política energética nacional empenha-se em garantir o fornecimento de energia, e não na redução de emissão dos gases de efeito estufa [GEE]. A oferta interna de energia no Brasil originária de fontes renováveis equivale a 41,2% do total de energia produzida, enquanto que, no mundo, esse percentual chega a 14,3% (Ministério de Minas e Energia, 2016).

Energias renováveis são aquelas que não alteram o balanço térmico do planeta e são provenientes de ciclos naturais de conversão do sol, ou seja, não têm como base os combustíveis fósseis. São também, chamadas de não convencionais, novas energias ou energias renováveis; o que nesse caso, não inclui as grandes hidrelétricas que são

renováveis, mas são convencionais (Pacheco, 2006).

O Atlas de Energia Elétrica do Brasil da ANEEL (2008) definiu como outras fontes de energia (não convencionais) as provenientes de parques eólicos, solar, das marés, biomassa, entre outros, que são renováveis, pois reduzem a dependência de combustíveis fósseis, ajudam a limpar a matriz energética e reduzem a emissão de gases do efeito estufa. Isso faz com que o país atenda às metas de redução na emissão de gases de efeito estufa constantes no Plano Nacional de Mudanças Climáticas [PNMC] e acordos internacionais (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisas Energeticas, 2015).

A matriz de energia brasileira, resultante de fontes renováveis, é composta da seguinte forma: hidráulica e hidroeletricidade 11,3%; lenha e carvão vegetal 8,2%; derivados de cana de açúcar 16,9% e outras renováveis 4,7% (Ministério de Minas e Energia, 2016). A matriz de energia (fontes não renováveis) é composta da seguinte forma: petróleo e derivados 37,3%; gás natural 13,7%; carvão mineral e derivados - 5,9% (carvão mineral no mundo 28,4%); urânio e derivados 1,3% e outras não renováveis 0,6% (Ministério de Minas e Energia, 2016).

De acordo com o MME e a EPE (2015a), prevê-se manter a matriz elétrica nacional com participação expressiva de fontes renováveis, 75,5% ante a 24,1% no mundo. A fim de se cumprir as metas de emissões e de mitigação dos impactos ambientais estabelecidas no PNMC, a participação do carvão mineral é baixa, cerca de 3,1%, comparada com o mundo (39,2%).

A matriz elétrica brasileira, resultante de fontes renováveis, é composta da seguinte forma: hidroeletricidade 58,4%; bagaço de cana 5,5%; eólica 3,5%; solar 0,01% e outras não renováveis 2,4% (Ministério de Minas e Energia, 2016). Já a matriz elétrica, resultante de fontes não renováveis, é composta da seguinte forma: óleo 4,2%; gás natural 12,9%; carvão 3,1%; nuclear 2,4%; outras não renováveis 2,0%. A quantidade de energia elétrica importada foi de 5,6% (Ministério de Minas e Energia, 2016).

Ferreira Jr (2009) diz que, no intuito de obter menores impactos e facilitar o processo de licenciamento, hidrelétricas têm sido projetadas com menores reservatórios; e dessa forma, em períodos de menor incidência de chuva, carecerão do acionamento de termelétricas. Isso foi observado nos anos de 2013, 2014 e 2015.

Com base na Resenha Energética Brasileira (Ministério de Minas e Energia, 2016), o Brasil mostra vantagem ambiental, comparando-se sua matriz energética e elétrica com o restante do mundo, em relação ao consumo de combustíveis fósseis para atender à sua demanda, 24,5% no Brasil e 75,9% no mundo.

Desta forma, esta dissertação tem como foco a análise dos aspectos relacionados à sustentabilidade no processo de geração de energia elétrica, por meio de carvão mineral, considerando o estudo de caso de um complexo termelétrico em operação na região sul do Brasil.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O carvão mineral brasileiro é classificado como sub-betuminoso a betuminoso tem alto teor de cinzas, entre outros componentes(Gavronski, 2009). O mercado de geração de energia demonstra um cenário favorável ao crescimento e faz com que os projetos para o carvão nacional sejam viabilizados (Gavronski, 2009).

No Brasil, existem treze UTEs a carvão mineral em operação (Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL], 2016), sendo que o Complexo Termelétrico em estudo [CTX], em Santa Catarina, é o maior em capacidade instalada de geração, com 857 MW de capacidade de geração instalada, 6,12% da capacidade instalada da usina hidrelétrica [UHE] Itaipu – 14.000 MW (Itaipu Binacional, 2017). Em 2016, o CTX produziu 4.266,13 GWh de energia elétrica, ou seja 4,14% em comparação com a UHE Itaipu – 103.098 GWh (Alpha Energia Brasil SA, 2017a; Itaipu Binacional, 2017).

O carvão mineral apresenta vantagem no seu consumo, pois quando há falta de água nos reservatórios de usinas hidrelétricas e a possível escassez de energia nos estados da região sul do país, essa fonte garante a eficiência energética da região (Departamento Nacional de Produção Mineral, 2014) e evita possíveis interrupções no fornecimento de energia.

A produção de energia por meio de UTE a carvão mineral é uma das formas mais danosas ao meio ambiente, por se tratar de um combustível fóssil e pela sua exploração de forma precária, no passado, ter deixado sérios impactos ambientais (Reckziegel, & Fagundes, 2013).

Cerca de 50% do carvão mineral nacional utilizado para a geração de energia elétrica é transformado em subprodutos, com grande produção de efluentes contaminantes do solo e águas subterrâneas e superficiais, além da poluição atmosférica por cinzas leves e gases de efeito estufa (Kniess, 2005; Amaral Filho, Schneider, Brum, Sampaio, Miltzarek, & Schneider, 2013; Ravazzoli, 2013).

Em UTEs a carvão mineral, a combustão gera as emissões atmosféricas, como a liberação de gases SO₂ e NO₂, e cerca de 5% a 10% de cinzas leves passam pelos filtros das chaminés, afetando, assim, o ciclo de água atmosférica, acidificação dos ecossistemas (Flues, Hama, & Fornaro, 2003).

As UTEs são responsáveis por 30% a 35% das emissões de gás carbônico na atmosfera no mundo e geram 700g de CO₂ para cada quilowatt-hora de eletricidade produzida (Butzke, 2014). No entanto, para manter a segurança da demanda de carga no SIN e, consequentemente sua eficiência, haverá expansão da oferta por meio de usinas térmicas, inclusive a carvão mineral no Brasil (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisas Energéticas, 2015a).

Nos leilões de energia nova (usinas em projeto ou em construção) ocorridos após a reforma do setor elétrico em 2004, foi observada maior participação de fontes térmicas (Ferreira Jr., 2009). Conforme este autor, um dos possíveis motivos para isso é que havia pouca disponibilidade de projetos hidrelétricos, devido à complexidade de projeto e licenciamento ambiental.

De acordo com a Resenha Energética Brasileira (Ministério de Minas e Energia, 2015), em 2014, houve aumento na oferta interna de energia no país [OIE] devido ao incremento da oferta de energia por usinas termelétricas [UTE]. Estas, por sua vez, foram acionadas por motivo de perdas energéticas e, também a diminuição da participação das fontes renováveis de energia causada pela redução da produção de hidroeletricidade entre 2013 e 2014.

A mesma tendência foi observada entre os anos de 2014 e 2015, quando a oferta interna de energia por meio de carvão mineral, também teve alta de 17.521 mil tep [milhões de toneladas equivalentes de petróleo] para 17.675 mil tep, a diferença entre 2013 e 2014 foi de 16.478 mil tep para 17.551 mil tep (Ministério de Minas e Energia, 2015, 2016).

A oferta de interna de energia elétrica oriunda de UTEs a carvão mineral, também apresentou aumento comparando-se os anos de 2013 e 2014 de 14.801GWh (gigawatt-hora) para 18.385GWh, com a redução da produção de hidroelectricidade de 390.992 GWh para 373.439GWh (Ministério de Minas e Energia, 2015).

O mesmo comportamento foi aferido entre os anos de 2014 e 2015, que apresentaram incremento da produção de energia elétrica por UTEs a carvão mineral e redução da participação de hidrelétricas. No caso a geração por meio do combustível fóssil foi de 18.385GWh para 19.096GWh e a hidroelectricidade foi de 373.439GWh para 359.743GWh (Ministério de Minas e Energia, 2016).

As UTEs, conforme o Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisas Energéticas (2015), têm vantagem locacional próximas aos centros de carga, condicionadas à disponibilidade do combustível, ao tamanho reduzido, têm a qualidade de não sofrer com as variáveis climáticas e retorno do investimento rápido; porém, como desvantagem, têm a poluição gerada pelo uso de combustíveis fósseis (Martins, & Freitas, 2015).

Estes empreendimentos, além de proporcionarem o desenvolvimento econômico e social, são maiores que a média nacional quando observados na região carbonífera sul catarinense, e também proporcionam problemas ambientais (Castilhos,& Fernandes, 2011; Oliveira, Heidemann, & Lima, 2011).

Oliveira, Heidemann e Lima (2011) associam, da mesma forma, o desenvolvimento socioeconômico observado nas cidades da bacia carbonífera de Santa Catarina até a década de 1980 ao desenvolvimento da cadeia produtiva do carvão mineral, e afirmam que o [CTX] é um dos principais pilares para a economia daquela região.

Entre os anos de 2002 e 2004, a qualidade da água das bacias hidrográficas da região sul catarinense foi avaliada e monitorada (acidez total, alumínio, manganês, ferro total e pH) nos rios Urussanga, Tubarão e Araranguá e córregos da região. Apenas as nascentes desses rios mantêm-se com qualidade e a jusante já há alterações nos parâmetros avaliados acima dos estipulados pela legislação (Castilhos, & Fernandes, 2011).

A sociedade confere mais cobranças às organizações quanto à sua responsabilidade acerca dos impactos ambientais causados por estas, quanto mais tiver

consciência do potencial de impactos negativos relacionados à atividade da organização. Dessa forma, a qualidade do ambiente e a gestão ambiental passam a ter mais atenção (Jabbour, & Jabbour, 2013).

A visibilidade dos efeitos ambientais e a importância de sua gestão em escala local e global surgiram após a década de 1960 que, até então, não tinha relevância, assim como o movimento das Relações Humanas que era criticado por falta de arcabouço científico com relação ao trabalho, a saúde humana e a responsabilidade social (Tachizawa, 2011).

A gestão ambiental fica definida como as práticas gerenciais e organizacionais para melhorar a interação entre meio ambiente e organização. Para isso, as normas da série ISO 14.000 prestam ferramentas para controles relacionados ao meio ambiente, possibilitando benefícios para a sociedade e para o marketing, por meio da melhoria contínua de processos e produtos (Pombo, & Magrini, 2008; Jabbour, & Jabbour, 2013).

A implantação de um Sistema de Gestão Ambiental [SGA] permite aumento de eficiência e redução de impactos ambientais, também como ferramenta que afere a eficácia das ações de mitigação de impactos ambientais previstas em licenças de empreendimentos do setor elétrico (Nadruz, & Gallardo, 2015; Gallardo, Aguiar, & Sánchez, 2016).

O SGA deve ser desenvolvido pelas próprias organizações, tomando as normas da série ISO 14.000 como referência e deve avaliar tanto a empresa quanto seu produto (Trierweiller, Vieira, Weise, & Ribeiro, 2008; Reckziegel, & Fagundes, 2013).

O Estudo de Impacto Ambiental é realizado por equipe multidisciplinar acerca de um empreendimento, e é realizado em todas as fases (projeto, implantação e operação e desmobilização). O Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental [EIA/RIMA] contêm as justificativas e os objetivos do projeto, bem como as alternativas a ele, como cenário de implantação ou não deste sobre sua área de influência (Brasil, 1986).

Estes estudos e relatórios podem ser utilizados como norteador para a estruturação do SGA, que se restringe principalmente à fase de operação do empreendimento (Sánchez, 2008). Dentro deste contexto, esta pesquisa busca responder a seguinte questão de pesquisa:

Como se caracterizam os aspectos relacionados à sustentabilidade na geração de energia elétrica em usina termelétrica a carvão mineral no Brasil?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Esta dissertação tem como objetivo analisar os aspectos relacionados à sustentabilidade na geração de energia elétrica em usina termelétrica a carvão mineral no Brasil.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Realizar o levantamento dos impactos ambientais da geração de energia elétrica, a partir da combustão do carvão mineral em uma usina localizada no sul do país;
- b) Estudar como o sistema de gestão ambiental contribui com as práticas de sustentabilidade e eficiência energética na usina termelétrica em estudo;
- c) Analisar a relação entre o relatório de sustentabilidade da UTE e o relatório de monitoramento ambiental relacionado à qualidade de água e ar; e
- d) Estudar as ações de mitigação dos impactos negativos detectados na geração de energia em UTE a carvão mineral e sua relação com o desenvolvimento sustentável do setor.

1.3 JUSTIFICATIVA

A oferta contínua de energia é necessária para a manutenção do modelo atual de vida e necessidades cotidianas da humanidade em um meio ambiente equilibrado. Assim, a sustentabilidade pauta as tomadas de decisões acerca da questão energética para tal (Cortese, Kniess, & Maccari, 2017).

Outro conceito a ser considerado aqui é a sustentabilidade urbana, que tem sua estratégia pautada no argumento de eficiência ecoenergética para a qualidade de vida urbana, e que a incapacidade do atendimento a serviços e infraestrutura em qualidade e quantidade adequadas como a injustiça social, tornam o ambiente insustentável (Silva, & Vargas, 2010).

Neste contexto de sustentabilidade urbana, a preocupação com o desenvolvimento sustentável demanda de políticas públicas voltadas para contrapor a deterioração das condições de vida nas cidades e torná-las social e ambientalmente sustentáveis (Jacobi, 2006), visto que a maior parte dos impactos ambientais é originada pelas atividades em áreas urbanas, tais como: resíduos sólidos, poluição atmosférica entre outras (Vassalo, & Figueiredo, 2010).

Jacobi (2006) argumenta que a conscientização e estímulo à participação da população nas práticas e nos processos decisórios fortalecem a responsabilidade dos atores (sociedade, governo e agente poluidor) no monitoramento e manutenção da qualidade de vida no meio urbano, ou seja, a gestão da cidade, seus recursos e equipamentos devem ser compartilhados.

O desenvolvimento econômico do Brasil tem como meta eliminar a pobreza. Sendo assim, o principal pilar para sustentar esse desenvolvimento é a geração de energia para os setores primário, terciário e de prestação de serviços e, dessa forma, o carvão mineral para geração de energia inclina-se ao aumento de seu consumo (Pereira, & Almeida, 2014).

Em seu estudo, Pereira e Almeida (2014) relatam que na região de Candiota – RS, a maior parte da população entrevistada é favorável à exploração do carvão mineral, justificada pela geração de empregos atuais e futuros como alternativa para a economia em períodos de estiagem para o setor agropecuário, também justificam a existência de tecnologias capazes de mitigar os impactos causados. Assim, a geração de empregos, mas com práticas ambientalmente corretas, é um dos objetivos na agenda da sustentabilidade no meio urbano (Jacobi, 2006).

Um exemplo é observado por Ravazzoli (2013) em seu estudo, em que no auge da produção de carvão mineral como combustível para produção de energia e derivados, na década de 1970, 23.440 pessoas eram dependentes das atividades relacionadas à mineração no sul de Santa Catarina.

Assim como a geração de empregos, também houve aumento da problemática socioambiental (saúde do trabalhador e do meio ambiente) e a desregulamentação do setor na década de 1990, que fez as empresas do setor carbonífero perderem 60% de seu faturamento, fecharem minas e milhares de trabalhadores ficarem sem emprego (Ravazzoli, 2013). A continuidade e a estabilização parcial do setor foram garantidas com a entrada em operação da Usina Jorge Lacerda IV em 1997, mostrando, assim relação entre o desenvolvimento da cidade e o setor energético (Ravazzoli, 2013).

A cidade é como um ecossistema que não se restringe a si, mas é suportada pelo seu entorno também, desta forma uma cidade sustentável deve ter capacidade adaptativa para absorver e superar essas externalidades com a intenção de manter duráveis as condições de desenvolvimento (Silva,& Vargas, 2010).

A organização do território, também é direta ou indiretamente influenciada pelo setor energético, pois projetos de usinas de energia e projetos lineares (linhas de transmissão, gasodutos, entre outros) aumentam a pressão sobre os equipamentos e a infraestrutura das cidades, seja por remanejamento de núcleos populacionais ou adensamento pela atração de contingente. As regiões menos densas, tais como norte e centro-oeste são mais sensíveis que regiões mais adensadas, tais como sul e sudeste (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2015c).

O carvão mineral brasileiro é classificado desde sub-betuminoso a carvão betuminoso, com presença de minerais que são responsáveis pelo alto teor de cinzas, entre outros componentes, tendo assim vocação para a geração de energia. (Gavronski, 2009).

De acordo como Ministério de Minas e Energia [MME], em 2030, o consumo de carvão mineral para a produção de energia será de 3.601 Mega toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), gerando 12.091 Tera watt hora (TWh) em energia, enquanto que, em 2002, foi de 2.389 Mtep e 6.241 TWh.

O sistema elétrico brasileiro é um dos maiores no mundo em participação hídrica; porém, é necessário para fins de regulação e compensação em períodos de estiagem que tenha a participação de 10% a 15% de UTEs (Leite, 2011) e não apenas os cerca de 5% atualmente.

Conforme estimativas do Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética (2007), o preço do carvão importado, de qualidade maior chegará a U\$60,00

a tonelada, enquanto que o carvão nacional, com maior teor de impurezas, a U\$30,00 a tonelada.

Estima-se o crescimento de 40% nas reservas nacionais de carvão mineral do Brasil. Sendo assim, boa parte deste carvão será destinada para a geração de energia elétrica, com possibilidade de instalação de 10.000 MW em termelétricas a carvão. A projeção da oferta interna de energia proveniente do carvão, em 2030, será de 38.404 milhões de Tep, em 2005, foi de 13.721 milhões de Tep (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007).

Em algumas regiões, o carvão é a única forma viável de provedor energia. Assim, não havendo outra forma para atender ao crescimento de determinadas regiões e a segurança do sistema energético, bem como a preservação do meio ambiente, conservação dos espaços naturais e qualidade de vida, devem ser adotadas medidas que minimizem os impactos decorrentes dessa forma de geração de energia (Departamento Nacional de Produção Mineral, 2001).

O mercado de geração de energia apresenta um cenário favorável ao crescimento, e o aumento do valor do mineral importado faz com que os projetos para o carvão nacional sejam viabilizados. As características do carvão nacional favorecem apenas projetos cujas instalações estejam próximas às jazidas (jazidas cativas), devido seu rendimento e teor de cinza (Gavronski, 2009).

Um indicador do aumento do consumo de energia nas cidades é a expansão de medidores de energia elétrica em domicílios particulares permanentes. Em 2013, a quantidade de medidores era de 74,8 milhões; em 2014, saltou para 77,0 milhões, e em 2015, a quantidade de medidores foi de 79,0 milhões, sendo 85,6% instalações residenciais, 7,2% comerciais e 5,5% rurais, ligações clandestinas são tratadas como perdas comerciais (Ministério de Minas e Energia, 2015, 2016).

Conforme o ponto de vista do Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética (2007a), o suprimento de energia deverá ser atendido a preços razoáveis e estáveis, de forma a garantir o desenvolvimento econômico sustentável; ressaltando que este conceito é fundamentado em três bases, sendo elas: o desenvolvimento econômico, o desenvolvimento social e a proteção ambiental, incorrendo, assim, no compromisso entre as gerações.

Para o governo brasileiro, a eficiência energética é uma alternativa para minimizar os impactos socioambientais para atendimento à demanda de qualquer que seja a fonte de energia utilizada (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007, p. 135), o PDE 2024 (2015, p. 371 e 385) relaciona-se à quantidade efetiva de energia final utilizada, mas que visem à minimização de impactos ao meio ambiente, analisando o projeto de cada fonte energética, o meio natural e a sociedade onde for inserida.

Conforme o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos –[CGEE][*Roadmap tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 a 2035, 2012*], novos projetos envolvendo o carvão mineral nacional, devem ser pautados na eficiência de seu uso, minimização dos impactos ao meio ambiente; fazendo entender, assim, que o uso dos subprodutos, também deve ser estudado e aplicado quando econômica e tecnicamente viável.

Uma questão emblemática ligada às UTEs, a carvão mineral, é a subsidênciadas minas exploradas por lavra subterrânea, que afeta o perímetro urbano das cidades e lavouras, que além dos danos a equipamentos públicos e edificações pode suprimir ou modificar a vazão de águas superficiais, rebaixar o lençol freático, alterar a umidade do solo; prejudicando, também a agricultura (Ruiz, Correa, Gallardo, & Sintoni, 2014).

Para esse tipo de atividade, a legislação brasileira prevê que a empresa mineradora seja responsável pela recuperação da área afetada, bem como requer o Estudo de Impacto Ambiental para novos empreendimentos (Ruiz *et al.*, 2014). Além dessa questão emblemática, as emissões atmosféricas e os efluentes gerados pela queima do carvão, material particulado em suspensão, gases do efeito estufa, as cinzas leves e pesadas são questões que podem afetar o meio ambiente e a saúde(Kniess, 2005; Oliveira, Heidemann, & Lima, 2011; Butzke, 2014;).

O que foi feito até o momento, a partir da entrada em vigor da legislação ambiental na década de 1970, foram as Ações Civis Públicas em 1993 e os Termos de Ajustamento de Conduta[TAC] entre os anos 2005 a 2010. Não é possível assegurar que as operações das minas, as beneficiadoras, transportadoras, e até a própria geradora, mantêm suas operações conforme a legislação e normas ambientais após o término dos TAC's (Ravazzoli, 2013).

Neste sentido, esta pesquisa busca contribuir com o estudo sobre os aspectos relacionados à sustentabilidade na geração de energia elétrica em usinas termelétricas a carvão mineral no Brasil; trazendo, de forma sistematizada, a teoria e a realidade que envolvem essa questão e como se relacionam.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. O capítulo 1 introdutório aborda a problemática de pesquisa, os objetivos da mesma e sua justificativa. O capítulo 2 é composto pela revisão teórica sobre os principais tópicos relacionados ao trabalho, dentre os quais se destacam: geração de energia e matriz energética, geração termelétrica a carvão mineral, planejamento e gestão ambiental, relatório de sustentabilidade e impactos ambientais na geração de energia elétrica.

O capítulo 3 detalha os procedimentos metodológicos utilizados durante pesquisa com ênfase para o desenvolvimento desta. Trata da elaboração da descrição da estratégia empregada na pesquisa, dos critérios para a interpretação dos achados do estudo, das proposições da pesquisa, da construção do protocolo para o desenvolvimento do estudo de caso e da análise da evidência do mesmo.

O capítulo 4 aborda os resultados obtidos por meio da triangulação dos dados primários e secundários da pesquisa; dentre eles, a caracterização do caso estudado, o relatório de sustentabilidade da UTE, os impactos ambientais na geração de energia elétrica por meio do carvão mineral, o SGA na UTE e a relação da geração de energia elétrica a carvão mineral com a sustentabilidade urbana. No capítulo 5, estão as conclusões acerca dos achados da pesquisa, seguidas das referências e do apêndice.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são abordados os seguintes assuntos: geração de energia e matriz energética e elétrica, geração termelétrica a carvão mineral, planejamento e gestão ambiental, relatório de sustentabilidade e impactos ambientais na geração de energia elétrica.

2.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

No cenário internacional, o Brasil é o décimo país com maior capacidade instalada de produção de energia elétrica. Em ordem os maiores: China, Estados Unidos, Japão, Índia, Rússia, Alemanha, Canadá, França, Itália e Brasil. Considerando a capacidade de geração hidrelétrica, o Brasil é o segundo país entre os dez maiores, em ordem: China, Brasil, Estados Unidos, Canadá, Rússia, Índia, Noruega, Japão, Turquia e França. Em capacidade de geração térmica, o país está na 29^a posição na classificação mundial, e em capacidade de geração por fontes alternativas, está na 9^a posição (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2015b).

Na Tabela 1, está discriminada a composição da oferta interna de energia no Brasil e no mundo.

FONTE	Brasil		Mundo	
	1973	2015	1973	2015
Óleo	45,6	37,3	46,1	30,8
Gás natural	0,4	13,7	16	21,4
Carvão	3,2	5,9	24,6	28,4
Urânio	0,0	1,3	0,9	4,9
Hidro	6,1	11,3	1,8	2,6
Outras não renováveis	0	0,6	0	0,3
Outras renováveis	44,8	29,9	10,6	11,6
Biomassa sólida	44,3	22,9	10,5	9,5
Biomassa líquida	0,5	6,3	0	0,57
Eólica	0	0,32	0	0,51
Solar	0	0,0005	0	0,53
Geotérmica	0	0	0,1	0,51
Total (%)	100	100	100	100
Dos quais renováveis	50,8	41,2	12,5	14,3
Total - milhões tep	82	299	6.109	13.635
% do mundo	1,3	2,2		

Notas: (a) estimativas N3E/MME para o último ano, a excessão do Brasil; (b) somente o mundo inclui bunker: 2,7% da OIE em 2014; (c) carvão inclui gases da indústria siderúrgica.

Tabela 1 Oferta Interna de Energia no Brasil e no Mundo (% e tep).

Fonte: Adaptada de Ministério de Minas e Energia (2016)

A matriz energética do Brasil é composta de fontes renováveis, sendo 41,2% do total de energia produzida, e o restante origina-se de fontes não renováveis, tais como: 5,9% carvão mineral, petróleo e derivados 37,3%, gás natural 13,7%, urânio e derivados 1,3% e outras não renováveis 0,6% (Ministério de Minas e Energia, 2016).

No mundo, a configuração da matriz é diferente, sendo que a participação das fontes renováveis chega a 14,3% e não renováveis, como o carvão mineral 28,4%, óleo 30,8%, gás natural 21,4%, urânio 4,9% e outras não renováveis 0,35 (Ministério de Minas e Energia, 2016).

Quanto à oferta interna de energia elétrica, 75,5% são derivados de fontes renováveis, 3,1% carvão mineral, óleo 4,2%, gás natural 12,9%, nuclear 2,4% e outras não renováveis 2,0%. No mundo, são 24,1% de fontes renováveis na oferta interna de energia elétrica, 39,2% carvão mineral, óleo 3,5%, gás 22,4%, urânio 10,5% e outras não renováveis 0,2% (Ministério de Minas e Energia, 2016), mostrando que, ainda há grande dependência das fontes fósseis para suprir de energia os setores e a sociedade.

Na Tabela 2, está discriminada a composição da oferta interna de energia elétrica no Brasil e no mundo.

FONTE	Brasil		Mundo	
	1973	2015	1973	2015
Óleo	7,2	4,2	24,6	3,5
Gás	0,5	12,9	12,2	22,4
Carvão	1,7	3,1	38,3	39,2
Urânio	0,0	2,4	3,3	10,5
Hidro	89	64	21,0	17,3
Outras não renováveis	0	2	0,1	0,2
Outras renováveis	1,2	11,5	0,6	6,8
Biomassa sólida	1,2	8	0,5	1,9
Eólica	0	3,5	0	3,3
Solar	0	0,01	0	1,2
Geotérmica	0	0	0,1	0,3
Total (%)	100	100	100	100
Dos quais renováveis	90,6	75,5	21,5	24,1
Total (TWh)	65	616	6.115	24,192
% do mundo	1,1	2,5		

Notas: (a) dados do mundo e outras regiões de 2014, estimados pelo N3E/SPE;

(b) biomassa sólica inclui biogás; (c) gás inclui o natural e industrial.

Tabela 2 - Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil e no Mundo.

Fonte: Adaptada de Ministério de Minas e Energia (2016).

A oferta de energia elétrica no Brasil sofreu redução de 1,3% em 2015, relativamente a 2014 e a geração hidrelétrica reduziu a participação em 3,7% na matriz elétrica (Empresa de Pesquisa Energética, 2016). O consumo final não energético dos combustíveis foi de 15.237 Mtep, para fins energéticos 245.446 Mtep. Os setores energético, residencial, comercial, público e agropecuário consumiram, respectivamente, 27.763, 24.951, 8.582, 3.980 e 11.487 (total de 76.763Mtep); o setor de transportes consumiu 84.037 Mtep e o industrial 84.645 Mtep de energia (Empresa de Pesquisa Energética, 2016).

A composição setorial do consumo de energia elétrica no Brasil é distribuída da seguinte maneira, em 2015, conforme o Balanço Energético Nacional 2016 [BEN] (Empresa de Pesquisa Energética, 2016):

- a) Setor energético - 6,1%;
- b) Setor residencial - 25,1%;
- c) Setor comercial - 17,5%;

- d) Setor público - 8,2%;
- e) Agropecuário - 5,1%;
- f) Transportes - 0,4%; e
- g) Industrial - 37,6%.

Ainda conforme os dados do documento citado, o consumo setorial do carvão vapor foi: (a) Termoelectricidade - 53,9%; e (b) Industrial (cimento, química, alimentos e bebidas, papel e celulose e outras indústrias) - 46,1%. O setor energético, por sua vez, cresceu em 2015 2,4%, comparado ao ano anterior.

No setor elétrico houve aumento de 6.945 MW, 25% por centrais térmicas, 35,4% por centrais hidráulicas e solares e eólicas 39,6%, o que resulta em 140.858 MW de capacidade instalada. No consumo, o cenário foi oposto, com queda de 5% na indústria, 1,8% no setor residencial (Empresa de Pesquisa Energética, 2016).

As estimativas do MME apontam que, dos domicílios permanentes (não permanentes são os de veraneio e hospedaria), 93% estão atendidos pela rede de energia elétrica, e que cerca de 500 mil, ainda estão sem energia elétrica (Ministério de Minas e Energia, 2016).

Dessa forma, a composição da matriz energética se dá pela quantidade de energia, que está disponível para obtenção e transformação, de forma quantitativa para representar oferta e consumo dos diversos tipos existentes de energia (Cortese, Kniess, &Maccari, 2017). Desta forma, pode-se inferir que, para as atividades cotidianas e a manutenção do bem-estar, é necessária grande quantidade de energia, planejamento cuidadoso e responsável ambientalmente para atender às necessidades humanas, tanto no campo quanto na cidade.

2.2. GERAÇÃO TERMELÉTRICA A CARVÃO MINERAL

2.2.1 Carvão Mineral

O carvão mineral, no Brasil, foi descoberto em 1795, por ingleses que construíam a ferrovia na região do baixo Jacuí – RS. Em 1801, também descoberto

pelos ingleses na região de Candiota – RS, e na segunda metade do século XIX, o imperador D. Pedro II inaugurou a primeira mina de carvão na região. Até então, a extração do mineral era feita de forma primitiva, após a Segunda Guerra Mundial, em que houve melhor desenvolvimento das técnicas de extração (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007b).

Conforme o último Balanço Mineral Brasileiro [BMB], emitido em 2001 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral [DNPM], os tipos de carvão mineral produzidos no Brasil são classificados conforme seu poder calorífico. O país produz sete tipos de carvão: CE-3100, CE-3300, CE-4200, CE-4500, CE-4700, CE-5200 e CE-6000; sendo que o número representa seu poder calorífico, por exemplo, CE-4200 produz 4200 cal/g [calorias por grama](Departamento Nacional de Produção Mineral, 2001).

O carvão mineral é mundialmente aplicado na produção de energia e de aço, de fundamental importância para a economia global. Há reservas em vários Estados brasileiros, e as jazidas mais significativas são localizadas nos Estados da região sul, oficialmente 95.431.573t no Paraná; 2.624.006.910t em Santa Catarina; e 22.409.474.045t no Rio Grande do Sul. A participação mundial do Brasil na produção de carvão mineral é inexpressiva de 0,1% (Departamento Nacional de Produção Mineral, 2001, 2014).

No Rio Grande do Sul, o carvão é o bem mineral principal. Seu teor de cinzas e carbono é desfavorável, imputando um desafio tecnológico para sua utilização na geração de energia elétrica, mas é abundante e a disponibilidade não sofre oscilações, tal como no caso das hidrelétricas dominantes no sistema elétrico brasileiro (Seelig, Schneider, & Saffer, 2011).

Até o ano 1884, em Santa Catarina, a exploração do carvão era feita de forma manual. Em 1885, foi inaugurada a primeira linha da estrada de ferro Teresa Cristina que ligava Lauro Mueller ao porto de Laguna e Criciúma; onde, em 1890 surgiu a primeira empresa de exploração do mineral (Oliveira, Heidemann, & Lima, 2011).

Em 1916, com a descoberta de novas jazidas e a necessidade de manter a indústria siderúrgica, iniciou-se a mecanização da exploração e transporte do carvão mineral para o porto de Imbituba. Em 1980, o porto chegou a transportar, aproximadamente, quatro milhões de toneladas do minério. Em 1979, começou a

funcionar a Indústria Carboquímica Catarinense [ICC], com a finalidade de aproveitar os resíduos piritosos do beneficiamento do carvão mineral (Oliveira, Heidemann, & Lima, 2011).

Nesse período, a região sul catarinense manteve crescimento econômico acelerado, ao contrário do que se observava no país (Oliveira, Heidemann, & Lima, 2011). Em 1990, a desregulamentação do setor e a não obrigatoriedade da compra do carvão nacional pelas siderúrgicas, fez com que a indústria do mineral sofresse grande desaceleração, principalmente no sul de Santa Catarina, onde havia maior desenvolvimento.

Porém, atualmente, com o aumento da demanda desse insumo pelo complexo termoelétrico instalado neste Estado e, também em decorrência da flutuação nos preços do petróleo e outras fontes, esse setor apresentou recuperação (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007b).

Há duas formas para a obtenção do carvão mineral, sendo elas: a lavra a céu aberto ou subterrânea; e a escolha de uma ou outra forma, dependerá da formação geológica da região e da jazida. A lavra a céu aberto é mais viável economicamente, enquanto a lavra subterrânea só é feita quando não for viável, tecnicamente, o outro método (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007b).

No processo de lavra a céu aberto, o mineral é obtido removendo a cobertura de solo e a mina é explorada até seu esgotamento. As minas a céu aberto podem ser mais agressivas ao ambiente, sendo necessária sua recuperação, concomitantemente à sua exploração, bem como a preocupação com o tratamento dos resíduos provenientes do beneficiamento do carvão extraído (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007b).

O carvão extraído das minas, denominado *run-of-mine* [ROM], passa por processos de beneficiamento, em que suas impurezas são separadas e o carvão é classificado conforme seu poder calorífico e teor de cinzas, como se pode observar no esquema representado na Figura 1.

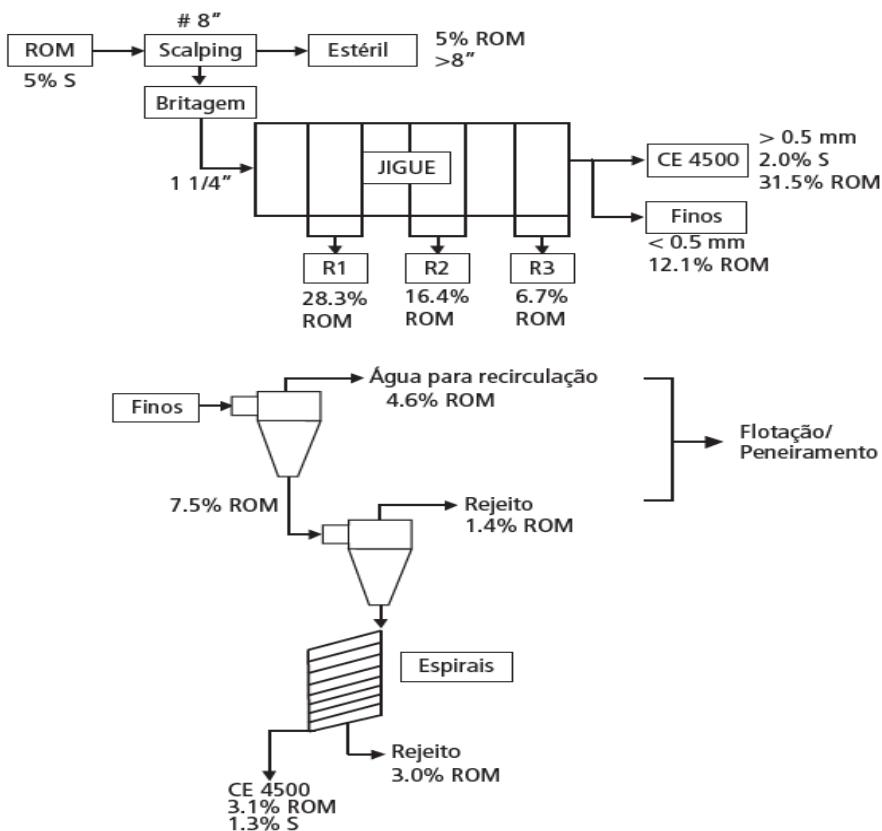


Figura 1 Esquema de circuito de beneficiamento de carvão mineral em Santa Catarina.

Fonte: Plano Nacional de Energia 2030 (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007).

O carvão ROM passa por um peneiramento, de onde são retiradas as maiores frações de material estéril, e em seguida, o mineral é britado e classificado conforme sua granulometria no Jingue, de onde são removidos materiais xistosos, piritosos e argilosos. O material fino proveniente desse processo é enviado para ciclones para mais uma classificação e, então, são concentrados em espirais. De todo esse processo de beneficiamento, menos de 50% do carvão minerado é recuperado (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007b).

Conforme o BMB (2001), o carvão pode ser classificado conforme seu grau de carbonificação “turfa, sapropelito, linhito, carvão sub-betuminoso, carvão betuminoso e antracito”, sendo que sua utilização industrial é viável apenas a partir do tipo linhito. O carvão mineral apresentou aumento no consumo, devido à falta de água nos reservatórios de usinas hidrelétricas nos anos de 2013 e 2014, e a possível escassez de energia nos estados da região sul do país, garantindo a eficiência energética dessa região (Departamento Nacional de Produção Mineral, 2014).

2.2.2 Usinas Termelétricas a Carvão Mineral

No Brasil, existem treze UTEs a carvão mineral em operação. Essas usinas e respectivas capacidade instalada, em função de seu inicio de operação, relacionadas na Tabela 3.

UTE	Ano de Operação	Potência Outorgada (kW)	Proprietária	Localização
São Jerônimo	1955	20.000	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica	São Jerônimo - RS
Charqueadas	1962	36.000	Engie Brasil Energia SA.	Charqueadas - RS
Figueira	1963	20.000	Copel Geração e Transmissão SA.	Figueira - PR
Jorge Lacerda I e II	1965	232.000	Engie Brasil Energia SA.	Capivari de Baixo - SC
Presidente Medici A, B	1974	446.000	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica	Candiota - RS
Jorge Lacerda III	1979	262.000	Engie Brasil Energia SA.	Capivari de Baixo - SC
Jorge Lacerda IV	1997	363.000	Engie Brasil Energia SA.	Capivari de Baixo - SC
Alunorte	2007	103.854	Alumina do Norte do Brasil SA.	Barcarena - PA
Alumar	2009	752.000	Consórcio de Alumínio do Maranhão Consórcio Alumar	São Luís - MA
Candiota III	2011	350.000	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica	Candiota - RS
Porto do Pecém	2012	720.724	Porto do Pecém Geração de Energia SA.	São Gonçalo do Amarante -CE
Porto do Itaqui	2013	360.137	Itaqui Geração de Energia SA.	São Luís - MA
Porto do Pecém II	2013	365.000	Pecém II Geração de Energia SA.	São Gonçalo do Amarante -CE

Tabela 3: UTEs em operação no Brasil

Fonte: Adaptada de Banco de Informações de Geração [BIG] (Aneel, 2016).

Entre as usinas apresentadas na Tabela 3, existem quatro UTEs em construção e não iniciadas, com respectivas capacidades outorgadas: Pampa Sul-RS 340MW;

Usitesc-SC 440,3MW; Jacuí-RS 350,2MW e Concórdia-RS 5MW (Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL], 2016).

Como se pode observar, o CTX em Santa Catarina é o maior em capacidade instalada de geração de energia elétrica, totalizando 857MW. O complexo, também é certificado com as normas NBR ISO 9001, NBR ISO 14001 e BS OHSAS 18001(Alpha Energia Brasil SA, 2016b). Entre 1999 e 2015, foram investidos mais de 170 milhões de reais em 120 projetos de pesquisa e desenvolvimento [P&D], em parceria com mais de 35 instituições; sendo que 85 projetos estão no Estado de Santa Catarina (Alpha Energia Brasil SA, 2016c).

Na produção de energia por meio de UTE a carvão mineral segue, basicamente, as seguintes etapas, conforme Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética (2015): o combustível é levado até a usina com o uso de caminhões, trens ou correias transportadoras, o combustível é preparado e armazenado em silos, de onde será levado para a caldeira.

Na caldeira ocorre a combustão do carvão e o vapor é gerado (como há diferentes temperaturas pressões de vapor para a operação de uma UTE a carvão mineral, podendo ser uma operação subcrítica, supercrítica ou ultra supercrítica). Então, o vapor é conduzido para a turbina que irá movimentar o gerador(Ministério de Minas e Energia & Empresa de Pesquisa Energética, 2007b).

Posteriormente, o vapor é resfriado e o condensado volta ao ciclo sendo aquecido novamente na caldeira; este é o chamado ciclo termodinâmico de Rankine. Há usinas que operam com ciclo combinado em que a queima do carvão mineral aciona uma turbina a gás e o calor residual aquece a água gerando o vapor. A Figura 2 ilustra os dois ciclos de geração de energia por esse meio (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2007b):

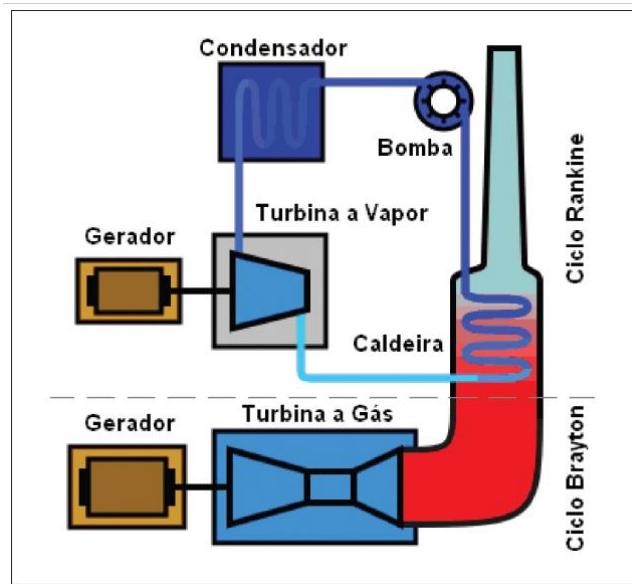


Figura 2 Diagrama de geração de energia por termelétrica a carvão mineral.

Fonte: (Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética, 2015).

Cerca de 50% do carvão mineral nacional utilizado para a geração de energia elétrica é transformado em subprodutos, após beneficiamento e queima nas usinas, devido às suas características mineralógicas (Kniess, 2005; Ravazzoli, 2013); ou seja, há uma grande produção de efluentes contaminantes durante o processo produtivo da energia elétrica a partir deste combustível (Kniess, 2005).

Na mesma proporção à geração de resíduos, são necessárias grandes áreas para a deposição e descarte das cinzas pesadas e rejeitos provenientes do beneficiamento do carvão, promovendo mudanças na topografia local, contaminação do solo e águas subterrâneas, além da poluição atmosférica por cinzas leves e gases de efeito estufa (Amaral Filho *et al.*, 2013).

2.3 PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

Fruto da evolução histórica das preocupações com a qualidade do meio ambiente, a gestão ambiental passou a ter maior importância para as organizações; pois, quanto mais consciente é a sociedade acerca dos possíveis impactos causados ao ambiente, maior será a cobrança sobre as organizações (Jabbour, & Jabbour, 2013).

Conforme Tachizawa (2011), a preocupação com a saúde dos trabalhadores começou após o surto de industrialização e o avanço de estudos científicos,

relacionando o efeito da poluição gerada em fábricas e minas sobre a saúde humana no começo do século XX; surgindo, assim, à preocupação com a responsabilidade social por parte das organizações e as relações humanas, considerando as necessidades sociais e psicológicas dos empregados em meados do século XX.

O movimento das Relações Humanas ganhou maior popularidade entre as décadas de 1950 a 1960, quando a ideia de que o homem é parte de uma peça de máquina é rejeitada, mas é criticada por carecer de embasamento científico para solução dos problemas sobre a saúde humana relativos ao trabalho. Nesse mesmo período, também há maior entendimento, mesmo que restrito a alguns aspectos, por parte da sociedade sobre os problemas causados pelo homem ao meio ambiente (Tachizawa, 2011).

Até a década de 1960, os recursos naturais não eram considerados como fatores de limitação, pois havia a segurança de que seriam infinitas suas fontes, e que o livre mercado potencializaria o bem estar social, sendo o meio ambiente irrelevante para a economia e para a gestão naquela época (Tachizawa, 2011).

A partir de então, a visibilidade dos efeitos ambientais e a redução de biodiversidade, entre outros provenientes de elementos nocivos emitidos em escala local e global, passaram a serem notadas a necessidade de mudança nos paradigmas de industrialização e consumo (Tachizawa, 2011).

Conforme Jabbour e Jabbour (2013), a conscientização ambiental acontece em quatro eras, sendo:

- a) 1970 – em 1970 foi realizada a primeira conferência para tratar de assuntos relacionados ao meio ambiente;
- b) 1980 -grandes acidentes ambientais aumentam a percepção ambiental;
- c) 1990 – quando surgiram os termos proatividade ambiental, perspectiva ambiental e ecoeficiência, em que a gestão ambiental beneficia tanto as organizações quanto o meio ambiente; e
- d) no início do século XXI, a gestão passa a ser o foco principal das organizações.

Assim, argumentam que a gestão ambiental engloba práticas gerenciais e organizacionais que aspiram ao melhor relacionamento e interação entre organizações e meio ambiente para a melhoria do desempenho ambiental (Jabbour, & Jabbour, 2013).

Para Oliveira e Pinheiro (2010), a gestão ambiental contempla práticas que possibilitam coordenar e monitorar as atividades de uma organização que estão ligadas às questões de meio ambiente, com vistas à conformidade e a redução de resíduos. Estas práticas baseadas no conceito de melhoria contínua podem ser uma ferramenta de identificação de problemas ambientais.

Em forma de sistema, a gestão ambiental é um modo estruturar operações para garantir o resguardo do meio ambiente, por meio da definição dos impactos das atividades e ações de mitigação, ou seja, um sistema de gestão ambiental (Oliveira, & Serrab, 2010).

A normalização de Sistemas de Gestão Ambiental [SGA], bem como de ferramentas para controle de aspectos ambientais, fica a cargo das normas da série ISO 14000 (Pombo, & Magrini, 2008), que podem proporcionar benefícios como a redução no consumo de matérias primas, energia, melhoria de processos produtivos, redução da quantidade de rejeitos e custos associados por meio de uma gestão mais eficiente.

Além de benefícios produtivos, a aplicação das normas ISO 14000, proporciona benefícios voltados à sociedade e ao marketing, pois o princípio desta série de normas é a melhoria contínua da organização, dos processos e dos produtos que devem ser desenvolvidos orientados ao meio ambiente, bem como a cadeia de fornecedores (Pombo,& Magrini, 2008).

Pombo e Magrini (2008) identificaram quatro fatores que suscitaram a adoção, por parte das organizações, dessas normas, e afirmaram, também que elas são as responsáveis pela fixação de novos paradigmas para o desenvolvimento sustentável:

- a) Motivação reativa (a algum movimento externo);
- b) Motivação interna (variáveis internas);
- c) Motivação proativa (*stakeholders*); e
- d) Motivação legal (atendimento à legislação).

Gallardo, Aguiar e Sánchez (2016) argumentam que a ISO 14001 (uma das normas da série ISO 14000) possibilitam o aumento da eficiência de organizações e a redução de seu impacto ambiental, podendo variar os resultados e custos de sua implementação, mesmo com modelos de gestão abrangente, tem como elementos:

- a) Estrutura organizacional;
- b) Planejamento de atividades;
- c) Responsabilidades;
- d) Práticas;
- e) Procedimentos;
- f) Processos; e
- g) Recursos.

O SGA, para grandes empreendimentos, serve como uma ferramenta que afere a eficácia das medidas mitigadoras de impactos ambientais. No setor elétrico, assegurar o cumprimento do que é exigido na Licença Prévia e de Instalação, bem como o acompanhamento dos processos construtivos é competência do SGA (Nadruz,& Gallardo, 2015).

As organizações devem desenvolver seu próprio SGA e suas soluções, pois a norma ISO 14001 apenas oferece os requisitos para esse sistema, sem definição da forma e qual a profundidade que eles atingem dentro das organizações (Reckziegel,& Fagundes, 2013).

Como destacam em seu estudo Trierweiller, Vieira, Weise e Ribeiro (2008), o gerenciamento ambiental deve avaliar o produto e a empresa, destacando para isso o SGA e a certificação NBR ISO 14001, que pode prover benefícios às empresas por parte do governo, ampliação de mercado, atender às expectativas da sociedade em que se insere, melhora na eficiência de processos; mas, o sucesso de um SGA depende do engajamento de todos os níveis da organização.

Sucintamente, um SGA é parte de um sistema global de uma organização para o planejamento, implementação e gestão de políticas ambientais assim como sua revisão e

manutenção (Trierweiller *et al.*, 2008). Basicamente, o SGA é composto de seis partes, são elas:

- a) Requisitos Gerais: são detalhados os itens que constam no SGA, desde a política ambiental até procedimentos e operações e de melhoria do sistema;
- b) Política Ambiental: definição da política ambiental e busca do engajamento dos funcionários com a política;
- c) Planejamento: os aspectos das atividades que impactam, de forma significativa, no meio ambiente, são identificados nos produtos e serviços para que sejam controlados;
- d) Implementação e Operação: etapa que se dedica à implementação e ao funcionamento e operacionalização do que foi planejado, tal como controle de documentações, processos e responsabilidades, treinamentos e comunicação;
- e) Verificação e Ação Corretiva: são os meios de monitoramento do SGA para que problemas sejam identificados e corrigidos; e
- f) Análise Crítica pela Administração: Revisão periódica por parte da administração da organização (Trierweiller *et al.*, 2008).

As questões de sustentabilidade estão contidas em vários aspectos, tais como: ideologias dos dirigentes das organizações, mobilização social e exigências de cunho governamental nacional e internacional. Assim, são exigidas quanto a sua ética, comportamento ambiental, ações de cunho social interna e externamente. Para relatar esses aspectos, utilizam-se dos Relatórios de Sustentabilidade [RS] (Corrêa, Souza, Ribeiro, & Ruiz, 2013).

As questões ambientais passam a ser estratégicas ao mercado, pois podem assegurar a continuidade no longo prazo das organizações, bem como evitar preocupações ou imprevistos quanto a sua posição no mercado, a transparência das informações relativas ao meio-ambiente e possíveis impactos, fundamentais para inspirar confiança aos *stakeholders* (Ferreira, Três, Garcia, Junior, & Ferreira, 2008).

O RS é uma ferramenta em que estão consolidadas informações importantes dos processos de melhorias das organizações e uma ferramenta de diálogo transparente com

a sociedade e interessados para a promoção do desenvolvimento sustentável. Este relatório deve conter informações precisas e realistas com a situação da organização (Corrêa *et al.*, 2013).

Não há uma legislação que obrigue a concepção desse documento, nem a sua divulgação, sendo cada organização apta a relatar, de sua forma, suas práticas e seus indicadores socioambientais, o que torna difícil a comparação entre as organizações, pois a empresa tem a liberdade de relatar e divulgar informações que julgue importante e omitir outras, que a seu ponto de vista não sejam (Ferreira *et al.*, 2008).

Com o intuito de criar uma padronização aplicável globalmente, a *Global Reporting Initiative*[GRI], estabelece diretrizes que as organizações devem tomar como base para evidenciação de suas práticas socioambientais, diretrizes que são atualizadas periodicamente com o envolvimento de *stakeholders* e especialistas de diversas empresas e setores (Corrêa *et al.*, 2013).

O RS contempla as três bases do desenvolvimento sustentável, ou seja: a base ambiental, relativa aos impactos da empresa sobre os sistemas naturais e seus indicadores e controles; a base social, com os impactos nos sistemas sociais promovidos pela empresa, tanto internos quanto direitos trabalhistas, e externos quanto ao produto e direitos humanos; e a base econômica e seus impactos em nível local, nacional e global (Pereira, & Silva, 2010; Corrêa *et al.*, 2013).

2.4IMPACTOS AMBIENTAIS

A Resolução 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (1986) definiu impacto ambiental como: “[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas [...]” que podem afetar a saúde, bem estar e atividades humanas, a biota, as condições sanitárias do meio ambiente e estética e a qualidade dos recursos naturais.

Para Sánchez (2008), trata-se da consequência de uma atividade, produto ou serviço, ou seja, qualquer modificação ao meio ambiente de grande importância ou não; e comenta, ainda que a definição dada pelo CONAMA para o impacto ambiental é de uma forma de poluição, sendo que o termo poluição tem conotação negativa e que nem

sempre o impacto ambiental o é, além de que nem todo impacto é originado de uma poluição. É para o impacto ambiental negativo que a lei exige que sejam feitos os estudos e tomadas as soluções de mitigação.

No que concerne à poluição atmosférica, a Resolução 003 do CONAMA (1990) diz: “[...] poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos [...]” e que afetem, de alguma forma, a saúde e o bem-estar, a fauna e flora e a segurança das atividades da comunidade.

A causa do impacto ambiental é resultante de uma ação humana e não deve ser confundida com a consequência, como ocorre em Estudos de Impactos Ambientais [EIA]; então se entende que é o resultado de uma ação ou atividade e não a própria ação ou atividade humana (Sánchez, 2008).

O EIA é um documento que deve contemplar as alternativas de locação e tecnológicas de um projeto, bem como a não execução dele, identificar e avaliar os impactos causados ao meio ambiente em todas as suas fases (implementação e operação), definir os limites de sua área de influência e a bacia hidrográfica em que se insere; sendo que o município deve fixar as diretrizes a serem contabilizadas conforme as particularidades locais (Brasil, 1986).

Como atividades técnicas mínimas ao EIA, a Resolução CONAMA nº 001 (1986) descreve: diagnóstico ambiental da área de influência do projeto; meio físico, meio biológico e ecossistemas e meio socioeconômico, e é necessário discriminar tanto os impactos negativos quanto os positivos, no médio e longo prazo, igualmente os diretos e os indiretos.

Além disso, o EIA define as medidas mitigadoras para os impactos negativos, o programa de monitoramento e acompanhamento; portanto, este estudo deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar, independentemente do idealizador do projeto (Brasil, 1986).

Refletindo os resultados, o EIA e o Relatório de Impacto Ambiental [RIMA] devem conter as justificativas e os objetivos do projeto, descrição das alternativas do projeto (locação e tecnologia), síntese do diagnóstico da área de influência com características da qualidade da fauna e flora local, tanto quanto o cenário no caso da não implementação do projeto, os efeitos esperados das ações de mitigação e grau de

alteração calculado, programa de monitoramento dos impactos e recomendação de medidas mais favoráveis para o projeto, lembrando que é o município responsável por promover audiências públicas para a discussão do EIA/RIMA (Brasil, 1986).

Os impactos e as medidas de mitigação previstas no EIA/RIMA, devem ser estudados antes da implementação de um projeto, já que são situações possíveis e não concretas; lembrando que o EIA, diferentemente do SGA, atenta para as três etapas do ciclo de vida de um projeto, ou seja, a implantação, a operação e a desativação. Por isso, é uma base para a elaboração do SGA que se limita a fase de operação (Sánchez, 2008). As informações do EIA são úteis ao SGA.

Dessa forma, o EIA e o SGA devem ser integrados, além de que o SGA é uma importante ferramenta para controlar a implementação das medidas de mitigação por meio de auditorias, ações preventivas e corretivas ao longo do processo de gestão, e lida com não conformidades, assim que elas surgem, mesmo que não tenham sido previstas (Gallardo *et al.*, 2016).

Sánchez (2008) destacou que um planejamento ambiental adequadamente feito e implementado, é uma ferramenta para a transformação da contribuição efetiva do desenvolvimento sustentável, e que pode diferenciar um projeto tradicional em que os impactos negativos têm destaque, de um projeto inovador que tenha os impactos positivos em destaque.

Tanto o EIA quanto o SGA estão inseridos em um conceito mais abrangente, denominado de Avaliação de Impacto Ambiental [AIA], Sánchez (2008) afirmou que há algumas interpretações para o termo, mas suscintamente descreve que: “[...] é o processo de identificar as consequências futuras de uma ação presente ou proposta”.

A forma mais agressiva de produção de energia é por meio da queima do carvão mineral, por ser formado pela decomposição de matéria orgânica, a certas condições de temperatura e pressão por milhões de anos. Devido a ter sido explorado de forma rudimentar e sem critérios na região carbonífera no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, esta forma de geração de energia é refutada pela população da região (Reckziegel, & Fagundes, 2013).

O principal problema verificado por Lima *et al.*(2015) na produção de energia por meio da queima do carvão mineral, é que este lança maior quantidade de poluentes atmosféricos, bem como gases de efeito estufa. Destacam, também que os primeiros

problemas relacionados à queima do carvão surgiram em Roma, há aproximadamente dois mil anos, e na Inglaterra no século XIII, em que leis regulamentaram a queima do combustível.

Entre os poluentes emitidos na queima do carvão, estão os materiais particulados, que podem ser líquidos ou sólidos, que ficam suspensos no ar, são facilmente inalados pelo organismo e podem causar problemas dermatológicos, pulmonares, cardiovasculares, câncer e efeitos no sistema nervoso, entre outros (Lima *et al.*, 2015).

A emissão de poluentes causadores dos gases do efeito estufa, por meio da combustão do carvão mineral é de cerca de 30% a 35%, conforme estimativas, além de efluentes como metais pesados e drenagem ácida de mina [DAM], que polui os recursos hídricos, um dos impactos mais significativos na região carbonífera de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Reckziegel, & Fagundes, 2013).

Setores como o de energia elétrica, por serem potencialmente poluidores, despertam mais a atenção da sociedade, quanto aos impactos sobre o ambiente; assim como nas organizações, devido ao alto investimento associado à construção de usinas, barragens e linhas de transmissão e suas externalidades negativas (Maçambanni, Van Bellen, da Silva, & Ventura, 2013).

Vale ressaltar que, mesmo a fonte de energia renovável acarreta impactos sobre o meio ambiente, se considerado todo o seu ciclo de vida (Cortese, Kniess, & Maccari, 2017). Assim, toda forma de geração de energia causa algum impacto ambiental, mesmo sendo uma fonte renovável. As usinas hidrelétricas causam impactos ambientais e sociais que devem ser considerados, tais como: a mobilização da população das áreas que serão alagadas, mudanças no ecossistema local e a geração de gases de efeito estufa, devido à inundação de áreas verdes (Faria, Kniess, & Maccari, 2012).

Reiteram Nadruz e Gallardo (2015), que são necessárias intervenções aos meios bióticos, socioeconômicos e físicos para que o processo de geração, distribuição e consumo de energia elétrica aconteçam. Para Lemos, Catapan, Catapan e de Castro (2008), as empresas do setor elétrico sofrem pressão devido à degradação promovida pelas atividades de geração, transmissão e distribuição de energia no mundo todo; mas têm dificuldades para identificar os custos socioambientais dessas atividades e definir a competitividade e viabilidade de projetos nesse setor.

Os sistemas que têm potencial de impacto sobre o meio ambiente em uma UTE, são os sistemas de combustível, de combustão, refrigeração e de tratamento de água que podem afetar os meios atmosférico, edáfico e hídrico, o mais importante é a poluição atmosférica (Seelig *et al.*, 2011).

Na geração de energia elétrica por UTEs a carvão mineral, a combustão gera as emissões atmosféricas, que é um dos impactos causados, tal como a liberação de gases SO₂ e NO₂, com cerca de 5% a 10% de cinzas leves que passam pelos filtros das chaminés (dependendo da tecnologia empregada e da idade das usinas). Essas substâncias serão transportadas, carreadas e precipitadas pela chuva, que se torna ácida e, assim afetando o ciclo de água atmosférica, acidificação dos ecossistemas aquáticos, terrestre e danos à vegetação (Flues, Hama, & Fornaro, 2003).

Em seu estudo, Lima *et al* (2015) destacaram a emissão de material particulado como um poluente atmosférico, que são pequenas partículas sólidas que ficam suspensas no ar, relacionadas ao uso do carvão mineral na produção de energia elétrica, desde a extração até a queima gerando névoas de poeira. Os problemas causados por esse poluente à saúde humana são ligados às vias respiratórias, gastrointestinais, doenças dermatológicas, cardiológicas e oftálmicas, alguns tipos de câncer e efeitos sobre o sistema nervoso (Lima *et al.*, 2015).

As termelétricas movidas a carvão mineral são responsáveis por 30% a 35% das emissões de gás carbônico na atmosfera no mundo, e geram 700g de CO₂ para cada quilowatt-hora de eletricidade produzida, além de nitrogênio e enxofre. Algumas tecnologias de combustão do carvão mineral podem reduzir a emissão desses poluentes em 70% a 90%, tal como a combustão pulverizada supercrítica, combustão em leito fluidizado e a gaseificação integrada a ciclo combinado (Butzke, 2014).

Dentre os impactos associados a essas UTEs, está a lavra do combustível que, conforme Brutzk (2014), causa alterações no:

- a) Ar: alterando a composição da poeira do ar;
- b) Solo: contaminando pontualmente, a geração de resíduos, alteração da paisagem e estabilidade do solo;
- c) Águas superficiais: alteração química, drenagem ácida, alteração dos cursos d'água e estabilidade de margens; e

- d) Águas subterrâneas: alteração química, da profundidade do nível d'água e suas propriedades.

Butzke (2014) afirmou que, mesmo que se empreguem tecnologias, e se invista na produção de mais energia, é preciso primeiro pensar na eficiência energética, pois cerca de 20% do que é produzido se perde nas linhas de transmissão e distribuição. Além dos problemas já citados, em seu trabalho Izidoro e Fungaro(2007), também relatam a alteração na vegetação e na geomorfologia da mineração do carvão mineral, e a grande geração de cinzas após sua combustão e que, ainda são pouco aplicadas para outras finalidades.

Izidoro e Fungaro(2007)propuseram a sintetização de zeólicas para tratamento de efluentes, a partir de cinzas leves de carvão mineral, por sua composição ser similar a alguns materiais vulcânicos que dão origem às zeólicas naturais. Esse material sintetizado mostrou-se eficaz para a absorção de íons metálicos (Cd^{2+} e Zn^{2+}) presente em águas ácidas. Sendo uma possível solução para a problemática da deposição desse resíduo, bem como da drenagem ácida de mina (DAM).

Para as cinzas pesadas de carvão mineral, Villanova e Bergmann(2010) estudaram a sua influência, juntamente com vidro sodo-cálcico na composição de materiais cerâmicos, e observaram ganho de resistência mecânica, redução no tamanho dos poros, e conforme a porcentagem e granulometria da cinza utilizada pode haver redução na temperatura de queima da cerâmica.

Martins, Araújo e Pellizzaro (2009) estudaram a utilização de cinzas de carvão do CTX como carga em compósitos poliméricos, sabendo que a forma e o tamanho das partículas influenciam nas propriedades desse material. O material foi obtido pela blendagem de polímero e cinza de carvão. Observaram que o material resultante é mais leve, com menor absorção de água e tem maior capacidade de deformação ao sofrer uma carga.

Hoffmann, Branco, Merschmann e Szklo (2011) estudaram os possíveis impactos para a implantação de um sistema de captura de CO_2 por meio da tecnologia *Carbon Capture and Storage*[CCS], simulando computacionalmente cenários com uso de carvão nacional e importado, os níveis de captura entre 5% a 90% e o solvente utilizado.

A utilização de sistemas CCS, normalmente, é custosa, pois precisam de instalações adicionais para condicionar os gases de exaustão da usina para adequar sua temperatura e a concentração de SO₂ e O₂, esses gases e a alta temperatura degradam de forma irreversível o solvente utilizado gera resíduos tóxicos, corroem equipamento, aumentam a viscosidade e a incrustação em tubos e precisa de uma instalação para a recuperação do solvente (Hoffmann *et al.*, 2011).

Estes autores concluem que, conforme o regime de operação da UTE e o aumento de sua eficiência, a implantação do CCS será mais onerosa, aumenta o consumo de água e a geração dos resíduos, que podem causar sérios danos ao meio ambiente e a saúde humana (Hoffmann *et al.*, 2011).

Para se considerar a sustentabilidade na geração de energia e a segurança do sistema nacional, há desafios como a construção de hidrelétricas com reservatórios, a geração nuclear com participação privada, os níveis de emissões de gases do efeito estufa, o uso de termelétricas e o aumento da eficiência energética (Beta Energia SA., 2015).

Após ter sido desenvolvido o referencial teórico que embasou esta pesquisa, serão descritos os procedimentos metodológicos da mesma.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, estão descritos os procedimentos metodológicos adotados para a realização desta pesquisa, que englobam as fontes de evidências que foram utilizadas, bem como a descrição de como foram realizadas as análises dos dados obtidos.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

3.1.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa exploratória é empregada quando se pretende fornecer maior conhecimento acerca do tema investigado. É, geralmente, utilizada para aprofundamento no tema quando o fenômeno da pesquisa é pouco estudado e há intenção de elucidá-lo, facilitando e operacionalizando a construção das hipóteses (Gil, 2010; Dencker, 2012).

A abordagem do estudo é qualitativa; pois, para Bauer e Gaskell (2008), estudar a realidade social por meio de interpretações de textos e entrevistas, evita a quantificação de dados e seus tratamentos estatísticos para interpretação. Este estudo busca deduzir e inferir sobre variáveis específicas e não generalistas acerca do objeto e tema proposto, buscando a compreensão do contexto do objeto e, também o contexto em que está inserido (Bardin, 1977).

O ponto central da pesquisa qualitativa é a compreensão, interpretação e a descrição dos fatos (acerca de uma questão) e não apenas medições. Para isso, é preciso que o pesquisador tenha contato direto com seu objeto de estudo (Martins, & Theóphilo, 2009).

A pesquisa qualitativa tem na descrição (de coisas, pessoas, situações entre outros) sua principal característica, com a preocupação de verificar as relações do objeto com outros elementos. Assim, a pesquisa qualitativa é conhecida, também como naturalística, pois considera o ambiente em que se insere o estudo (Martins, & Theóphilo, 2009).

3.1.2 Estratégia de Pesquisa

Na visão de Yin (2010), a pesquisa é um estudo de caso, pois trata das questões “como e por que”, e tem como meta entender determinado fenômeno complexo de forma rigorosa mantendo a fidelidade e a imparcialidade das fontes de evidência por meio de levantamento de documentações, análise de arquivos, pesquisa histórica e podendo ser descritivo, exploratório ou explanatório.

Ainda segundo Yin (2010), é possível relacioná-los e hierarquizá-los na estruturação da pesquisa, respondendo as questões “o que, como, quanto, por que e quem” relacionando a fatos comportamentais e contemporâneos, sendo analisados no decorrer do tempo e não apenas sua incidência ou frequência em que ocorrem.

O estudo de caso analisou, de forma abrangente, o contexto real, visando ao entendimento em sua totalidade e complexidade bem como o contexto social em que está inserido o complexo termelétrico (Martins, & Lintz, 2007).

Os dados coletados nesta pesquisa foram analisados, de forma concisa e rigorosa, acerca dos impactos e da gestão ambiental, de forma a se compreender os fenômenos associados à operação do complexo termelétrico, e as atividades que fazem com que esta indústria se mantenha, de forma a preservar as características das organizações e sociedade envolvida e impactada.

O estudo de caso contemplou múltiplas fontes de evidência. Assim, serviu-se do maior número possível de evidências, a fim de se assegurar a validade do constructo, a validade interna, externa e a confiabilidade acerca dos dados estudados. O estudo de caso deve considerar três princípios para que seja de boa qualidade: (a) Uso de múltiplas fontes de evidências, não apenas uma; (b) Criação de um banco de dados do estudo de caso; e (c) Manutenção de um encadeamento de evidências(Yin, 2010).

Conforme Yin (2010), há seis fontes de evidências, cada uma com seus pontos fortes e fracos, não havendo uma que seja mais ou menos confiável, mas sim complementaridade, dando suporte umas as outras em seus pontos fracos. O Quadro 1, a seguir, mostra as múltiplas fontes de evidência, suas qualidades e fragilidades.

Fonte de evidência	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Documentação	<ul style="list-style-type: none"> - Estável: pode ser revista repetidamente; - Discreta: não foi criada em consequência do estudo de caso; - Exata: contém nomes, referências e detalhes exatos de um evento; - Ampla cobertura: longo período de tempo, muitos eventos e muitos ambientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperabilidade: pode ser difícil de encontrar; - Seletividade parcial, se a coleção for incompleta; - Parcialidade do relatório: reflete parcialidade (desconhecida) do autor; - Acesso: pode ser negado deliberadamente.
Registros em arquivo	<ul style="list-style-type: none"> - [idem à documentação]; - Precisos e geralmente quantitativos. 	<ul style="list-style-type: none"> - [idem à documentação]; - Acessibilidade devido a razões de privacidade.
Entrevistas	<ul style="list-style-type: none"> - Direcionadas: focam diretamente os tópicos do estudo de caso; - Perceptíveis: fornecem inferências e explanações causais percebidas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Parcialidade devido às questões mal articuladas; - Parcialidade da resposta; - Incorreções devido à falta de memória; - Reflexividade: o entrevistado dá ao entrevistador o que ele quer ouvir.
Observações diretas	<ul style="list-style-type: none"> - Realidade: cobre eventos em tempo real; - Contextual: cobre o contexto do “caso”. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consome tempo; - Seletividade: ampla cobertura é difícil sem uma equipe de observadores; - Reflexividade: evento pode prosseguir diferentemente porque está sendo observado; - Custo: horas necessárias pelos observadores humanos.
Observação do participante	<ul style="list-style-type: none"> - [idem aos acima para as observações diretas]; - Discernível ao comportamento e aos motivos interpessoais. 	<ul style="list-style-type: none"> - [idem aos acima para as observações diretas]; - Parcialidade devido à manipulação dos eventos pelo observador participante.
Artefatos físicos	<ul style="list-style-type: none"> - Discernível às características culturais; - Discernível às operações técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Seletividade; - Disponibilidade.

Quadro1 - Seis fontes de evidência: pontos fortes e pontos fracos.

Fonte: Yin (2010).

3.2 TRAJETÓRIA METODOLÓGICA

A seguir, descrevem-se as etapas da pesquisa que compõem a trajetória metodológica.

3.2.1 Seleção do Caso em Estudo

Esta pesquisa consiste em um estudo dos aspectos de sustentabilidade na geração de energia elétrica em usina termelétrica a carvão mineral. O caso em estudo é um complexo termelétrico instalado no sul do país [CTX].

A escolha do caso se deu por se tratar do maior complexo termelétrico a carvão mineral em capacidade instalada no Brasil, pela exploração e impactos causados pelo carvão mineral e pela importância econômica para a região, tal como comentado anteriormente.

3.2.2 Coleta de Dados

Segundo Yin (2010), não há um modelo pronto e fixo para a análise dos dados levantados em um estudo de caso, mas devem ser analisados à luz da ciência, de forma metódica, e com raciocínio empírico rigoroso do pesquisador; levando-se em consideração, também as interpretações contrárias e adversas.

Neste estudo, considerou-se a percepção do indivíduo, o qual inserido no contexto, e a habilidade do pesquisador em inter-relacionar os dados e percepções obtidos, por meio da pesquisa referencial, entrevista e interpretação de forma fidedigna, com a noção da causa, envolve o senso comum e a ciência, pautados na ética e respeito aos envolvidos para a produção do conhecimento (Martins, & Theóphilo, 2009).

A análise qualitativa ocorreu em duas fases, durante o processo de pesquisa e obtenção das informações em que o pesquisador considerou a pertinência dos achados ao objeto e assunto estudado. Após reavaliado todo o material, de forma mais genérica, buscou suas relações e inferências avaliando, assim, pertinência às questões iniciais e, quando necessário, reajustou-as (Martins, & Theóphilo, 2009). Os dados foram

analisados na medida em que foram obtidos, diferentemente de uma análise quantitativa, em que a coleta e análise são realizadas em momentos distintos.

Foi fundamental no trabalho, cautela e, também o avanço pautado no referencial teórico, para não obter informações diversas e difusas, obtendo uma visão holística da situação, que se mostra de forma não tendenciosa. As fontes de evidências utilizadas para a realização da pesquisa são:

a) Análise documental: pesquisa histórica, para a compreensão de como se iniciou e a trajetória da indústria carbonífera na região onde se localiza a Usina, as mudanças e impactos locais decorrentes do desenvolvimento dessa indústria.

Os documentos foram obtidos do Ministério de Minas e Energia, Ministério do Meio Ambiente, Departamento Nacional de Produção Mineral, Agência Nacional de Energia Elétrica e os relatórios de monitoramento ambiental, relatório de sustentabilidade e código de meio ambiente do complexo termelétrico. A escolha desses documentos foi feita com base no levantamento de referências teóricas que circunscrevem o tema proposto nesse trabalho.

O Quadro 2 apresenta os documentos que foram escolhidos, sucintamente descreve os dados que justificaram a escolha.

Documento	Descrição	Fonte
BIG - Banco de informações de Geração	Página da ANEEL onde são divulgados dados sobre a geração de energia elétrica no Brasil.	Agência Nacional de Energia elétrica – ANEEL
Atlas de energia elétrica do Brasil	Descreve a estrutura do setor elétrico brasileiro e cenários futuros.	
Resolução CONAMA 001	Estabelece critérios e definições para a avaliação do impacto ambiental, faz parte o Plano Nacional do Meio Ambiente.	Ministério do Meio Ambiente – MMA
Resolução CONAMA 003	Trata das condições de qualidade do ar.	
Balanço mineral brasileiro	Destaca informações sobre produção e consumo de bens minerais no Brasil e projeções.	Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM
Sumário mineral 2014	Apresenta a situação de mercado (interno e externo) dos principais bens minerais.	
Balanço energético nacional 2016 ano base 2015	Divulga a contabilidade do que é produzido, consumido, importado e exportado de bens energéticos.	Empresa de Pesquisa Energética - EPE Ministério de Minas e Energia - MME
Resenha energética brasileira	Evidencia os principais dados sobre o setor energético brasileiro.	
Matriz energética nacional 2030	Consolida informações de projeção de consumo e expansão de oferta de energia.	
Plano nacional de energia 2030	Apresenta alternativas de expansão do setor e seu planejamento de longo prazo.	

Anuário estatístico de energia elétrica 2015 ano base 2014	Evidencia dados de consumo de energia elétrica na rede.	
Plano decenal de expansão de energia 2024	Orienta ações e decisões para o equilíbrio entre projeção e expansão de energia, planejamento da expansão eletroenergética.	
Parque gerador	Apresenta informações sobre a produção de energia do CTX.	Alpha Energia Brasil SA.
Relatório de sustentabilidade	Destaca informações do desempenho econômico, social e ambiental da empresa e suas ações.	
Código de meio ambiente	Define diretrizes das ações socioambientais da empresa.	

Quadro 2 Matriz de documentos.

Fonte: O Autor.

Os documentos obtidos das organizações públicas são fontes de dados históricos, estratégicos e fundamentais para o delineamento e descrição de como aconteceu todo o processo de evolução do sistema elétrico brasileiro, bem como as projeções futuras e documentos que se remetem à legislação e controle da qualidade do meio ambiente. O relatório de sustentabilidade contribui com seu caráter mais específico das características do objeto de estudo.

b) Levantamento bibliográfico nas bases de dados: por meio de levantamento com palavras-chave em bases de dados e ferramentas de pesquisa, tais como: Google Acadêmico, *Scopus* e *Proquest*, de artigos relacionados ao estudo. Os termos utilizados foram: eficiência energética produção e consumo de energia; resíduos de termelétrica a carvão mineral; usina termelétrica a carvão mineral; *energy efficiency in thermal coal Power plant; thermal coal waste; environmental management system*, sistema de gestão ambiental, impacto ambiental, *environmental impact* e sustentabilidade urbana, utilizando-se um computador conectado à internet.

Para o levantamento do referencial bibliográfico, também foi solicitada a orientação e indicação, por especialistas, de artigos e bibliografias acerca do assunto. O levantamento foi feito utilizando como filtro de pesquisa, artigos acadêmicos com publicação entre os anos de 2006 a 2017.

c) Entrevista semi-estruturada com a engenheira de utilidades do Departamento de Meio Ambiente do complexo termelétrico em estudo, que está envolvida com os impactos relativos a esse tipo de geração de energia elétrica e sua gestão, será citada neste trabalho pela sigla FDMA (Funcionária do Departamento de Meio Ambiente). A entrevista foi agendada e realizada com prévio contato por e-mail diretamente com a FDMA.

Do ponto de vista de Yin (2010), as entrevistas podem ser direcionadas ao assunto foco do trabalho ou perceptíveis, permitindo ligações e interpretações causais, uma das fontes mais importantes de informação. As dificuldades relativas a essa fonte de evidência, tais como as parcialidades das informações obtidas ou questões mal formuladas, têm sua solução tomando-se como balizador da ciência e da análise documental e levantamento bibliográfico anteriormente citado.

d) Observação direta, pois no estudo de caso é fundamental a vivência no ambiente natural do caso (Yin, 2010). A observação direta permitirá obter as informações com as características próprias do objeto de estudo, entender a dinâmica local confrontada com a dinâmica teórica, obtida a partir de fontes documentais e entrevistas.

Como dificuldades, Yin (2010) cita a quantidade de tempo necessária para observações, o que deverá ser previamente planejado, estruturado e acordado entre as partes envolvidas (pesquisador - objeto de estudo). Tal roteiro para observação direta, também será traçado sendo embasado na teoria e nas demais fontes de evidência deste estudo de caso.

A observação direta (visita técnica) foi realizada com prévio contato e agendamento por e-mail, também com a FDMA. O pesquisador, na data estabelecida, deslocou-se até o referido objeto de estudo, onde foi acompanhado e instruído pela FDMA e um funcionário do mesmo setor, delegado para conduzir a visita na planta do objeto de estudo.

3.2.3 Proposições da Pesquisa

Proposições são teorias formuladas antes do estudo do caso, teorias preliminares que podem ser esquadrinhadas, conforme o curso da pesquisa e ser aceita ou rejeitada, conforme as evidências teóricas e evidências do caso (Martins,& Theóphilo, 2009). As proposições encaminham, mais precisamente, um estudo de caso para sua objetividade (Martins, & Theóphilo, 2009). Neste sentido, este trabalho possui as seguintes proposições de pesquisa:

(1)Os impactos ambientais causados pelo CTX antes das obrigações legais foram contabilizados em forma de inventário (Kniess, 2005; Izidorio, & Fungaro, 2007; Ministério de Minas e Energia [MME] e Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2007; Gavronski, 2009; Martins *et al.*, 2009; Villanova, & Bergmann, 2010; Oliveira *et al.*, 2011; CGEE, 2012; Ravazzoli, 2013; Reckziegel, & Fagundes, 2013; Amaral Filho *et al.*, 2013; Butzke, 2014; DNPM, 2001, 2014; Lima *et al.*, 2015);

(2) O CTX investe em pesquisa para melhoria dos processos, independentemente da demanda prevista para o país, e nem todos são embasados no desenvolvimento

sustentável do setor (Trierweiller *et al.*, 2008; [EPE] e [ANEEL], 2008; Hoffmann *et al.*, 2011; Beta Energia SA., 2015; Jabour, & Jabour, 2013; Nadruz, & Gallardo, 2015; Gallardo *et al.*, 2016);

(3) O CTX não tem mecanismos de medição dos impactos ambientais causados, são apenas estimados pela qualidade do carvão utilizado (Flues *et al.*, 2003; [MME], 2007; Bronzatti, & Iarozinski Neto, 2008; Pombo, & Magrini, 2008; Lemos, Catapan, Catapan, & de Castro, 2008; Leite, 2011; Reckziegel, & Fagundes, 2013; Maçambanni, Van Bellen, da Silva, & Ventura, 2013; Jabbour, & Jabbour, 2013; Tachizawa, 2013; Lima *et al.*, 2013; [MME] e [EPE], 2015; Gallardo, Aguiar, & Sánchez, 2016);

(4) O CTX apenas atua no que exige a legislação vigente, não havendo possibilidade de fazer estudo de ciclo de vida, bem como as ações sociais que são realizadas esporadicamente ([MME], & [EPE], 2007b; Vassalo, & Figueiredo, 2010; Silva, & Vargas, 2010; Ravazzoli, 2013; Ruiz, Correa, Gallardo, & Sintoni, 2014; DNPM, 2014; MME e EPE, 2015; Gallardo, Aguiar, & Sánchez, 2016).

3.2.4 Matriz de Amarração

Os dados levantados e obtidos por meio das múltiplas fontes de evidência foram analisados e triangulados, a fim de obter uma visão completa e abrangente sobre o caso em estudo e, também por meio de uma matriz de amarração. Assim, há a visualização mais concreta do trabalho, ao observar, na variedade de aspectos históricos, comportamentais, ambientais e antrópicos, que pode haver equívocos, dificuldades e as informações necessárias ao encadeamento da pesquisa, fazendo com que o estudo tenha mais acurácia e fique evidente se há algum equívoco na definição do encaminhamento da pesquisa e no reconhecimento das limitações da pesquisa por estar apoiado em vários aspectos (Telles, 2001; Yin, 2010).

A matriz de amarração permitiu que os objetivos a serem atingidos fossem abordados por uma ferramenta sistêmica para a qualidade da pesquisa (Telles, 2001).

A triangulação e da matriz de amarração para a análise dos problemas e para a validação do constructo, foram explicitadas e tratadas de forma mais abrangente, por se ter mais de uma fonte abordando o contexto. Sendo assim, pode-se afirmar que o estudo

de caso e as múltiplas fontes de evidência permitiram um estudo mais dinâmico e abrangente, inter-relacionando as mais variadas técnicas de pesquisa, conforme mostra o Quadro3.

Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Questão	Proposição	Referencial
Esta dissertação tem como objetivo analisar os aspectos relacionados à sustentabilidade na geração de energia elétrica em usina termelétrica a carvão mineral no Brasil.	Realizar o levantamento dos impactos ambientais da geração de energia elétrica a partir da combustão do carvão mineral em uma usina localizada no sul do país.	Há um inventário dos impactos causados pelo CTX antes e depois da entrada em vigor da legislação ambiental? Há alguma medida que contemple a recuperação desses impactos? O CTX monitora e quantifica os possíveis impactos positivos? Quais são esses indicadores de impactos positivos? Qual a destinação dos efluentes após a combustão do carvão mineral? O SGA faz a gestão da cadeia de suprimentos contemplando os efluentes do processo de beneficiamento do carvão ROM, sendo responsável pelos possíveis impactos causados?	Os impactos ambientais causados pelo CTX antes das obrigações legais foram contabilizados em forma de inventário Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisas Energéticas (2007); Lima et al (2015); Butzke (2014). DNPM (2001, 2014); Gavronski (2009); Amaral Filho <i>et al.</i> (2013); Kniess (2005); Ravazzoli (2013); Izidorio&Fungaro (2007); Villanova &Bergmann (2010); Martins <i>et al.</i> (2009). Amaral Filho et al (2013); Amaral Filho <i>et al.</i> (2013); Kniess (2005); Ravazzoli (2013); CGEE (2012).	Amaral Filho et al (2013); Oliveira et al (2011); Ravazzoli (2013); Reckziegel & Fagundes (2013).

<p>Estudar como o sistema de gestão ambiental contribui com as práticas de sustentabilidade e eficiência energética na usina termelétrica em estudo.</p>	<p>Como se caracteriza o SGA do CTX?</p> <p>O Atlas de Energia Elétrica do Brasil menciona a participação de outras fontes de energia (renováveis) para "limpar" a matriz energética. No CTX há algum projeto ou processo que também atenda a esse objetivo?</p>	<p>O CTX investe em pesquisa para melhoria dos processos independente da demanda prevista para o país e nem todos são embasados no desenvolvimento sustentável do setor.</p>	<p>Beta Energia SA. (2015); Jabour & Jabour(2013); Gallardo <i>et al.</i>(2016); Nadruz &Gallardo (2015); Trierweiller <i>et al.</i> (2008); Hoffmann <i>et al.</i> (2011).</p>
	<p>Do montante de 170 milhões de investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento e dos 85 projetos no Estado de Santa Catarina, qual a porcentagem que atende as premissas do desenvolvimento sustentável do setor relacionados à operação da usina?</p>		<p>EPE e ANEEL (2008).</p>

<p>Analisar a relação entre o relatório de sustentabilidade da UTE e o relatório de monitoramento ambiental relacionado à qualidade de água e ar</p>	<p>Quando houve aumento na demanda de energia por meio de UTE nos anos de 2013, 2014 e 2015 houve mudança nos indicadores de qualidade do meio ambiente pelo aumento da produção e, consequentemente, dos efluentes gerados?</p>	<p>Reckziegel & Fagundes (2013); Maçambanni, Van Bellen, da Silva, & Ventura (2013); Leite (2011); EPE (2016); MME (2007).</p>
	<p>Quais medidas foram tomadas?</p>	<p>Bronzatti & Iarozinski Neto (2008); MME (2015).</p>
	<p>Quais são os indicadores e técnicas de monitoramento para aferir as mudanças no meio físico, químico e biótico do meio ambiente bem como os impactos sociais?</p>	<p>O CTX não tem mecanismos de medição dos impactos ambientais causados, são apenas estimados pela qualidade do carvão utilizado.</p>
	<p>Como o SGA atua caso seja percebido alguma não conformidade?</p>	<p>Flues <i>et al</i> (2003); Jabbour & Jabbour(2013), Tachizawa (2013).</p>
	<p>A identificação dos custos socioambientais é algo difícil para algumas organizações. Como o CTX computa isso e torna viáveis suas ações e projetos?</p>	<p>Lemos, Catapan, Catapan & de Castro (2008).</p>
		<p>Flues <i>et al</i>; Lima <i>et al</i> (2013).</p>

	Quais os indicadores que demonstram isso?		Pombo & Magrini (2008); Gallardo, Aguiar, & Sánchez (2016).
Estudar as ações de mitigação dos impactos negativos detectados na geração de energia em UTE a carvão mineral e sua relação com o desenvolvimento sustentável do setor.	O CTX pertence a Alpha Energia (empresa multinacional), há intercambio de tecnologias de geração de energia mais eficiente entre as unidades de geração no exterior com o Brasil e vice versa? O produto do CTX é a energia elétrica e sua cadeia de suprimentos é complexa e ambientalmente custosa, há algum estudo de análise do ciclo de vida desse produto e exigências para com seus fornecedores sobre os aspectos ambientais tornando o CTX correspondente pelas ações de suas fornecedoras?		Ruiz, Correa, Gallardo, & Sintoni (2014).Gallardo, Aguiar, & Sánchez (2016).
	Quando houve a desregulamentação do setor carbonífero em 1990, as ações civis públicas, redução na arrecadação das empresas do setor, como a UTE manteve o equilíbrio sustentável (social, econômico e ambiental)?	O CTX apenas atua no que exige a legislação vigente não havendo possibilidade como fazer estudo de ciclo de vida, bem como as ações sociais que são realizadas esporadicamente.	Vassalo & Figueiredo (2010); MME e EPE (2007b); Ravazzoli (2013); Silva e Vargas (2010).
	O CTX está preparado caso ocorra uma nova desestruturação do setor?		Ravazzoli (2013); DNPM (2014), MME e EPE (2015).

Quadro 3 Matriz de amarração.

Fonte: O autor

3.3.3 Análise dos dados

De acordo com Martins e Theóphilo (2009), cada caso é um caso, sendo assim a análise dos dados acontecem paralelamente à obtenção deles, tornando mais confiável e consistente por meio da triangulação e do encadeamento das evidências. Dessa forma, cada informação obtida foi tratada adequadamente, lançando-se mão de várias técnicas tal como análise de conteúdo para as entrevistas semi-estruturadas e para o referencial teórico e documental obtido.

Como a ciência comprehende a busca de respostas às perguntas estruturadas, de forma metódica, a análise dos dados foi realizada por meio da técnica de análise do conteúdo obtido nos documentos, entrevista e demais fontes de evidências já citadas; pois, possui sistemática necessária para buscar respostas e, dessa forma, entender a pergunta de pesquisa, bem como conceituá-la (Cavalcante, Calixto, & Pinheiro, 2014).

A análise de conteúdo consiste em técnicas para descrever o conteúdo de mensagens de entrevistas, para a inferência de conhecimentos que cercam determinada questão, inferências que intentam responder como a questão originou-se e suas possíveis consequências (Bardin, 1977).

Bardin (1977), ainda destaca que: “[...] análise documental é a representação condensada da informação [...]” enquanto que a análise do conteúdo trata de manipular as expressões dessa informação condensada “[...] para evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre outra realidade [...]” que pode estar implícita na mensagem.

A análise do conteúdo nesta pesquisa ocorreu em duas etapas: a pré-análise, e depois a classificação dos dados teórico e/ou empíricos (Cavalcante *et al.*, 2014). Esta etapa consistiu em leitura dos documentos da UTE em estudo e o referencial documental e bibliográfico levantado. Assim, foram formuladas as proposições que são explicitadas na matriz de amarração, que pautou a etapa de entrevista semi-estruturada.

Concluída a etapa de entrevistas, então o conteúdo-mensagem, como conceitua Bardim (1977), foi inter-relacionado com o referencial teórico inicialmente estudado, que gerou, também maiores esclarecimentos e interpretações relativas à teoria. Esta abordagem para análise dos dados requer muita cautela e destreza por parte do pesquisador, por se tratar de um método em que pode haver sucessivas aproximações. Para que não se perca o foco do estudo, em virtude dos fenômenos que serão

explicitados durante a análise, bem como o instrumento de coleta, deve-se manifestar as percepções por meio de questionamentos e extrair o máximo de subjetividades (Cavalcante *et al.*, 2014).

Assim para garantir a confiabilidade do estudo e que fossem concludentes e preciosos os achados da pesquisa, o processo de triangulação foi necessário. Conforme afirmam Martins e Theóphilo (2009), “a convergência dos resultados advindos das fontes distintas oferece um excelente grau de confiabilidade ao estudo [...]. Após o planejamento da pesquisa, no próximo tópico serão descritos e analisados os resultados desta pesquisa.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização do Caso em Estudo

A cidade em que se localiza o Complexo Termelétrico em estudo, localizada na região sul do país, era uma região agrícola até 1941. Então, com a criação em 1945 da Companhia Siderúrgica Nacional [CSN], houve aumento da população, tornando, assim, a cidade em um imenso canteiro de obras. Em 1987 a cidade, foi transformada oficialmente em distrito, e em 1992, foi transformada município.

A cidade tem 23.342 habitantes e possui clima mesotérmico úmido com as estações bem definidas, não há estação seca. A temperatura durante o ano varia entre 0°C (graus Celsius) a 38°C, com ventos predominantes do quadrante nordeste, e no inverno, vento sul com maior intensidade.

O CTX, considerado o maior a carvão da América Latina e principal fonte econômica da região.. Conhecido como a capital termoelétrica da América Latina, o complexo termoelétrico contribui em outros ramos da atividade industrial, no desenvolvimento da região carbonífera do Estado e no crescimento da estrada-de-ferro Dona Teresa Cristina..



Figura 3 Vista do CTX.

Fonte: Alpha Energia Brasil SA. (2017a).

O CTX movimenta a economia da região onde está localizada e gera empregos para a população local. (Alpha Energia Brasil SA, 2017b).

O CTX é operado pela Alpha Energia Brasil SA (Antiga Beta), que faz parte do grupo que constitui a maior companhia privada geradora de energia elétrica no país, atuando nos mercados regulado e livre. Sua declaração de missão, visão e valores são

descritas respectivamente (Beta Energia SA., 2015): “Gerar energia para a vida / Ser, de modo sustentável, a melhor empresa de energia do Brasil / Profissionalismo, cooperação, espírito de equipe, criação de valor, respeito ao meio ambiente, ética.” (Beta Energia SA., [s.d.]).

A Alpha Energia tem capacidade instalada de 7.044MW, correspondendo a 5,4% do que há no Brasil, opera 28 usinas de geração de energia elétrica: nove hidrelétricas, cinco termelétricas convencionais e quatorze complementares, três pequenas Centrais Hidrelétricas [PCH], sete eólicas, três a biomassa e uma fotovoltaica (Beta Energia SA., 2015).

No código de meio ambiente, disponível em seu *site*, a Alpha Energia SA reconhece a interação de suas atividades que afetam ao meio ambiente, a sociedade e o desenvolvimento econômico da região e do país. Neste documento, é destacada a incorporação dos princípios de desenvolvimento sustentável, presentes em todos os níveis de gestão da companhia; sendo, inclusive, exigido de seus terceiros, fornecedores e prestadores de serviço, com atendimentos às exigências legais e enquadramento às normas pertinentes (Beta Energia SA., 2015).

Neste mesmo documento, a empresa afirma, também que há treinamentos constantes de seu pessoal, a fim de conscientizar sobre os possíveis danos que suas atividades podem causar, conforme a especificidade de cada empreendimento e o local onde a atividade é desenvolvida (Beta Energia SA., 2015).

A Alpha Energia SA declara, por meio do código de meio ambiente, que para a prevenção de riscos e suas soluções caso ocorram, investe em estudos de impacto ambiental para entender o meio em que a atividade acontece, melhorando a capacitação técnica do pessoal, pesquisas e desenvolvimento e projetos em parceria com outras instituições para dar o devido tratamento ambiental e social, caso ocorra algum incidente (Beta Energia SA., 2015).

Além de atender às demandas internas, normativas e legais, sua política de meio ambiente, também declara manter diálogo com a opinião pública, dando publicidade aos seus objetivos e resultados, de forma clara e cooperativa, por meio de programas de conscientização, em parceria com associações e entidades responsáveis (Beta Energia SA., 2015). As afirmativas constantes no código de meio ambiente estão alinhadas à

política de gestão sustentável da companhia, que abrange a qualidade, o meio ambiente, saúde e segurança no trabalho e a responsabilidade social (Beta Energia SA., 2015).

O CTX é composto por três usinas, são elas: UTLA, UTLB e UTLC, com quatro, duas e uma unidades de geração, respectivamente. As unidades 1 e 2 da UTLA têm turbinas com potência de 50 MW [Mega Watt], alternadores com potência aparente de 58.000 kVA [quilo voltampere], tensão de 13.800V [volt] e frequência 60 Hz [Hertz]. Entrada em operação em março de 1965 e fevereiro de 1967 (Alpha Energia Brasil SA, 2017a).

As unidades 3 e 4da UTLA têm turbinas com potência de 66 MW, alternadores com potência aparente 75.000 kVA, tensão 13.800V e frequência 60 Hz. Entraram em operação, respectivamente, em fevereiro de 1974 e junho de 1973 (Alpha Energia Brasil SA, 2017a).

A UTLB tem as unidades geradoras 5 e 6 com as seguintes características: turbinas com potência 131 MW, potência aparente dos alternadores 156.250 kVA, tensão 13.800 V e frequência 60 Hz; entraram em operação em novembro de 1979 e julho de 1980 (Alpha Energia Brasil SA, 2017a). A UTLC tem a unidade geradora 7, com turbina de potência 363 MW, alternador de potência aparente 411.760 kVA, tensão 20.000 V e frequência 60 Hz; entrou em operação em fevereiro de 1997 (Alpha Energia Brasil SA, 2017a).

Todas as unidades geradoras são equipadas com precipitadores eletrostáticos com eficiência de 98%, equipamento utilizado para remoção de poeira de gases de exaustão, no caso as cinzas leves(Alpha Energia Brasil SA, 2017a).

Em 2016, o CTX produziu 4.266,13 GWh [Giga Watt hora] de energia, cada unidade produziu, respectivamente UTLA, UTLB e UTLC: 816,37 GWh; 1.369,25 GWh e 2.080,51 GWh (Alpha Energia Brasil SA, 2017a). As licenças de operação do CTX, também foram renovadas em 2016 (Alpha Energia Brasil SA, 2017b). Em 2015, foram produzidos 4.962,40 GWh de energia pelo CTX. Cada unidade produziu 1.196,14 GWh; 1.476,40 GWh e 2.289,86 GWh (UTLA, UTLB e UTLC, respectivamente (Alpha Energia Brasil SA, 2017a).

Nesse mesmo ano, conforme o Balanço Energético Nacional - BEN, o Estado de Santa Catarina produziu 31.258 GWh de energia elétrica, em que 5.888 GWh são provenientes de fontes térmicas; ou seja, 18,34%, aproximadamente da produção do

Estado, e destes, 4.921 GWh são originados da queima do carvão mineral (Empresa de Pesquisa Energética, 2016).

O consumo residencial de energia elétrica no Estado de Santa Catarina, em 2015, foi de 5.262 GWh (Empresa de Pesquisa Energética, 2016). Analogamente, pode-se afirmar que a geração de energia do CTX nesse período correspondeu a 94,31% desse consumo.

Há um documento referencial ao planejamento da empresa, em que consta a programação anual de geração de energia junto ao ONS, que não determina a produção do ano (Alpha Energia Brasil SA, 2016a). A programação é realizada mensalmente e conjuntamente, em reuniões com representantes das usinas e agentes do SIN e do ONS. Nesta reunião são discutidas as necessidades das usinas, tais como paradas para manutenção programada, que, ainda dependem de uma autorização um dia antes do SIN, deferindo ou não a sua parada(Alpha Energia Brasil SA, 2016a).

O CTX opera com circuito fechado de água (somente para a unidade C), reciclando a água utilizada na geração de energia. Em 2015, reutilizou e reciclagem respectivamente 7.697.502,25m³ e 20.558.439,92m³. O consumo de carvão foi de 58.370.842,88 GJ (Giga Joule) ante 58.987.165,12 GJ, em 2014, com redução atribuída a investimentos em revisão e manutenção de unidades geradoras (Beta Energia SA., 2015).

A Figura 4 apresenta, de forma simplificada, o processo de produção da energia elétrica, envolvendo recebimento, estocagem, moagem e combustão do carvão mineral no CTX e as saídas do processo.

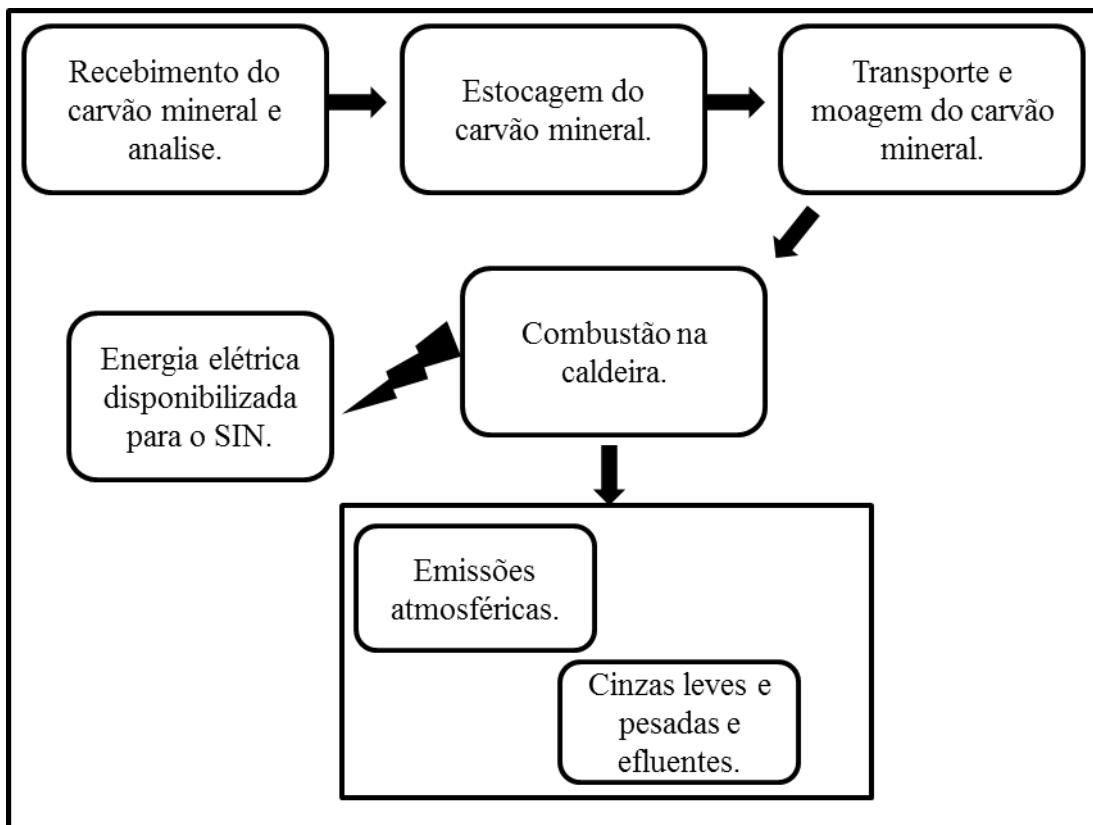


Figura 4 Fluxograma simplificado da operação do CTX.

Fonte: O Autor.

A geração de resíduos da queima do carvão mineral, cinzas leves e pesadas, foi de 1.088.692,65t e 655.299,2t, respectivamente, em 2015. As cinzas leves foram destinadas à reciclagem (fabricação de cimento); das cinzas pesadas 60.205,65t foram destinadas à cava de mina e o restante para reciclagem (base de rodovias e neutralizador de acidez de solo) (Beta Energia SA., 2015).

Os investimentos em monitoramento somam R\$569.535,75, precipitadores eletrostáticos R\$30.686.034,37 e impermeabilização do pátio de carvão R\$637.977,69 (no CTX) e em toda a companhia os gastos com proteção ao meio ambiente somam R\$35.057.261,18 (Beta Energia SA., 2015).

Existem três estações de monitoramento da qualidade do ar na região de influencia do CTX: duas na cidade vizinha e uma na cidade sede, não havendo outras estações de organizações privadas na região. O monitoramento das águas é realizado nos rios Tubarão e Capivari, assim como dos efluentes do complexo (Alpha Energia Brasil SA, 2017b).

Referente ao aspecto social, o RS relata que, a cada novo empreendimento é desenvolvido um programa para a comunicação de todos os aspectos positivos e negativos, atrelados ao empreendimento, buscando diálogo com a sociedade visando a atender às suas necessidades, conforme a viabilidade para a empresa (Beta Energia SA., 2015).

São realizados programas de meio ambiente abertos para a comunidade em que está inserido o empreendimento, com programas de visitas, participação em entidades, fóruns e associações relacionadas ao setor de energia e desenvolvimento sustentável (Beta Energia SA., 2015).

Neste contexto, pode-se concluir que a proposição (3): “O CTX não tem mecanismos de medição dos impactos ambientais causados, são apenas estimados pela qualidade do carvão utilizado”, não foi validada pelos dados coletados na pesquisa.

4.2 Relatório de Sustentabilidade do Complexo Termelétrico

O Relatório de Sustentabilidade [RS] é o documento em que são explicitadas as ações voltadas à sustentabilidade por parte da organização, como observado por Corrêa *et al* (2013), e serve como subsidio para que questões estratégicas relativas ao meio ambiente sejam divulgadas aos mercados, sociedade e *stakeholders* interessados (Ferreira *et al.*, 2008). A Alpha Energia Brasil SA controladora do CTX, em seu [RS] do ano de 2015 afirma que são diretrizes da sua gestão ambiental (Beta Energia SA., 2015):

- a) Equilíbrio entre suas atividades e a preservação do meio ambiente por meio de uso racional dos recursos naturais;
- b) Aspectos e impactos ambientais são classificados para estabelecer a sua gestão e controle operacional;
- c) Conformidade legal para atendimento às normas, leis e resoluções vigentes, obtenção e renovação das licenças ambientais e compromissos voluntários;
- d) São realizados ajustes das operações, conforme é identificado com base nos apontamentos do sistema de gestão; e
- e) Para as termelétricas, a redução da emissão de CO₂ e aumento da eficiência energética, que no complexo objeto deste estudo foi 31% em 2015.

Conforme Corrêa *et. al.*, (2013), o RS deve ter transparência e precisão das informações por se uma ferramenta de diálogo com a sociedade e demais interessados no desenvolvimento sustentável. No RS, a companhia destaca a identificação, monitoramento e estabelecimento de metas de impactos ambientais, decorrentes de suas atividades como uma de suas práticas para a melhoria contínua da gestão de meio ambiente e certificação de suas usinas, de acordo com as normas da série ISO 14.001.

Todas as usinas foram recertificadas em 2016 (Alpha Energia Brasil SA, 2017c). Com base no RS da empresa, foram estipuladas, em 2015, doze metas de sustentabilidade para o CTX; sendo que apenas três foram atendidas, quatro não foram atendidas e o restante está em andamento (Beta Energia SA., 2015).

Em seu RS de 2015, a Beta descreve como destaque o “Programa de Educação Ambiental” do CTX, premiado pela AMCHAM no Prêmio Brasil Ambiental; está incluída no Índice de Sustentabilidade da B3 (ex-BM&FBovespa) e 2º lugar no Prêmio Abrasca de Melhor Relatório Anual. Tem, também um projeto anexo ao CTX, a Usina Solar Fotovoltaica Cidade Azul (Beta Energia SA., 2015).

Os destaques explicitados no RS de 2016 da Alpha Energia Brasil SA são: premiação do Programa de Formação de Educadores Ambientais; projeto “Centro Cultural de Sustentabilidade Usina Solar Fotovoltaica Cidade Azul”; prêmio de melhor empresa do setor de energia; programa de preservação de nascentes; Integra o Índice de Sustentabilidade Empresarial da B3 (ex-BM&F Bovespa). Destaca-se que o relatório trata das ações de toda a organização e não apenas do CTX (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Quanto à gestão da qualidade do RS da companhia, destaque dado para o CTX que contém três das quatorze usinas certificadas, e conquistou a certificação, segundo a ISO 50.001 – eficiência energética (Alpha Energia Brasil SA, 2017c). Das metas relativas à gestão ambiental da companhia, 61,5% foram alcançadas, e 17,4% estavam em andamento em 2016. Essas metas têm como base, indicadores, tais como: biodiversidade, consumo de recursos naturais emissão de gases de efeito estufa, descarte de resíduos, além de outros não declarados no RS (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

As metas em andamento são metas de longo prazo, pois algumas são do ano de 2012, relacionadas para o final do ano de 2018, tais como, por exemplo: o aumento da

eficiência energética que exige planejamento de longo prazo e, consequentemente, reduz a emissão de CO₂. Essa meta não seria atingida, caso o prazo fosse menor (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Estabelecer metas, conforme Butzke (2014) observou em seu estudo, é importante, pois há perdas da ordem de 20% do que é produzido de energia, além do alto nível de emissão de CO₂ deste tipo de fonte; assim esta meta tem relevância pra que se tenha o seu atingimento. Algumas metas não são atendidas, e nesse caso a meta deve ser revista, estudando o motivo de não tê-la cumprida e verificar onde ocorreram as falhas, para poder estipular uma nova meta mais realista (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

No RS, está declarado que a companhia promove programas de preservação de nascentes em parceria com outras organizações. Até 2015, foram preservadas 831 nascentes, a captação da água é realizada somente quando não há risco à fonte hídrica, e o lançamento da água é feito em conformidade com os indicadores estabelecidos (Beta Energia SA., 2015). Assim, se observa, também o comprometimento com a declaração de missão visão e valores, que focaliza o fornecimento de energia de modo sustentável e respeito ao meio ambiente (Beta Energia SA., 2015).

A quantidade de água retirada em 2016, considerando todas as fontes, foi 16,6% inferior a 2015, fator atribuído à menor geração termelétrica, pois há menos necessidade de água para refrigeração, o total retirado em 2016 foi 704.355.905,06m³. A utilização nas termelétricas foi de 5.300.070,85m³ para processamento; 503.132.911,92m³ para resfriamento e 7.346.160,96m³ para consumo (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

A quantidade de água reciclada foi 24.601.029,72m² (3,49% a mais que em 2015); água reutilizada 2.444.243,74m³ (0,35% maior que em 2015); água da chuva 1.199.733,33m³ (0,17% a mais que em 2015). O descarte de água é realizado em corpos hídricos em qualidade e temperatura exigidos pela lei. O descarte pelo sistema de resfriamento das termelétricas e hidrelétricas foi 696.869.429,47m³(Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Desta forma, a afirmativa que conta no código de meio ambiente da companhia é verificada, pois afirma a importância do desenvolvimento sustentável consciente das atividades que afetam o meio ambiente (Beta Energia SA., 2015). A transparência das informações de interesse da sociedade e outros interessados é um dos aspectos

importantes no RS, conforme Corrêa *et al.*(2013), e pode ser observado quando no RS dos anos de 2015 e 2016 da controladora do CTLJ nos pilares social, ambiental e econômico.

A disponibilidade do parque gerador termelétrico em 2016 foi de 88,4%, (1,2% maior que 2015),e resultou no não atingimento da meta da companhia que era 98,7%, justificando que as paradas para manutenção programada das unidades 2, 4 e 5 do CTX afetaram esse indicador. A geração de energia líquida de energia elétrica da companhia foi 43.521 GWh; desses, 4.113 GWh são originados das termelétricas (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

A eficiência média do CTX é de 33,6%,um dado importante, pois o consumo do combustível é reembolsável em até 100%, conforme a eficiência do complexo, benefício concedido para empreendimentos que se utilizem do carvão mineral nacional (Brasil, 2012; Alpha Energia Brasil SA, 2017c).A receita liquida da companhia apresentou redução de 1,1% em 2016 (R\$6.442,4 milhões), comparada a 2015, justificada pela menor quantidade de venda de energia e das transações de curto prazo; porém o lucro líquido teve aumento de 3,1% em 2016 comparativamente a 2015, ou seja, R\$1.548,3 milhões (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Houve menor uso de carvão mineral e o consumo de combustíveis fósseis teve redução de 30%, devido à menor produção nas usinas termelétricas. O CTX é responsável por consumir 75% dos combustíveis, para atender à norma ISO 50.001. Ações de controle foram estabelecidas e são submetidas à auditoria externas (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

A afirmativa de Pombo e Magrini (2008) de que a orientação para a melhoria contínua de processos e produtos orientados à preservação do meio ambiente pode propiciar benefícios à sociedade, é confirmada pelos dados supracitados, no que tange ao atingimento de metas e revisão das que não são atingidas.

4.3 Impactos Ambientais na Geração de Energia Elétrica a carvão

O Quadro 4 apresenta os pontos principais dos dados primários coletados por meio da entrevista com a funcionária do Departamento de Meio Ambiente da usina (FDMA). Este quadro está relacionado ao objetivo do trabalho “Realizar o levantamento dos impactos ambientais da geração de energia elétrica a partir da combustão do carvão mineral em uma usina localizada no sul do país.”.

Questão	Pontos principais
Há um inventário dos impactos causados pelo CTX antes e depois da entrada em vigor da legislação ambiental?	<ul style="list-style-type: none"> • Formato de inventário não. • Usina mais antiga de 1965. • Usina mais recente de 1997.
Há alguma medida que contemple a recuperação desses impactos?	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de área de terceiros. • Redução da área de depósito de carvão mineral. • Contaminação do lençol freático. • Impermeabilização do pátio de carvão mineral. • Monitoramento da área.
O CTX monitora e quantifica os possíveis impactos positivos?	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores socioeconômicos. • Empregos diretos e indiretos. • Ações de educação ambiental, palestras e eventos. • Desenvolvimento de empresas na região.
Quais são esses indicadores de impactos positivos?	<ul style="list-style-type: none"> • Número de empregos diretos e indiretos. • Alunos atendidos pelas ações de educação ambiental.

Quadro 4 Tópicos da entrevista parte 1.

Fonte: O autor.

O CTX, por ter sua primeira usina em operação em 1965 e a última em 1997, não tem um inventário de seus impactos ambientais antes da entrada em vigor da legislação ambiental. Atualmente, há os relatórios ambientais, esses sim em forma de inventário (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Um dos impactos causados, devido à área de depósito de carvão ter sido maior do que a atual e não impermeabilizada, foi a contaminação à água do lençol freático, que, atualmente, é monitorada e apresenta tendência a melhora na qualidade (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017). Outro aspecto de impacto causado pelo CTX é a emissão de poluentes atmosféricos, devido à grande quantidade de carvão que é queimado, o que se torna uma questão de grande importância, como a emissão de material particulado (cinzas leves) e emissão de SO₂ (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Lima *et al.* (2015), também destacam em seu estudo, a emissão de material particulado relacionada ao uso do carvão mineral desde a mineração até a queima. Reckziegel e Fagundes (2013) e Butzke (2014) afirmam que essas termelétricas são responsáveis por 30% a 35% das emissões de CO₂ e gases do efeito estufa na atmosfera, além de nitrogênio e enxofre.

Esses impactos variam conforme a operação da usina, ou seja, quanto mais energia produz, mais poluentes são gerados, mas mesmo com o aumento da produção de energia nos anos de 2013, 2014 e 2015, não houve alteração na qualidade do ar (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Conforme o DNPM (2014), a justificativa para o aumento da produção de energia por este meio, se deve à estiagem ocorrida no período. Conforme a EPE (2016), a produção e energia elétrica por meio de usinas térmicas cresceu 25%. Assim, a afirmativa de Gavronski (2009) de que essa fonte de energia apresenta cenário favorável é verificada.

Após a combustão do carvão, também são geradas grandes quantidades de cinzas, entre leves e pesadas. As leves são estocadas em silos e depois enviadas para a indústria cimenteira, e a cinza pesada é enviada para bacias de decantação, também impermeabilizadas, de onde é encaminhada para outras utilizações, tal como recuperação de área contaminada, indústria cimenteira ou material de base (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Todas as mineradoras do sul de Santa Catarina vendem carvão mineral para o CTX. São em torno de 100 mil empregos indiretos, envolvendo toda a cadeia de produção de energia elétrica por meio deste combustível, além dos funcionários próprios da usina e terceirizados supracitados no primeiro item deste capítulo (FDMA, Comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Os impactos causados pela mineração do combustível não estão contemplados no SGA do CTX, mas há exigências contratuais de seu fornecimento por meio da certificação ISO 14.001 das mineradoras e as licenças ambientais. Assim, a mina certificada significa que ela tem um SGA, também. O controle que é feito na usina é da qualidade do carvão mineral (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Neste contexto, pode-se concluir que a proposição (1): “Os impactos ambientais causados pelo CTX antes das obrigações legais foram contabilizados em forma de inventário”, não foi validada pelos dados coletados na pesquisa.

4.4 Gestão Ambiental no Complexo Termelétrico

O Quadro 5 apresenta os pontos principais dos dados primários coletados por meio da entrevista com a FDMA. Este quadro está relacionado aos objetivos do trabalho: “Realizar o levantamento dos impactos ambientais da geração de energia elétrica a partir da combustão do carvão mineral em uma usina localizada no sul do país”; “Estudar como o sistema de gestão ambiental contribui com as práticas de sustentabilidade e eficiência energética na usina termelétrica em estudo” e ”Analisa a relação entre o relatório de sustentabilidade da UTE e o relatório de monitoramento ambiental relacionado à qualidade de água e ar”.

Questão	Pontos principais
Qual a destinação dos efluentes após a combustão do carvão mineral?	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão do sistema de cinzas é terceirizada. • Indústria Cimenteira. • Destinada para recuperação de área. • Neutralização de solo ácido. • Material para aterro ou base de estrada.
O SGA faz a gestão da cadeia de suprimentos contemplando os efluentes do processo de beneficiamento do carvão ROM, sendo responsável pelos possíveis impactos causados?	<ul style="list-style-type: none"> • Não está incluso no SGA do CTX. • Controle baseado na qualidade do carvão mineral recebido. • Exigência de certificação ISO 14.001 dos fornecedores.
Como se caracteriza o SGA do CTX?	<ul style="list-style-type: none"> • Certificação ISO 14.001 é a base do SGA. • Gestão por meio de <i>software</i>. • Diretrizes corporativas e específicas. • Controle documental e de procedimentos.
Como o SGA atua caso seja percebido alguma não conformidade?	<ul style="list-style-type: none"> • Atuação no equipamento de controle. • Parada para a manutenção corretiva.

A certificação NBR ISO 14001 proporcionou melhorias na estrutura organizacional, planejamento de atividades, nas práticas, procedimentos, processos e recursos da UTE como no consumo de matéria prima, energia, redução de rejeitos?	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura de gestão. • Sistema de monitoramento facilitado. • Auditorias internas e externas. • Intercâmbio de ideias e melhorias, olhar externo. • Oportunidades de melhoria. • Maior confiança do órgão ambiental.
Quais os indicadores que demonstram isso?	<ul style="list-style-type: none"> • Não conformidade e propostas de melhorias. • Metas alcançadas. • Metas não alcançadas. • Metas em andamento.
O produto do CTX é a energia elétrica e sua cadeia de suprimentos é complexa e ambientalmente custosa, há algum estudo de análise do ciclo de vida desse produto e exigências para com seus fornecedores sobre os aspectos ambientais tornando o CTX corresponsável pelas ações de suas fornecedoras?	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação em andamento.

Quadro 5 Tópicos da entrevista parte 2.

Fonte: O autor.

Há um setor corporativo de meio ambiente e responsabilidade social na sede do grupo, em Florianópolis-SC, que presta apoio a todas as usinas do grupo no Brasil e nivelam os procedimentos corporativos (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017). A base do SGA do CTX engloba as normas da série ISO 14.000. O CTX é certificado ISO 14.001 e possui um *software* para apoio a esse sistema.

O princípio do SGA envolve a gestão de resíduos, coleta seletiva, procedimentos de cólera e análise de efluentes e procedimentos de coleta e análise de emissões, o controle dos procedimentos e das documentações de todos os setores (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017). O SGA trás o formato de uma estrutura de gestão que auxilia e facilita o monitoramento; pois, a partir do momento que se tem um cronograma e um sistema para essa finalidade, a gestão é melhorada (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Outro aspecto são as auditorias, internas e externas, que podem não ser agradáveis, pois apontam não conformidades; mas, também apontam pontos em que há possibilidade melhoria de processos e intercâmbio de ideias, que um olhar de fora tem mais acurácia para notar (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Jabbour e Jabbour (2013) afirmam que o SGA engloba práticas gerenciais para melhoria do desempenho ambiental. Sánchez (2008), por sua vez, argumenta que é uma ferramenta efetiva para o desenvolvimento sustentável e um diferenciador de uma organização inovadora para uma tradicional.

Os procedimentos corporativos são enviados para os responsáveis do setor de meio ambiente de cada usina. Cada usina, além dos procedimentos corporativos de meio ambiente, tem os seus procedimentos com suas especificidades. Por exemplo, uma usina hidrelétrica não tem um procedimento para gestão de cinzas, que é realizado somente no CTX, assim como a gestão de resíduos gerados em reservatórios de água, que não são pertinentes ao CTX (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

O setor responsável pelo SGA de cada usina deve reportar a sede os aspectos relativos à manutenção desse sistema (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017). O desenvolvimento do SGA é de responsabilidade da organização, assim como afirmam Reckziegel e Fagundes (2013), de que as normas ISO 14.001 apenas fornecem os requisitos. É parte de um sistema global, conforme Trierweiller *et al* (2008).

Para as questões relacionadas aos aspectos de legislação, há o apoio de uma consultoria que, periodicamente, atualiza os requisitos legais; e havendo alguma mudança, isso é inserido no sistema (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017). Dessa forma, a afirmativa de Pombo e Magrini (2008), de que o SGA é uma ferramenta para controle de aspectos ambientais é confirmada.

Assim, pode-se considerar que o SGA é uma ferramenta para aferição das medidas de mitigação dos impactos ambientais e acompanhamento dos processos em nível estrutural, de planejamentos, práticas e procedimentos, processos e recursos, como afirmaram Nadruz e Gallardo (2015) e Gallardo *et al* (2016).

A FDMA afirma que o diálogo com o órgão ambiental torna-se mais fácil, pois por ser certificada há mais confiança de que há cuidados com o meio ambiente e um organismo certificador, também está fiscalizando essas atividades gerenciais (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Em vias de obter mais acurácia de suas ações relacionadas à gestão da biodiversidade, por meio de um *benchmarking* entre companhias do setor elétrico um projeto foi idealizado para este propósito, o que possibilitará melhor desenvolvimento

de ações estratégicas, além de parcerias com outras organizações, instituições de ensino e pesquisa e órgão ambiental (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

O sistema de cinzas é interligado e há duas bacias de decantação para a cinza pesada. A gestão desse sistema é realizada por uma empresa do setor cimenteiro, que tem o direito da compra de 100% da cinza leve e a preferência pela utilização da cinza pesada (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017). A Figura 5 mostra as bacias de decantação de cinzas pesadas e a Figura 6 mostra o precipitador eletrostático instalado antes da chaminé, em que são capturadas as cinzas leves.



Figura 5 Bacias de decantação de cinzas pesadas.

Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 6 Precipitador eletrostático.

Fonte: Dados da pesquisa

A cinza leve é adicionada diretamente ao cimento no momento da moagem, o que a torna mais vantajosa; já a cinza pesada precisa de mais processamento. O que não é aproveitado pela indústria de cimento é destinado para outras finalidades, tal como recuperação de área contaminada ou material para aterro. Não houve, ainda a situação de não ser aproveitada toda a cinza pesada. Caso isso ocorra, ela será destinada para aterros, por ser um resíduo não perigoso (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

De toda forma, para a cinza pesada ser liberada para outras finalidades, é preciso que o local tenha a licença do órgão ambiental para a utilização das nossas cinzas com as características específicas dela. Por exemplo, a cinza pesada já foi utilizada como material de base para a rodovia BR 101, para recuperação do pátio de finos da CSN, como aterro e recuperação da área onde foi construído o parque ambiental (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017). Durante visita técnica realizada na empresa, no mês de fevereiro de 2017, foi possível observar essa área de finos em processo de recuperação.

Mesmo em casos de picos de geração de energia, quando aumenta a quantidade de cinzas geradas, elas são consumidas. O desafio fica por conta das bacias de decantação, que precisam ser esvaziadas em tempo hábil para que possa ser utilizada novamente (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

As cinzas leves geradas em 2016 foram destinadas à indústria de cimento que serve como insumo no processo fabril; 927,8 mil toneladas foram destinadas a esse fim. As cinzas pesadas podem ser utilizadas para base de pavimentação asfáltica e como neutralizadoras de acidez do solo; porém, neste RS não é relatada a quantidade produzida deste resíduo, nem a quantidade destinada para estes fins (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

A quantidade de carbono emitida foi reduzida, em virtude do menor consumo de carvão mineral para produção de energia elétrica. O total de emissões foi de 1.304.409,5 tCO₂, destaque para a contribuição das usinas termelétricas para este indicador, pois são responsáveis por 97% dessas emissões. As emissões de NOx, SOx e material particulado, também foram reduzidas em 39,1%, 15,8% e 21,3% respectivamente (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Os investimentos em questões voltadas ao meio ambiente realizados pela companhia foram de R\$14.804.677,37; desse valor, R\$9.959.136,38 foram destinados à pesquisa e desenvolvimento; R\$2.710.708,20 para adoção de tecnologias mais limpas; e R\$127.618,14 para monitoramento de emissões (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Até o final de 2016, a empresa mantinha 1.044 funcionários diretos e 820 indiretos; dentre estes, 130 estagiários e 18 participantes do Programa Jovem Aprendiz. Em Santa Catarina, são empregados 681 funcionários, ou seja, 65,23% do total (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

A companhia declara estabelecer parcerias com instituições de ensino para capacitar e habilitar a população local para a ocupação de cargos na organização. A existência da usina ou sua construção e incentivos para a população local ocuparem posições nela, pode sobrecarregar a infraestrutura pública (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Como observaram Silva e Vargas (2015) e Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisas Energéticas (2015c), empreendimentos de geração de energia influenciam, direta ou indiretamente, a organização do território, e as cidades não se restringem a si, pois são suportadas pelo seu entorno, também.

Esse aspecto é monitorado, e a companhia promove ações para mitigar tais sobrecargas, conforme são detectados por meio de investimentos em segurança, lazer, saúde e saneamento, além de ações que auxiliam o poder público na elaboração das políticas públicas urbanas (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Em vistas de manter relacionamento com a sociedade, a companhia implanta os Centros de Cultura e Sustentabilidade, para contribuir com o desenvolvimento sustentável dos municípios de pequeno porte. Em 2016, eram cinco, sendo um no município onde a usina está instalada. (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Há, também uma organização voltada ao intercâmbio de boas práticas entre gestores e poder público e privado, focados para a sustentabilidade dos empreendimentos (Alpha Energia Brasil SA, 2017c). Como Jacobi (2006) e Vassalo e Figueiredo (2010) argumentaram acerca da sustentabilidade urbana, parte dos impactos ambientais são causados em atividades urbanas, e que políticas públicas devem ser voltadas a contrapor esses impactos.

O Programa Capacitar foi criado com o intuito de formar agentes na comunidade do entorno dos empreendimentos para a gestão de projetos, em âmbito federal, fomentado por incentivos fiscais; este programa atua por distribuição de material impresso, cursos *online* e eventos presenciais (Alpha Energia Brasil SA, 2017c).

Em ações de responsabilidade social, é declarado no RS investimento de R\$26,6 milhões, 18,9% próprios e 81,1% oriundos de incentivos (Alpha Energia Brasil SA, 2017c). Neste contexto, pode-se concluir que a proposição (2): “O CTX investe em pesquisa para melhoria dos processos independente da demanda prevista para o país e nem todos são embasados no desenvolvimento sustentável do setor”, foi validada pelos dados coletados na pesquisa.

4.5 Geração de Energia Elétrica a carvão e Sustentabilidade Urbana

O Quadro 6 apresenta os pontos principais dos dados primários coletados por meio da entrevista com a funcionários do departamento de meio ambiente da usina (FDMA). Este quadro está relacionado ao objetivo do trabalho: “Estudar como o sistema de gestão ambiental contribui com as práticas de sustentabilidade e eficiência energética na usina termelétrica em estudo”; ”Analisar a relação entre o relatório de sustentabilidade da UTE e o relatório de monitoramento ambiental relacionado à qualidade de água e ar” e “Estudar as ações de mitigação dos impactos negativos detectados na geração de energia em UTE a carvão mineral e sua relação com o desenvolvimento sustentável do setor”.

Questão	Pontos principais
O Atlas de Energia Elétrica do Brasil menciona a participação de outras fontes de energia (renováveis) para "limpar" a matriz energética. No CTX há algum projeto ou processo que também atenda a esse objetivo?	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto de P&D para queima da palha de arroz junto com o carvão mineral.

O CGEE afirma que projetos para o carvão mineral nacional devem contemplar o desenvolvimento sustentável do setor. Do montante de 170 milhões de reais investidos em projetos de P&D entre 1999 a 2015 e 85 projetos no estado de Santa Catarina, qual a porcentagem que atende as premissas do desenvolvimento sustentável do setor?	<ul style="list-style-type: none"> • Não há essa informação disponível.
Quando houve aumento na demanda de energia por meio de UTE nos anos de 2013, 2014 e 2015 houve mudança nos indicadores de qualidade do meio ambiente pelo aumento da produção e, consequentemente, dos efluentes gerados?	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento das emissões. • Sem alteração da qualidade do ar e água.
Quais medidas foram tomadas?	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão das bacias de decantação.
Quais são os indicadores e técnicas de monitoramento para aferir as mudanças no meio físico, químico e biótico do meio ambiente bem como os impactos sociais?	<ul style="list-style-type: none"> • Medição de emissões. • Monitoramento de material particulado. • Limites de emissões por parte da operação. • Monitoramento periódico de efluentes.
A identificação dos custos socioambientais é algo difícil para algumas organizações. Como o CTX computa isso e torna viáveis suas ações e projetos?	<ul style="list-style-type: none"> • Realizado por setor corporativo. • Solicitação das demandas para o ano. • Custo ambiental é o custo do setor.
O CTX pertence a Alpha Energia (empresa multinacional), há intercambio de tecnologias de geração de energia mais eficiente entre as unidades de geração no exterior com o Brasil e vice versa?	<ul style="list-style-type: none"> • Relatórios ambientais do grupo. • Auditorias internas e externas. • Intercambio entre usinas do grupo. • Visitas técnicas.
Quando houve a desregulamentação do setor carbonífero em 1990, as ações civis pública, redução na arrecadação das empresas do setor, como a UTE manteve o equilíbrio sustentável (social, econômico e ambiental)?	<ul style="list-style-type: none"> • Aprimoramento de processos do setor carbonífero. • Tirar o "ar de vilão". • Valorização do setor.
A UTE está preparada caso ocorra uma nova desestruturação do setor?	<ul style="list-style-type: none"> • É preciso pensar numa forma de minimizar os impactos.
Conclusões	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de empresas. • Desenvolvimento de tecnologias. • Desenvolvimento econômico. • Desenvolvimento acadêmico. • Desenvolvimento social.

Quadro 6 Tópicos da entrevista parte 3.

Fonte: O autor.

A Beta prioriza a contratação de prestadores de serviços e profissionais locais e presta assistência de gestão econômico-financeira e de marketing, para que não ocorra dependência de pequenos e médios fornecedores. Dos 2.008 prestadores de serviço, 1.236 são locais. Em 2015, foram pagos R\$3,44 bilhões a fornecedores locais (Beta Energia SA., 2015).

A geração de emprego é um pilar fundamental, pois como observou Ravazzoli (2013) em seu estudo com a desregulamentação ocorrida em 1990, muitos trabalhadores ficaram sem emprego e as empresas do setor perderam 60% do faturamento. Fato que, também é observado por Silva e Vargas (2010), de que a cidade não se restringe a si, que deve absorver as externalidades e manter durável o desenvolvimento.

Visto que a meta do desenvolvimento econômico no Brasil é a eliminação da pobreza com a geração de energia como pilar para tal, argumentam Pereira e Almeida (2014). Pereira e Almeida (2014) afirmam que, em Candiota-RS, a população é favorável à exploração do carvão mineral, devido à geração de empregos atuais e futuros, bem como alternativa para períodos de estiagem no setor agropecuário.

São implantados nas cidades de pequeno porte onde são localizados os empreendimentos, centros de cultura e sustentabilidade para promover o desenvolvimento local, voltados aos costumes locais, incentivo aos jovens na procura de conhecimento e espaços de convívio (Beta Energia SA., 2015). Há ações de educação ambiental, palestras, semana do meio ambiente, pedidos de patrocínio, doações de mudas, entre outras ações, que acontecem de forma contínua (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

A entrevistada relata que há, também intercâmbio entre as usinas do grupo, para verificar aspectos de destaque em outras instalações e vice versa. Relata, também que há uma ferramenta no *e-mail* com esse mesmo propósito de dar publicidade as ocorrências e medidas tomadas em outras usinas do grupo (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

No município onde está o CTX, há 159 alunos no centro de cultura e sustentabilidade, e foram desenvolvidos 122 eventos com público estimado de 27.000 pessoas em 2015 (Beta Energia SA., 2015). Como observado pelo Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética (2015c), esse, também é um aspecto relacionado à localização de empreendimentos de geração de energia, tal como o

adensamento populacional e o desenvolvimento da região que, caso seja mal planejado, pode provocar um impacto negativo sobre os equipamentos públicos.

O argumento de Leite (2011) que, para um sistema energético com grande participação hidrelétrica a existência de termelétricas para regulação, é importante para os períodos de estiagem, na proporção de 10% a 15%, e não apenas cerca de 5%, atualmente, para fomentar este setor.

Afirma a FDMA que, em seu ponto de vista, o setor carbonífero na região sul de Santa Catarina tem trabalhado para aprimorar seus processos e eficiência, com vistas a melhorar o setor e tirar um pouco o aspecto de “vilão”, por meio de projetos para utilização de resíduos para minimizar o impacto ambiental e atrair mais investimentos para o setor (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

O CTX mantém, monitora e realiza medições periódicas dos seus indicadores de qualidade ambiental, tais como: qualidade do ar, emissão de particulado, qualidade das águas dos rios. Então, como aumento da geração, há aumento nos indicadores (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

O pessoal da operação das usinas, também tem limites de emissão que devem ser respeitados. Havendo aumento eles são obrigados a reduzir a carga para manter os níveis de emissão ou planejar uma parada, que deve ser programada junto ao ONS, ou em caso que exponha a risco a operação do CTX ou ao meio ambiente, a operação é interrompida e justificada ao ONS, a atuação é em cima do equipamento que faz o controle daquele indicador, tal como, por exemplo, o precipitador eletrostático no caso do material particulado (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Estudo como o de Izidoro e Fungaro (2007) para sinterização de zeólitas, a partir das cinzas para tratamento de efluentes; Villanova e Bergmann (2010) para composição de materiais cerâmicos; Martins *et al* (2009) para utilização de cinzas como carga em materiais poliméricos; Hoffmann *et al* (2011) com implantação de captura de carbono.

A entrevistada mencionou um estudo que está em fase de avaliação para a queima de palha de arroz das fazendas da região junto com o carvão mineral e a avaliação do ciclo de vida da energia elétrica começou a ser feita (Comunicação pessoal, junho 30, 2017). A FDMA afirmou, também que em caso de término das atividades no CTX causará um enorme impacto para a região, o que é necessário para isso um estudo para minimizar esses possíveis impactos.

Ela conclui que o CTX pautou o desenvolvimento de empresas na região, tal como na prestação de serviços, construção civil, desenvolvimento econômico para a cidade e região. Além de desenvolvimento de pesquisas em parceria com universidades para laboratórios de pesquisa e projetos de pesquisa e desenvolvimento (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Qualificação de pessoal por meio de treinamentos, cursos em parceria com escolas, programas de estágio que capacita o pessoal para trabalho na usina e fora dela, a criação do parque ambiental que promove o envolvimento da população e de cidades vizinhas, gerando conhecimento social e econômico (FDMA, comunicação pessoal, junho 30, 2017).

Neste contexto, pode-se afirmar que a proposição (4): “O CTX apenas atua no que exige a legislação vigente não havendo possibilidade como fazer estudo de ciclo de vida, bem como as ações sociais que são realizadas esporadicamente”, não foi validada pelos dados coletados na pesquisa. No Quadro 7, estão destacadas as proposições da dissertação e, sucintamente justificadas sua aceitação ou não.

Proposição	Validada	Justificativa
(1) Os impactos ambientais causados pelo CTX antes das obrigações legais foram contabilizados em forma de inventário.	Não	Não foram contabilizados os impactos antes das obrigações legais, pois a usina mais antiga é de 1965 e a mais recente de 1997.
(2) O CTX investe em pesquisa para melhoria dos processos independente da demanda prevista para o país e nem todos são embasados no desenvolvimento sustentável do setor.	Sim	Há investimentos em questões de meio ambiente, P&D, além do SGA ser um sistema com base na melhoria contínua, ou seja independente de haver demanda ou não de mais energia elétrica no país.
(3) O CTX não tem mecanismos de medição dos impactos ambientais causados, são apenas estimados pela qualidade do carvão utilizado.	Não	Há procedimentos e mecanismos para medição dos impactos ambientais como controle na qualidade do carvão mineral recebido.
(4) O CTX apenas atua no que exige a legislação vigente não havendo possibilidade como fazer estudo de ciclo de vida, bem como as ações sociais que são realizadas esporadicamente.	Não	Há ações proativas como recuperação de áreas contaminadas de terceiros, o estudo do ciclo de vida está em andamento e as ações sociais são realizadas periodicamente.

Quadro 7 Síntese das proposições.

Fonte: O Autor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento social e econômico de um país está relacionado à sua capacidade de fornecimento de energia para que as atividades empreendedoras das organizações possam acontecer e a manutenção do padrão e qualidade de vida de sua população.

Dessa forma, o bom planejamento do setor energético, tal como sua diversificação e manutenção é de fundamental importância social e econômica; mas que, também deve estar pautada na sua eficiência, ou seja, não haver o risco de desabastecimento a preços módicos e ambientalmente conscientes de seus impactos.

A matriz energética e elétrica nacional é a que apresenta maior participação de fontes de energias renováveis no mundo, especialmente a matriz elétrica com mais de 75% de fontes renováveis; porém, mesmo a fonte sendo renovável, há impactos em seu processo de exploração e transformação.

Uma questão que deve ser levada em consideração na exploração de fontes renováveis é a sua disponibilidade, pois estão condicionadas à sazonalidade, tal como o caso da fonte hídrica que, em períodos de seca, pode ter sua produção prejudicada, e assim, colocar em risco o fornecimento de energia elétrica.

Outro aspecto importante é referente à disponibilidade e facilidade de exploração do bem renovável, em algumas regiões o bem fóssil pode ser a única forma viável a ser explorada para a geração de energia. O carvão mineral, apesar de a participação do Brasil nas reservas mundiais não ser relevante, é o combustível fóssil mais abundante na terra e, geograficamente bem distribuído, o que torna a sua exploração viável a preços estáveis.

Como as jazidas de carvão mineral no Brasil, comercialmente viáveis, estão localizadas na Região Sul do país, é lá que se desenvolveu sua exploração para geração de energia elétrica. Antigamente explorado de forma precária e sem cuidados ambientais, acabou tornando-se algo indesejável ambientalmente, mas necessário socioeconomicamente.

Dentre os impactos causados por UTEs a carvão mineral, estão: a emissão de gases do efeito estufa, material particulado, geração de cinzas, contaminação de solo e águas, alteração da topografia e paisagem. Além destes, há, também a geração de

emprego, movimentação da economia local, desenvolvimento regional, desenvolvimento acadêmico e social e, principalmente, o fornecimento de energia elétrica para as atividades cotidianas.

O impasse se dá justamente nos impactos de empreendimentos como esses em que os impactos indesejáveis (poluição), e os desejáveis (desenvolvimento) precisam ser bem geridos e esclarecidos às partes interessadas, no caso população, governos e organizações.

Para isso, um sistema de gestão ambiental se mostra como uma ferramenta adequada a essa questão, pois a partir do momento em que um impasse passa a ser sistematizado, mensurado, auditado e periodicamente melhorado, sua gestão torna-se mais clara. Observou-se que, no CTX, o SGA toma por base o conceito do desenvolvimento sustentável, ou seja, o desenvolvimento econômico, social e ambiental.

No aspecto ambiental, é possível observar a preocupação da CTX em controlar seus níveis de emissões atmosféricas, especialmente de emissão de material particulado, por meio de monitoramento da qualidade do ar e do carvão mineral recebido. Além de dar publicidade aos dados do monitoramento em tempo real.

Ainda no que tange ao meio ambiente, as ações proativas, tais como a recuperação de áreas degradadas e depósito de finos da CSN, se mostraram como algo benéfico, pois além de consumir a grande quantidade de cinzas pesadas que é gerada, estas servem para neutralizar a acidez do solo.

A recuperação do local onde hoje está o parque ambiental, também é uma ação que visa à melhoria do ambiente e, ainda cria uma área de lazer para a população local, que, até então, convivia com uma área degradada pela exploração precária do mineral no passado.

Economicamente, o CTX é importante para a região, pois é o principal movimentador da economia local e o seu desenvolvimento fez desenvolver-se, também toda uma cadeia de prestadores de serviços, além da cadeia do carvão mineral, como é observado no RS da companhia. E como relatou a entrevistada, em caso de encerramento das atividades da usina, isso implicaria em um grande impacto econômico negativo para a região; pois, além de ser o maior movimentador a economia local, há funcionários e familiares que dependem deste empreendimento.

Outro aspecto importante economicamente, é que nos períodos em que houve estiagem, a produção termelétrica foi a responsável pela estabilidade de carga no SIN na região e, assim, a manutenção das atividades do cotidiano sem o risco de desabastecimento de energia elétrica.

Socialmente há, internamente, as atenções quanto à saúde e segurança no trabalho, assim como o desenvolvimento e treinamento do pessoal quanto às atividades da usina, o que foi observada durante a visita ao local, a consciência dos funcionários quanto aos riscos relacionados à operação da usina.

Externamente, em benefício à sociedade há as estações de monitoramento da qualidade do ar e a divulgação dos dados para a população, tornando, assim, pública a informação, e dando ciência das condições ambientais de onde vivem. O parque ambiental, que é uma área de convívio que não havia antes, atrai a população de cidades vizinhas para conhecê-lo, o que indiretamente, também pode trazer mais desenvolvimento socioeconômico para a região.

Parcerias com instituições de ensino e projetos de P&D, também são aspectos destacados com a presença do CTX, pois atraem trabalhos e desenvolvimento científico, com a finalidade de reduzir ou melhorar os aspectos indesejáveis da geração de energia por carvão mineral e sua exploração.

Dessa forma, observa-se que em toda atividade humana haverá sempre impacto, seja ele positivo ou negativo; e cabem, dessa maneira, as partes envolvidas e interessadas nos benefícios dessas atividades, decidirem até que ponto estão dispostas a abrir mão de um bem na obtenção de outro.

Como se observou por meio dessa pesquisa, há impactos provenientes da geração de energia termelétrica encontrados na literatura e relatados pela entrevistada; mas, nem todos os impactos são negativos, tais como a contaminação de solos e água, as emissões atmosféricas, entre outros.

Observa-se que há impactos positivos como a geração de emprego e movimentação da economia local, suprimento de energia para as atividades do dia a dia que, de forma direta ou indireta, proporcionam qualidade de vida para as cidades e o nosso cotidiano, o desenvolvimento social e de conhecimento científico por meio de parcerias com instituições de ensino.

Assim, foi atendido o objetivo de levantar os impactos causados na geração termelétrica, apesar da restrição de acesso ao EIA/RIMA do CTX. Conclui-se que, partindo da consciência dos impactos, ambientais, sociais e econômicos do empreendimento, é possível observar, de forma mais cautelosa e ter ação mais assertiva, para que os aspectos negativos desta atividade sejam compensados e os aspectos benéficos potencializados.

O SGA demonstra ser o pilar para que os cuidados com a sustentabilidade da organização e do meio em que está inserida sejam efetivos, pois tem sua base corporativa com normas e procedimentos que abrangem a todas as usinas do grupo, além das especificidades de cada usina, contemplando as características do ambiente, natural, social e urbano que está instalada. O SGA sistematiza e normatiza os procedimentos de coleta e análise dos dados para indicadores que devem ser monitorados de cada aspecto de sustentabilidade, que tenham impacto importante para o meio ambiente.

O RS e o relatório de monitoramento demonstram a efetividade do SGA, os resultados das ações do SGA tanto sociais, ambientais quanto econômicos, e os dados do monitoramento de qualidade de água e ar. Dessa forma, os objetivos de estudar a contribuição e os relatórios de sustentabilidade e monitoramento foram atendidos.

Acerca das ações de mitigação dos impactos ambientais negativos da geração de energia termelétrica, também objetivo desta pesquisa, percebe-se que há algumas ações com esta finalidade, por exigências do órgão ambiental e legislação, como controle tecnológico da qualidade do carvão mineral, instalação de precipitadores eletrostáticos para captura das cinzas leves, impermeabilização do pátio de carvão e bacias de decantação.

Há, também ações proativas, tais como a recuperação de áreas degradadas de terceiros com cinzas pesadas, mas há de se ressaltar, o caso das cinzas leves que são vendidas para a indústria cimenteira. As pesadas, também têm a preferência para utilização na fabricação do cimento, mas podem ser destinadas a outra finalidade, o que é interessante para a usina, pois passa a ter valor comercial; sua gestão passa a ser de responsabilidade de terceiros, e assim, não tem gastos com a disposição e gestão desses resíduos.

Pode-se, então responder à questão de pesquisa da seguinte forma: A sustentabilidade na geração termelétrica, no contexto em que este trabalho foi realizado, é uma questão delicada; pois, por um lado, há a problemática ambiental dos passivos que foram causados e o esforço para que esta atividade não seja tão danosa quanto foi no passado.

Para pesquisas futuras relativas à sustentabilidade na geração termelétrica, sugere-se estudar quais seriam os impactos de um possível encerramento das atividades do CTX para a região, abrangendo toda a sua cadeia de suprimentos e serviços, bem como se esses impactos seriam maiores ou menores que os da manutenção de sua operação.

A sustentabilidade, neste contexto, não se encerra à operação do CTX e seus efluentes; mas, também no meio urbano, que tem parte importante de sua sustentação na movimentação econômica, promoção de ações sociais e avanço científico e tecnológico, em que a presença de um empreendimento como este pode promover. Cabe aos interessados (organização, governo e sociedade) decidirem, em comum acordo, até que ponto se está disposto a abrir mão de um bem na obtenção de outro.

REFERÊNCIAS

- Alpha Energia Brasil SA. (2016a). *Manual do sistema interligado de gestão da qualidade, meio ambiente, responsabilidade social, saúde e segurança no trabalho e gestão de energia.*
- Alpha Energia Brasil SA. (2016b). *Parque Gerador.* Recuperado 10 de dezembro de 2016, de <http://www.tractebelenergia.com.br/wps/portal/internet/parque-gerador/usinas-termelétricas/complexo-termelétrico-jorge-lacerda>
- Alpha Energia Brasil SA. (2016c). *Pesquisa e Desenvolvimento.* Recuperado 10 de dezembro de 2016, de <http://www.tractebelenergia.com.br/wps/portal/internet/pesquisa-e-desenvolvimento>
- Alpha Energia Brasil SA. (2017a). *Parque Gerador.* Recuperado 30 de janeiro de 2017, de <http://www.engieenergia.com.br/wps/portal/internet/parque-gerador/usinas-termelétricas/complexo-termelétrico-jorge-lacerda>
- Alpha Energia Brasil SA. (2017b). *Relatório de monitoramento ambiental - complexo temelétrico Jorge Lacerda municípios de Capivari de Baixo e Tubarão.* Santa Catarina.
- Alpha Energia Brasil SA. (2017c). *Relatório de sustentabilidade 2016.* Recuperado 17 de junho de 2017, de <http://relatoweb.com.br/engie/2016/pt/>
- Amaral Filho, J. R. do, Schneider, I. A. H., Brum, I. A. S. de, Sampaio, C. H., Miltzarek, G. L., & Schneider, C. H. (2013). Caracterização de um depósito de rejeitos para o gerenciamento integrado dos resíduos de mineração na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil. *Revista Escola de Minas. Ouro Preto, MG*, 66(3), 347–353.
- Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL]. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil.* (2008). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL. (2016, setembro 4). *BIG - Banco de Informações de Geração.* Recuperado 4 de setembro de 2016, de <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo.* Lisboa: Edições 70.
- Bauer, M. W., & Gaskell, G. (2008). *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático.* Petrópolis: Vozes.
- Beta Energia SA. (2015). *Relatório de Sustentabilidade* (No. 2015). Santa Catarina.
- Beta Energia SA. ([s.d.]). Código de meio ambiente.

- Brasil. (1986). *Resolução CONAMA, Pub. L. No. 001, 636.*
- Brasil. (1990). *Resolução CONAMA, Pub. L. No. 003, 342.*
- Brasil. (2012). *Resolução normativa Aneel, Pub. L. No. 500, 342.*
- Bronzatti, F. L., & Iarozinski Neto, A. (2008). Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. *Anais... In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,* 28. Recuperado de http://www.fpl.edu.br/enade2015/pdfs/texto_matrizes_energeticas_brasil_cenario_2010.2030.pdf
- Butzke, L. (2014). *Impasses da gestão de recursos comuns e da democracia no Brasil: o caso do carvão mineral no sul de Santa Catarina.* Tese (Doutorado em Sociologia Política). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/129565>
- Cavalcante, R. B., Calixto, P., & Pinheiro, M. M. K. (2014). Análise de Conteúdo: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método. *Informação & Sociedade: Estudos,* 24(1). Recuperado de <http://www.okara.ufpb.br/ojs/index.php/ies/article/view/10000>
- CGEE, C. de G. e E. E. (2012). *Roadmap tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 a 2035.* Brasil: CGEE.
- Corrêa, R., Souza, M. T. S. de, Ribeiro, H. C. M., & Ruiz, M. S. (2013). Evolução dos Níveis de Aplicação de Relatórios de Sustentabilidade (GRI) de Empresas do ISE/Bovespa. *Sociedade, Contabilidade e Gestão,* 7(2). Recuperado de <http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/ufrj/article/viewArticle/1492>
- Cortese, T. T. P., Kniess, C. T., & Maccari, E. A. (Orgs.). (2017). *Cidades inteligentes e sustentáveis* (1º ed). Barueri: Manole.
- de Oliveiraaa, O. J., & Serrab, J. R. (2010). Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. *Produção,* 20, 429–citation_lastpage.
- Departamento Nacional de Produção Mineral. (2001). *Balanço Mineral Brasileiro - 2001 (Carvão Mineral).* Brasil: DNPM.
- Departamento Nacional de Produção Mineral. (2014). *Carvão Mineral - Sumário Mineral 2014.* Brasil: DNPM.
- Denker, A. F. M.; Da Viá, S. C. (2012). *Metodologia Científica: Pesquisa empírica em Ciências Humanas.* 2ª ed. São Paulo: Saraiva.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2016). *Balanço Energético Nacional 2016 ano base 2015.* Brasil: EPE.

- Faria, R. C., Kniess, C. T., & Maccari, E. A. (2012). Sustentabilidade em grandes usinas hidrelétricas. *Revista de Gestão e Projetos*, 3(1), 225–251. <https://doi.org/10.5585/cep.v3i1.81>
- Ferreira Jr., W. (2009). O setor elétrico brasileiro: questões para uma agenda. In:*Brasil Pós-Crise (Third Edition)* (p. 121–138). Amsterdam: Elsevier Editora Ltda. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9788535232790500156>
- Ferreira, L. F., Três, L. D., Garcia, G. E., Junior, F. J., & Ferreira, D. D. (2008). Indicadores de Sustentabilidade Empresarial: uma comparação entre os indicadores do balanço social IBASE e relatório de sustentabilidade segundo as diretrizes da global reporting initiative GRI. *Anais...* In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Recuperado de [http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos09/445_445_Contabilidade_social_RE_V.seget\[2\].pdf](http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos09/445_445_Contabilidade_social_RE_V.seget[2].pdf)
- Flues, M., Hama, P., & Fornaro, A. (2003). Avaliação do nível da vulnerabilidade do solo devido à presença de termelétrica a carvão (Figueira, PR-Brasil). *Química Nova*, 26(4), 479–483.
- Gallardo, A. L. C. F., de Oliveira e Aguiar, A., & Sánchez, L. E. (2016). Linking environmental assessment and management of highway construction in southeastern Brazil. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 18(01), 1650002. <https://doi.org/10.1142/S1464333216500022>
- Gavronski, J. D. (2009). *Carvão mineral e as energias renováveis no Brasil*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Gil, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Hoffmann, S., Branco, D. A. C., Merschmann, P. R., & Szklo, A. S. (2011). Simulação dos impactos da implantação de sistemas de captura de CO₂ sobre os custos, a geração de resíduos e o consumo de H₂O de termelétricas a carvão. *Anais...* In: Congresso Brasileiro de Carvão Mineral, (III). Recuperado de <http://www.alunosatc.edu.br/portalsatc/site/adm/arquivos/10740/030520121636305.PDF>
- Itaipu Binacional. (2017). *Geração / ITAIPU BINACIONAL*. Recuperado 30 de janeiro de 2017, de <https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>
- Izidoro, J. de C., & Fungaro, D. A. (2007). Utilização de resíduos de usinas termelétricas a carvão na síntese de zeólitas e sua aplicação na remoção de Zn²⁺ e Cd²⁺ em água. *Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento*, 9(3), 101–106.
- Jabbar, A. B. L. de S., & Jabbar, C. J. C. (2013). *Gestão ambiental nas organizações: fundamentos e tendências*. São Paulo: Atlas.

- Jacobi, P. (2006). Dilemas socioambientais na gestão metropolitana: do risco à busca da sustentabilidade urbana. *REVISTA DE CIÊNCIAS SOCIAIS-POLÍTICA & TRABALHO*, 25. Recuperado de <http://www.biblionline.ufpb.br/ojs2/index.php/politicaetrabalho/article/view/6742>
- Kniess, C. T. (2005, setembro). *Desenvolvimento e Caracterização de Materiais Cerâmicos com Adição de Cinzas Pesadas do Carvão Mineral*. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianopolis -SC.
- Leite, A. D. (2011). Crescimento econômico, consumo de energia e meio ambiente. In: *A Economia Brasileira – De Onde Vemos e Onde Estamos (2ª edição)* (p. 133–142). Amsterdam: Elsevier Editora Ltda. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9788535242027500313>
- Lemos, B. P., Catapan, D. C., Catapan, E. A., & de Castro, N. J. (2008). Revisão teórica sobre as técnicas de reconhecimento de passivos ambientais no setor elétrico. *Anais...* In: Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica, (III). Recuperado de http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/eventos/seminariointernacional/2008/arquivos/P_EdilsonCatapan_Mesa.pdf
- Lima, C. M. D., Siqueira, E. B., Dominguez, L. A. E., & Paiva, R. B. de. (2015). Monitoramento da Emissão de Material Particulado no Município de Candiota, RS. *Anais...* In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, (VI). Recuperado de <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/IV-014.pdf>
- Maçambanni, T. A., Van Bellen, H. M., da Silva, T. L., & Ventura, C. (2013). Evidenciação socioambiental: uma análise do balanço social de empresas do setor elétrico que atuam nas regiões sul e nordeste do Brasil. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade-GeAS*, 2(1), 123–142.
- Martins, G. de A., & Lintz, A. (2007). *Guia para elaboração de monografias e trabalho de conclusão de curso*. São Paulo: Atlas.
- Martins, G. de A., & Theóphilo, C. R. (2009). *Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas*. São Paulo: Atlas.
- Martins, M. A. P. M., Araújo, H. N. de, & Pellizzaro, M. (2009). Estudo de Compósitos com Produtos de Reciclagem. *Anais...* In: XXXI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Juiz de Fora. Recuperado de http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGET1999_A0065.PDF
- Mathias, J. F. C. M., Castro, N. J., Silva, S. S. de O., & Brandão, R. (2015). *Revista Brasileira de Energia*, 21(1), 71–90.
- Ministério de Minas e Energia. (2015). *Resenha Energética Brasileira*. Brasil: MME.

- Ministério de Minas e Energia. (2016). *Resenha energética brasileira*. Brasília: MME.
- Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética. (2007a). *Matriz Energética Nacional - 2030*. Brasil: MME : EPE.
- Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética. (2007b). *Plano Nacional de Energia 2030*. Brasil: MME : EPE.
- Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética. (2015a). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2024*. Brasil: MME : EPE.
- Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética. (2015b). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015 ano base 2014*. Brasil: MME : EPE.
- Ministério de Minas e Energia, & Empresa de Pesquisa Energética. (2015c). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2024* (p. 467). Brasília: Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisas Energéticas.
- Nadruz, V. do N., & Gallardo, A. L. C. F. (2015). Implantação da avaliação de desempenho ambiental em obras de linhas de transmissão. *Anais...* In: Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, (IV).
- Oliveira, O. J. de, & Pinheiro, C. R. M. S. (2010). Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas. *Gestão & Produção*, 51–61.
- Oliveira, M. L. S., Heidemann, E. E., & Lima, K. T. (2011). A Influência do carvão no desenvolvimento socioeconômico do sul de Santa Catarina/Brasil. *Revista Sociedade & Natureza*, 23(2). Recuperado de <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/10003>
- Pacheco, F. (2006). Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, 149, 4–11.
- Pereira, D. B., & Silva, R. N. S. (2010). Análise da utilização dos indicadores essenciais da GRI nos relatórios de sustentabilidade das empresas brasileiras. *Sociedade, contabilidade e gestão*, 3(2). Recuperado de <http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/ufrj/article/viewArticle/460>
- Pereira, V. C., & Almeida, J. P. (2014). A atividade carbonífera e suas representações sociais no sul do Brasil. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 11(73), 20.
- Pombo, F. R., & Magrini, A. (2008). Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil. *Gestão & Produção*, 15(1), 1–10.
- Prefeitura Municipal de Capivari de Baixo. (2017a). *Brasão de Capivari de Baixo - Brasão Capivari de Baixo - Município de Capivari de Baixo*. Recuperado 15 de março de 2017, de <http://www.capivaridebaixo.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/5018>

Prefeitura Municipal de Capivari de Baixo. (2017b). *Histórico - Histórico - Município de Capivari de Baixo*. Recuperado 15 de março de 2017, de <http://www.capivaridebaixo.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/5409>

Prefeitura Municipal de Capivari de Baixo. (2017c). *Limites e Localização - Limites e Localização - Município de Capivari de Baixo*. Recuperado 15 de março de 2017, de <http://www.capivaridebaixo.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/16746>

Ravazzoli, C. (2013). A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DO CARVÃO EM SANTA CATARINA: SUA EVOLUÇÃO ATÉ OS TERMOS DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA VIGENTE ENTRE OS ANOS DE 2005 E 2010. *Geografia em Questão*, 06(1).

Reckziegel, V. N., & Fagundes, R. (2013). *Aplicação de Indicadores de Sustentabilidade no Desenvolvimento de Um Sistema de Gestão Ambiental em Uma Empresa de Mineração*. Recuperado de <http://ecoinovar.com.br/cd2013/arquivos/artigos/ECO205.pdf>

Ruiz, M. S., Correa, R., Gallardo, A. L. C. F., & Sintoni, A. (2014). Abordagens de conflitos socioambientais em casos de subsidência de minas de carvão no Brasil e EUA. *Ambiente & Sociedade*, XVII(2), 129–156.

Sánchez, L. E. (2008). *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*(1. reimpr). São Paulo: Oficina de Textos.

Seelig, M. F., Schneider, P. S., & Saffer, M. (2011). Coqueima de carvão e resíduos sólidos urbanos: será o lixo o futuro do carvão? *Anais...In: Congresso Brasileiro de Carvão Mineral*(Vol. 3). Recuperado de <http://www.portalsatc.com/site/adm/arquivos/10741/030520121646492.PDF>

Silva, C. F. R., & Vargas, M. A. (2010). Sustentabilidade Urbana: Raízes, conceitos e representações. *Scientia Plena*, 6(3). Recuperado de <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/download/158/32>

Tachizawa, T. (2011). *Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira* (7^a Edição). São Paulo (SP): Atlas.

Telles, R. (2001). A efetividade da “matriz de amarração” de Mazzon nas pesquisas em Administração. *Revista de Administração*, 36(4), 64–72.

Tolmasquim, M. T. (2012). Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. *Estudos Avançados*, 26(74), 247–260.

Trierweiller, A. C., Vieira, D. de F., Weise, A. D., & Ribeiro, V. E. T. (2008). Ações de responsabilidade social da empresa Tractebel Energia S/A - complexo Jorge Lacerda: os benefícios para Capivari de Baixo. *Anais... In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, (V).

- Uninove. (2016). *Projetos Financiados*. Recuperado 10 de dezembro de 2016, de <http://www.uninove.br/mestrado-e-doutorado/mestrado-profissional-em-administracao-gestao-de-projetos/projetos-financiados-2/>
- Vassalo, V. P. L., & Figueiredo, P. J. S. (2010). Sustentabilidade dos espaços urbanos. In *4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*. Recuperado de <http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper482.pdf>
- Vianna, S. B., Veiga, J. E. da, & Abranches, S. (2009). CAPÍTULO 18 - A sustentabilidade do Brasil. In *Brasil Pós-Crise (Third Edition)* (p. 305–323). Amsterdam: Elsevier Editora Ltda. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9788535232790500259>
- Villanova, D. L., & Bergmann, C. P. (2010). Influência da Variação Granulométrica das Matérias-Primas nas Propriedades Tecnológicas em Corpos Cerâmicos a Base de Cinza Pesada de Carvão Mineral e Vidro Sodo-Cálcico. *Cerâmica industrial*, 15, 15–22.
- Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre (RS): Bookman.

APÊNDICE

Roteiro de questões para a etapa de entrevista semi-estruturada:

Questão 1: Há um inventário dos impactos causados pelo CTX, antes e depois da entrada em vigor da legislação ambiental?

Questão 2: Há alguma medida que contemple a recuperação desses impactos?

Questão 3: O CTX, também monitora e quantifica os possíveis impactos positivos?

Questão 4: Quais são esses indicadores de impactos positivos?

Questão 5: Qual a destinação dos efluentes após a combustão do carvão mineral?

Questão 6: O SGA faz a gestão da cadeia de suprimentos contemplando os efluentes do processo de beneficiamento do carvão ROM, sendo responsável pelos possíveis impactos causados?

Questão 7: Como se caracteriza o SGA do CTX?

Questão 8: O Atlas de Energia Elétrica do Brasil menciona a participação de outras fontes de energia (renováveis) para "limpar" a matriz energética. No CTX, há algum projeto ou processo que, também atenda a esse objetivo?

Questão 9: O CGEE afirma que projetos para o carvão mineral nacional devem contemplar o desenvolvimento sustentável do setor. Do montante de 170 milhões de reais investidos em projetos de P&D, entre 1999 a 2015, e 85 projetos no Estado de Santa Catarina, qual a porcentagem que atende às premissas do desenvolvimento sustentável do setor?

Questão 10: Do montante de 170 milhões de investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento e dos 85 projetos no Estado de Santa Catarina, qual a porcentagem que atende as premissas do desenvolvimento sustentável do setor relacionados à operação da usina?

Questão 11: Quando houve aumento na demanda de energia por meio de UTE nos anos de 2013, 2014 e 2015 houve mudança nos indicadores de qualidade do meio ambiente pelo aumento da produção e, consequentemente, dos efluentes gerados?

Questão 12: Quais medidas foram tomadas?

Questão 13: Quais são os indicadores e técnicas de monitoramento para aferir as mudanças no meio físico, químico e biótico do meio ambiente bem como os impactos sociais?

Questão 14: Como o SGA atua, caso seja percebida alguma não conformidade?

Questão 15: A identificação dos custos socioambientais é algo difícil para algumas organizações. Como o CTX computa isso e torna viáveis suas ações e projetos?

Questão 16: A certificação NBR ISO 14001 proporcionou melhorias na estrutura organizacional, planejamento de atividades, nas práticas, procedimentos, processos e recursos da UTE como no consumo de matéria prima, energia, redução de rejeitos?

Questão 17: Quais os indicadores que demonstram isso?

Questão 18: O CTX pertence a Alpha Energia (empresa multinacional), há intercambio de tecnologias de geração de energia mais eficiente entre as unidades de geração no exterior com o Brasil e vice versa?

Questão 19: O produto do CTX é a energia elétrica e sua cadeia de suprimentos é complexa e ambientalmente custosa, há algum estudo de análise do ciclo de vida desse produto e exigências para com seus fornecedores sobre os aspectos ambientais tornando o CTX corresponsável pelas ações de suas fornecedoras?

Questão 20: Quando houve a desregulamentação do setor carbonífero em 1990, as ações civis pública, redução na arrecadação das empresas do setor, como o CTX manteve o equilíbrio sustentável (social, econômico e ambiental)?

Questão 21: O CTX está preparado caso ocorra uma nova desestruturação do setor?