



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO
DE VIDA COMO FERRAMENTA DE APOIO
AO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE
IMPACTO AMBIENTAL**

MAYCON HAMANN

LAGES/SC, 2018

MAYCON HAMANN

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA DE
APOIO AO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Flávio José Simioni
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Augusto Freitas de Alvarenga

**LAGES/SC
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC**

Hamann, Maycon

APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE
IMPACTO AMBIENTAL / Maycon Hamann. - Lages , 2018.
106 p.

Orientador: Flávio José Simioni

Co-orientador: Rodrigo Augusto Freitas de
Alvarenga

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, Lages, 2018.

1. Comparação de Resultados entre EIA e ACV.. 2.
Avaliação de Impacto Ambiental. 3. Lacunas em
Estudos Ambientais. 4. Linhas de Transmissão. 5.
Avaliação do Ciclo de Vida. I. Simioni, Flávio José
. II. Freitas de Alvarenga, Rodrigo Augusto .
. III. Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciências Ambientais. IV. Título.

MAYCON HAMANN

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA DE
APOIO AO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais como
requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, da
Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Flávio José Simioni
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC/CAV

Coorientador:

Prof. Dr. Rodrigo Augusto Freitas de Alvarenga
Ghent University

Membros:

Edivan Cherubini
Dr. Edivan Cherubini
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC/ENCICLO

Yara de Souza Tadano
Prof.Dra. Yara de Souza Tadano
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Lages, 27 de fevereiro de 2018

Dedico esse trabalho a todos que, por não terem medo de morrer, viveram.

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação de mestrado não seria possível sem o apoio, incentivo e carinho de várias pessoas. Não consigo colocar aqui o nome de todos, que de alguma forma me ajudaram, mas estarão muito bem representados por estes que aqui menciono.

Em determinado ponto do caminho pensei que estaria sem orientador, mas estava errado. Fui presenteado com não um, mas dois orientadores maravilhosos, cada qual com seu modo de ser, mas com objetivo único de me guiar ao longo desse trabalho. Então, em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus professores e orientadores: Doutor Rodrigo Augusto Freitas de Alvarenga e Doutor Flávio José Simioni.

Desejo igualmente agradecer aos meus colegas de caminhada do Curso de Mestrado Em Ciências Ambientais da UDESC, com quem aprendi muito, e cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos.

Agradeço à Prosul, na figura do diretor do Departamento de Energia e Meio Ambiente, Antônio Odilon Macedo, que sempre nos incentivou a buscar cada vez mais o conhecimento e que nos desafia diariamente a pensar e fazer diferente.

Também agradeço à minha família, que foi sempre um porto seguro para onde pude navegar em momentos de tormenta.

Por último, agradeço à minha Rafa, que compartilhou um sonho que se tornou realidade, que se angustiou com viagens de madrugada, que entendeu minhas crises e minha forma pouco ortodoxa de trabalhar, que abriu mão de viver muita coisas só, para poder estar comigo nessa caminhada. Obrigado.

RESUMO

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) consiste em uma ferramenta de amplo aspecto no que diz respeito à previsão de efeitos ambientais negativos e/ou positivos de determinado empreendimento. Foi instituída pela Resolução CONAMA 01/1986, tendo como uma de suas principais ferramentas o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), ou simplesmente EIA/RIMA. Estes e outros estudos ambientais representam um instrumento legal utilizado no processo de licenciamento ambiental, conforme preconizado na Resolução CONAMA 01/1986 e complementado pela Resolução CONAMA 237/97. Entretanto, a forma como os estudos ambientais são utilizados no Brasil apresentam relevantes lacunas, que podem implicar na distorção dos seus resultados. Tais lacunas se traduzem no caráter limitado que os estudos ambientais apresentam quando se trata da análise de impactos ocorridos distantes dos locais de implantação do projeto, quer sejam esses impactos relacionados à extração de matéria-prima, beneficiamento desse material, seu transporte, ou até mesmo a destinação final dos elementos do projeto quando findada sua vida útil. Essas lacunas podem ser preenchidas com ferramentas já consagradas de apoio à gestão e avaliação ambiental, que, no entanto, não têm seu uso difundido em processos de AIA, como é o caso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A presente dissertação teve como objetivo geral analisar a viabilidade da aplicação da ACV como ferramenta de apoio no processo de Avaliação de Impacto Ambiental. Para tanto foram conduzidos três estudos de caso, nos quais foram comparados os resultados obtidos nos estudos ambientais de três diferentes linhas de transmissão, com os resultados obtidos através de três ACV's realizadas para os mesmos empreendimentos. As comparações realizadas demonstraram que os resultados obtidos através dos estudos ambientais e ACV's diferem significativamente. Esse cenário, aliado ao fato de que as duas ferramentas têm diferentes áreas de abrangência, sugere que as duas ferramentas são complementares entre si. Desta forma, são fortes os indícios que o uso da ACV pode agregar maior precisão ao resultado dos estudos ambientais, uma vez que os estudos ambientais convergem seus esforços para as particularidades da região de implantação do projeto, a ACV abrange aspectos de montante, como matérias-primas, emissões e gastos energéticos, e de jusante, como a operação do empreendimento e sua desativação.

Palavras-chave: Comparação de Resultados entre EIA e ACV. Avaliação de Impacto Ambiental. Lacunas em Estudos Ambientais. Linhas de Transmissão. Avaliação do Ciclo de Vida.

ABSTRACT

The AIA (*Environmental Impact Evaluation*) is a broad-based tool used to predict negative and/or positive environmental effects of a given enterprise. It was established by the CONAMA Resolution No. 01/1986, and one of its main tools is the Environmental Impact Assessment (EIA) and its respective Environmental Impact Assessment Report (EIAR) or simply EIA/EIAR. These and other environmental studies represent a legal instrument used in the environmental licensing process, as recommended in the CONAMA Resolution No. 01/1986 and complemented by CONAMA Resolution No. 237/97. However, the way in which the environmental studies are used in Brazil has relevant shortcomings that may imply the distortion of its results. These shortcomings are reflected on the limited nature of environmental studies when it comes to the analysis of impacts that occur out-site project, whether these impacts are related to the extraction of raw material, the processing of this material, its transportation, or even the final destination of the elements of the project when their operating life is ended. These shortcomings can be remedied by using tools that are already acknowledged to support management and environmental assessment, but which are not yet widely used in the AIA processes, such as Life Cycle Assessment (LCA). The main goal of this dissertation was to analyze the viability of the application of the LCA as a support tool in the Environmental Impact Assessment process. For such, three case studies were conducted, where the results obtained in the environmental studies of three different transmission lines were compared with the results obtained through three LCAs performed for the same projects. The comparisons that were made showed that the results obtained through environmental studies and LCAs differ significantly. This scenario, along with the fact that these two tools have different areas of coverage, suggests that both these tools are complementary to each other. Thus, there is strong evidence that the use of the LCA may add greater precision to the outcome of environmental studies because these studies converge their efforts to the particularities of the region where the project is implemented. The LCA covers upstream aspects such as raw materials, waste emission, and energy expenditures, and downstream costs, such as the operation of the project and its deactivation.

Key-words: Comparison of Results between EIA and LCA. Environmental Impact Assessment. Shortcomings in Environmental Studies. Transmission Lines. Life Cycle Assessment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fase de uma Análise do Ciclo de Vida	35
Figura 2 – Diferenças de escopo entre EIA e ACV.....	45
Figura 3 - Localização do empreendimento 1	50
Figura 4 - Localização do empreendimento 2.....	52
Figura 5 - Localização do empreendimento 3.....	54
Figura 6 - Síntese das etapas metodológicas.....	64
Figura 7 - Síntese Estrutural da Dissertação	65
Figura 8 - Resultado da ACV do empreendimento 1 sem considerar as perdas no sistema de transmissão	70
Figura 9 - Principais <i>hot spots</i> da Alternativa 03 do Empreendimento 01	71
Figura 10 - Resultado da ACV do empreendimento 1 considerando as perdas no sistema de transmissão	72
Figura 11 - Principais <i>hot spots</i> da Alternativa 3 do Empreendimento 01 considerando as perdas no sistema	73
Figura 12 - Resultado da ACV do empreendimento 2 sem considerar as perdas no sistema de transmissão	77
Figura 13 - Principais <i>hot spots</i> da Alternativa 3 do empreendimento 2	78
Figura 14 - Resultado da ACV do empreendimento 2 considerando as perdas no sistema de transmissão	79
Figura 15 - Principais <i>hot spots</i> da Alternativa 3 do empreendimento 2 considerando as perdas no sistema	80
Figura 16 - Resultado da ACV do empreendimento 3 sem considerar as perdas no sistema de transmissão	84
Figura 17 - Principais <i>hot spots</i> da Alternativa 3 do empreendimento 3	85
Figura 18 - Resultado da ACV do empreendimento 3 considerando as perdas no sistema de transmissão	86
Figura 19 - Principais <i>hot spots</i> da Alternativa 3 do empreendimento 3 considerando as perdas no sistema	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking de alternativas menos impactantes	60
Tabela 2 - Resultado do EIA – empreendimento 1	68
Tabela 3 - Resultado do EIA - empreendimento 2	75
Tabela 4 - Resultado do EIA - empreendimento 3	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AICV	Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida
APA	Área de Proteção Ambiental
APCB	Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade
APP	Áreas Prioritárias para Conservação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EAS	Estudo Ambiental Simplificado
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EU	União Europeia
GEE	Gases de Efeito Estufa
IAIA	<i>International Association for Impact Assessment</i>
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
LT	Linha de Transmissão
PBA	Projeto Básico Ambiental
PCA	Plano de Controle Ambiental
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradas
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
RBMA	Reserva de Biosfera da Mata Atlântica
RCA	Relatório de Controle Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SE	Subestação de Energia
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SETAC	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>
TR	Termo de Referência
UC	Unidades de Conservação
UF	Unidade Funcional
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS.....	23
1.1.1	Objetivo geral.....	23
1.1.2	Objetivos específicos	23
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	24
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	25
2.1.1	Licenciamento Ambiental no Brasil.....	26
2.1.2	Impacto Ambiental e Aspecto Ambiental.....	28
2.1.3	Ferramentas de Avaliação de Impacto Ambiental	29
2.1.4	Ferramentas de Análise de Impacto Ambiental	29
2.1.5	Estudo de Impacto Ambiental - EIA.....	33
2.2	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	34
2.2.1	ACV Completa e ACV Simplificada.....	36
2.3	ACV COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL PÚBLICA	37
2.4	USO DA ACV NA AIA	38
2.4.1	Lacunas no Processo de AIA	38
2.4.2	Limitações da metodologia de ACV	40
2.4.3	Uso de ACV como Ferramenta de Apoio à AIA	41
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.1	DETERMINAÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DA TIPOLOGIA DOS OBJETOS DE ESTUDO DE CASO	47
3.1.1	Caracterização do Empreendimento 1.....	48
3.1.2	Caracterização do Empreendimento 2.....	50
3.1.3	Caracterização do Empreendimento 3.....	52
3.2	EXTRAÇÃO E TABULAÇÃO DE DADOS DE PROJETO E DE ALTERNATIVAS DOS ESTUDOS AMBIENTAIS.....	54
3.2.1	Caracterização do Empreendimento	54
3.2.2	Alternativas Locacionais e Tecnológicas	55
3.2.2.1	<i>Descrição do Processo de Elaboração do Capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas” do EIA.....</i>	55

3.2.2.1.1	Aspectos abordados	56
3.2.2.1.2	Critérios adotados	56
3.2.2.1.3	Material e métodos do processo de escolha de alternativas	57
3.2.2.1.4	Escolha da alternativa mais favorável	60
3.3	REALIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA - ACV	61
3.3.1	Definição de Objetivo e Escopo	61
3.3.2	Análise do Inventário do Ciclo de Vida	62
3.3.3	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida	62
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.1	EMPREENDIMENTO 1	67
4.1.1	Resultados do EIA	67
4.1.2	Resultados da ACV	69
4.1.2.1	<i>Cenário 1 - Sem Considerar Perdas no Sistema.....</i>	70
4.1.2.2	<i>Cenário 2 - Considerando Perdas no Sistema.....</i>	71
4.1.3	Comparação entre os resultados do EIA e da ACV	73
4.2	EMPREENDIMENTO 2	74
4.2.1	Resultados do EIA	75
4.2.2	Resultados da ACV	76
4.2.2.1	<i>Cenário 1 - Sem Considerar Perdas no Sistema.....</i>	76
4.2.2.2	<i>Cenário 2 - Considerando Perdas no Sistema.....</i>	78
4.2.3	Comparação entre os resultados do EIA e ACV	80
4.3	EMPREENDIMENTO 3	81
4.3.1	Resultado do EIA.....	81
4.3.2	Resultado da ACV	83
4.3.2.1	<i>Cenário 1 - Sem Considerar Perdas no Sistema.....</i>	83
4.3.2.2	<i>Cenário 2 - Considerando Perdas no Sistema.....</i>	85
4.3.3	Comparação entre os resultados do EIA e ACV	87
4.4	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O EMPREGO DA ACV COMO APOIO AO AIA.....	88
5	CONCLUSÃO	93
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
	APÊNDICE A - Resultados dos Processos de ICV	101

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, empreendimentos de relevante impacto ao meio ambiente devem ser licenciados através da realização de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), conforme preconizado na Resolução CONAMA Nº 237 de 1997 (BRASIL, 1997). A Resolução CONAMA Nº 001 de 1986, define qual a estrutura básica de um EIA, destacando que o mesmo deve contemplar minimamente as seguintes atividades: diagnóstico ambiental considerando os meios físico, biótico e socioeconômico; análise dos impactos ambientais do projeto e suas alternativas; definição de medidas mitigadoras dos impactos negativos; e elaboração de programas de monitoramento (BRASIL, 1986). Destacam-se, dentre os temas abordados em um EIA, o diagnóstico ambiental, que fornecerá a base para o conhecimento das condições socioambientais das regiões que poderão ser atingidas pela implantação de uma determinada proposta (projeto, programa, plano ou política), e a análise de impactos, que consiste em um exame prévio e sistemático dos potenciais impactos ambientais, subsidiando as conclusões sobre a sua viabilidade ambiental.

No que diz respeito à análise de impactos ambientais, no Brasil, algumas metodologias são amplamente utilizadas, dentre as quais podemos citar: matrizes de interações, mapas de superposição, metodologias espontâneas, listagens, redes de interações, metodologias quantitativas, modelos de simulação, projeção de cenários, entre outras (SÁNCHEZ, 2006).

Para alguns empreendimentos, no entanto, as metodologias empregadas não demonstram com clareza a disparidade de grandeza de impactos entre alternativas que diferem muito na quantidade e tipo de insumos (quer sejam locacionais ou tecnológicas). Estas metodologias tão pouco, consideram os processos de fabricação empregados na obtenção dos insumos que serão envolvidos no processo de implantação do empreendimento, tão pouco o montante de energia necessária em sua elaboração.

Autores apontam diversas lacunas metodológicas nos estudos ambientais, conforme destacam Manuilova, Suebsiri e Wilson (2009), um dos pontos fracos destes estudos é a sua incapacidade para identificar, global e regionalmente, efeitos ambientais ao longo do ciclo de vida destes projetos. Wärnbäck e Hilding-rydevik

(2009), por sua vez, apresentam em seus trabalhos outros pontos falhos no estado da arte dos estudos ambientais, dentre os quais se destacam a falta de consideração global da análise de impacto cumulativo, resultados apresentados muitas vezes com carência na qualidade de suas informações, aumento da chance de falhas de avaliação pela quantidade de profissionais envolvidos e excesso de informações.

O EIA/RIMA, bem como outros estudos ambientais mais tradicionais (p.ex., estudo ambiental simplificado – EAS) têm foco no local onde se pretende instalar o projeto em questão. Fica claro que grande parte dos impactos ambientais associados a regiões distintas daquela onde será implantado o empreendimento não são considerados, uma vez que comumente impactos *ex situ* não são devidamente abordados. Isso pode ser compreendido quando se considera o que preconiza Brasil (1986), que orienta que os estudos deverão definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetados pelos impactos, denominada “Área de Influência do Projeto”, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual o projeto será implantado.

A evolução, mesmo que lenta, da AIA vem evidenciando que o atual estágio dos estudos ambientais apresenta como uma de suas lacunas, justamente o fato de não expandir sua análise de impactos para além das fronteiras da bacia hidrográfica.

Como demonstrado por Huang, Weber e Matthews (2009) e Makower et al. (2014), aproximadamente 80% dos impactos ambientais ocorrem fora das operações da organização. De acordo com os autores, tais impactos podem ser contabilizados através de ferramentas que consideram a perspectiva do ciclo de vida, como a ACV.

Nesse sentido, as questões de pesquisa que se colocam nesta dissertação são: 1) Os estudos ambientais tradicionais apresentam limitações no que se refere à abrangência da análise dos impactos ambientais decorrentes do projeto? 2) É viável a aplicação da ACV como ferramenta de apoio no processo de Avaliação de Impacto Ambiental? 3) A ACV pode equacionar as limitações referentes à abrangência da análise dos impactos ambientais, dos estudos ambientais tradicionais?

A prática de uso da ACV em conjunto com outras ferramentas de análise de impacto ambiental já vem sendo utilizada em diversos países. Exemplos dessa aplicação podem ser observados em Tukker (1999), que utilizou o EIA e a ACV para a comparação entre dois sistemas de purificação de água. Moreno; Rodriguez e Campanella (2015), por sua vez, utilizaram as duas ferramentas para identificar a melhor metodologia para melhoramento de biogás.

Assim, a aplicação da ACV como uma das ferramentas para avaliar os impactos poderá trazer uma maior precisão aos estudos ambientais, uma vez que uma de suas principais aplicações é apresentar um inventário de entradas e saídas associadas a um determinado produto, bem como uma avaliação de impactos associada a essas entradas e saídas, levando em conta todo o ciclo de vida do sistema avaliado, desde a extração da matéria-prima, até a destinação final de determinado bem material. Portanto, esta análise forneceria uma visão mais holística dos impactos ambientais.

Neste contexto, as hipóteses estabelecidas para este trabalho consistem em:

- Os estudos ambientais tradicionais apresentam limitações no que se refere à abrangência da análise dos impactos ambientais decorrentes do projeto.
- A aplicação da ACV nos dados dos projetos analisados pelos estudos ambientais apresenta resultados contrários, porém complementares aqueles obtidos através dos estudos ambientais, indicando que a ACV pode ser utilizada como ferramenta de apoio na AIA.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 **Objetivo geral**

Analisar a viabilidade da aplicação da ACV como ferramenta de apoio no processo de Avaliação de Impacto Ambiental.

1.1.2 **Objetivos específicos**

Para atingir o objetivo geral, os objetivos específicos foram:

- a) Identificar e analisar a lacuna metodológica de estudos ambientais que limita a análise de impactos decorrentes da implantação de determinado projeto;
- b) Aplicar a ACV em dados de projetos já analisados por estudos ambientais e identificar possibilidades de sinergia entre as duas ferramentas.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está organizada de forma a permitir que o leitor possa obter os conceitos necessários para a compreensão dos objetivos propostos. Para tanto, sua estrutura está subdividida em cinco capítulos.

Neste primeiro capítulo é apresentado, de forma sucinta a problemática abordada neste trabalho, bem como suas questões de pesquisa, hipóteses e os objetivos que visa alcançar. No capítulo dois serão apresentados os principais conceitos referentes ao tema da dissertação, como por exemplo, aqueles relacionados aos estudos ambientais e a ACV, visando melhor situar o leitor, bem como, apresentar o estado da arte de outros trabalhos desenvolvidos que guardam similaridades com os objetivos deste trabalho. O capítulo três apresenta as metodologias abordadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho, bem como as ferramentas necessárias para aplicação destas. No terceiro capítulo estão descritas ainda as abordagens adotadas na elaboração dos estudos ambientais aqui analisados, bem como os passos percorridos para elaboração das ACV's realizadas para viabilizar a avaliação de sua aplicabilidade como ferramenta de apoio em processos de AIA. Os resultados obtidos a partir das metodologias e ferramentas apresentadas anteriormente são apresentados e discutidos no capítulo quatro, no qual é possível visualizar em forma gráfica a comparação dos resultados obtidos através da realização dos estudos ambientais e da ACV, como também são apontadas as possíveis causas e fatores que explicam as diferenças entre os resultados obtidos. Por fim, o capítulo cinco apresenta as conclusões obtidas através da realização desta dissertação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) consiste em uma ferramenta utilizada na antecipação e prevenção de efeitos ambientais negativos, ou antecipação e potencialização dos efeitos positivos de determinado empreendimento.

Segundo Sánchez (2006), a AIA entrou oficialmente na literatura ambiental a partir de 1970, quando passou a vigorar a lei de política nacional do meio ambiente dos Estados Unidos, se tornando assim, a legislação pioneira a contar com esse instrumento de planejamento ambiental, e implicando na realização sistemática de uma AIA como atividade obrigatória, a ser realizada antes da tomada de certas decisões que possam acarretar consequências ambientais negativas.

No Brasil, a AIA foi instituída através da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei Nº 6.938 de 1981, que aponta a AIA como um de seus instrumentos e apresenta, pela primeira vez, o termo dentro do ordenamento jurídico brasileiro (BRASIL, 1981). A Resolução CONAMA Nº 001 de 1986, por sua vez, regulamenta a utilização da AIA, descrevendo suas fases. Para Chadwick; Glasson e Therivel (2005), em sua essência, a AIA é um processo sistemático que examina previamente as consequências ambientais de determinadas ações. Segundo a *International Association for Impact Assessment* (IAIA), a AIA consiste em um processo de identificar as consequências futuras de uma ação presente ou proposta. Viana (2007), por sua vez, diz tratar-se igualmente, de um instrumento do processo de planejamento e de tomada de decisão, seja no âmbito governamental, seja na iniciativa privada.

As principais etapas do processo da AIA, segundo Sánchez (2006), são:

- Apresentação da Proposta: consiste em submeter determinada iniciativa a uma instância decisória, podendo ser ela pública ou privada;
- Triagem: segundo o autor, é nela que se selecionam, dentre as inúmeras ações humanas, aquelas que tenham um potencial de causar alterações ambientais significativas;
- Determinação do Escopo do Estudo de Impacto Ambiental: nesta etapa, além da definição do tipo de estudo necessário, definem-se os temas

abordados, bem como sua abrangência. Em que pese, é em função dos impactos que podem decorrer de cada empreendimento que deve ser definido um plano de trabalho para a realização dos estudos, que uma vez concluídos, mostrarão como se manifestarão esses impactos, sua magnitude ou intensidade e os meios disponíveis para mitiga-los ou compensá-los. ;

- Elaboração do Estudo Ambiental: É a atividade central do processo de AIA, que normalmente consome mais tempo e recurso e, estabelece as bases para análise da viabilidade ambiental do empreendimento;
- Análise Técnica do Estudo Ambiental: Nesta etapa, os estudos devem ser analisados por uma terceira parte, normalmente a equipe técnica do órgão ambiental encarregado de autorizar o empreendimento ou atividade;
- Consulta Pública: O processo de AIA compreende mecanismos formais de consulta aos interessados. Há diferentes procedimentos de consulta, dos quais a audiência pública é um dos mais conhecidos, dentro de um processo de licenciamento ambiental;
- Decisão: Em linhas gerais, a decisão final pode caber à autoridade ambiental, à autoridade da área de tutela, ou ao governo, pode ser ainda tomada de forma colegiada;
- Acompanhamento: Momento no qual se buscam mecanismos para garantir o pleno cumprimento de todos os compromissos assumidos ao longo do processo pelo proponente das ações em avaliação.

Dentro do sistema de AIA adotado no Brasil, destaca-se o processo de licenciamento ambiental, uma vez que nele é desenvolvida a maior parte das etapas descritas por Sánchez (2006).

2.1.1 Licenciamento Ambiental no Brasil

De acordo com Brasil (1997), o licenciamento ambiental consiste em um processo administrativo, norteado por um conjunto de regras instituídas pelo poder público para orientar a elaboração e avaliação de estudos ambientais, com vistas à obtenção de licenças ambientais, quer seja prévia, de instalação, operação ou

renovação de alguma destas. Representa importante etapa do processo de AIA, uma vez que traz a este um regramento jurídico.

A Constituição Federal de 1988 em seu art. 225, primeiro parágrafo, inciso IV, regulamenta que é papel do Poder Público exigir, na forma da lei, estudo prévio de impacto ambiental para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente (BRASIL, 1988). Segundo Brasil (1997), o licenciamento ambiental é um procedimento administrativo, pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso. Araújo (2002), por sua vez, entende que o licenciamento ambiental é um instrumento de caráter preventivo, destinado à execução dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, notadamente o de compatibilizar o desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico.

Anteriormente à Constituição Federal de 1988, dentre os importantes marcos legais dos direitos e deveres na área ambiental merece destaque a Lei Nº 6.803 de 1980, conhecida como Lei de Zoneamento Industrial nas áreas críticas de poluição. Esta lei traz, em seu texto, que o estudo de impacto deve oferecer alternativas e deve apontar razões de confiabilidade da solução a ser adotada (BRASIL, 1980).

Ainda pode-se citar a Lei Nº 6.938 de 1981, conhecida como Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que em seu capítulo 9, aponta a necessidade de avaliação de impactos ambientais, além da obrigatoriedade do licenciamento e a revisão de atividades, efetiva ou potencialmente poluidoras, existentes até então, apenas na legislação de alguns estados (BRASIL, 1981).

Além das leis citadas, podemos destacar ainda o Decreto Nº 88.351, que regulamenta a PNMA e vincula sua utilização aos sistemas de licenciamento de atividades poluidoras ou modificadoras do meio ambiente (BRASIL, 1983).

De acordo com Milaré (2016), dada a relevância que o legislador atribuiu à proteção ambiental, cada um dos entes federativos, incluindo União, Estados, Municípios e Distrito Federal, têm a faculdade de fiscalizar e conformar as atividades

modificadoras do meio ambiente, mediante diversos instrumentos, dentre os quais se destaca o licenciamento ambiental.

De acordo com Milaré (2016), o licenciamento ambiental ocupa lugar de relevo, uma vez que as licenças são requeridas como condicionantes para a prática de atos que, não observadas às respectivas cláusulas, podem gerar ilícitos ou efeitos imputáveis.

2.1.2 Impacto Ambiental e Aspecto Ambiental

Impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetam (BRASIL, 1986):

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

Já segundo ABNT (2015), impacto ambiental é qualquer modificação no meio ambiente, adversa ou benéfica, total ou resultante, dos aspectos ambientais da organização.

Aspectos ambientais, por sua vez, são definidos pela ABNT (2015), como elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que pode interagir com o meio ambiente. Já Sánchez (2006), salienta que aspecto ambiental pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação humana causa um impacto ambiental.

Estas definições são amplamente encontradas em estudos ambientais, em que se pese sua importância, uma vez que se faz necessária a identificação prévia dos aspectos para que se possa buscar mitigar/remediar/potencializar os impactos. Desta forma, para que estejam claros tais conceitos, destaca-se, por exemplo, a ação de suprimir vegetação nativa é o aspecto ambiental, ao passo que um dos impactos vinculados a esse aspecto é a perda de indivíduos (plantas) de espécies nativas de flora.

Outro exemplo característico, que auxilia na distinção entre aspecto ambiental e impacto ambiental, diz respeito ao lançamento de efluentes, tratados ou não, em um corpo hídrico. Neste caso, o ato de lançar o efluente neste corpo receptor é um aspecto ambiental, do qual decorrem dentro outros impactos, a alteração da qualidade de água no referido recurso hídrico.

2.1.3 Ferramentas de Avaliação de Impacto Ambiental

As ferramentas da AIA difundidas são diversas, no entanto, existem aquelas que merecem destaque no Brasil, devido a sua ampla utilização. Segundo Sánchez (2006), o EIA é o documento mais importante de todo o processo de AIA. Ainda segundo o autor, há atualmente no país, diversos tipos de estudos ambientais que podem compor o processo de AIA, como por exemplo, o plano de controle ambiental (PCA), o relatório de controle ambiental (RCA), o relatório ambiental preliminar (RAP), o projeto básico ambiental (PBA) e o plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD). Existem ainda, outros tipos de estudos que são utilizados como importantes ferramentas no processo de AIA, como o estudo ambiental simplificado (EAS), dentre outros, variando suas nomenclaturas e funções, à medida que mudam os órgãos ambientais.

Para Moreira (1985), as ferramentas de AIA são mecanismos estruturados para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre os impactos ambientais de uma proposta, incluindo os meios para a apresentação escrita e visual dessas informações.

2.1.4 Ferramentas de Análise de Impacto Ambiental

Inseridos nos estudos ambientais, como o EIA, encontram-se capítulos destinados à análise dos impactos ambientais relacionados ao empreendimento ou atividade.

De acordo com Sánchez (2006), a análise de impacto ambiental se dá através da identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (adversos e benéficos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazo, temporários e

permanentes; seu grau de reversibilidade, suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

Para uma adequada análise de impactos ambientais, é fundamental a definição da ferramenta mais apropriada, do contrário, não haverá a melhor compatibilidade técnica-ambiental entre empreendimento e ambiente. Sánchez (2006) divide o processo de análise de impactos em três fases distintas. A primeira consiste na identificação dos impactos, na qual deverá ser feita a enumeração das prováveis consequências futuras de uma ação, sendo para tanto, justificada e fundamentada. A etapa seguinte é a previsão dos impactos, a qual deve ser entendida como uma hipótese, também fundamentada e justificada, se possível quantitativa, sobre o comportamento futuro de alguns parâmetros, denominados indicadores ambientais, indicando a magnitude ou intensidade das modificações ambientais. A terceira etapa é a avaliação de impactos, que não deve ser confundida com a prática da AIA, que consiste em um processo mais amplo. A avaliação de impactos discorre sobre a importância ou significância das modificações ambientais, apresentando para tal, uma subjetividade muito maior do que a previsão, que busca dados quantitativos.

Para Sánchez (2006), há diversos tipos de ferramentas utilizáveis para auxiliar uma equipe na tarefa de identificar os impactos ambientais. Tais ferramentas foram desenvolvidas para facilitar o trabalho dos analistas, mas não se trata de “pacotes” acabados. Na verdade, são métodos de trabalho cuja aplicação demanda: um razoável domínio dos conceitos subjacentes; uma compreensão detalhada do projeto analisado e de todos os seus componentes; além de um razoável entendimento da dinâmica socioambiental do local ou região potencialmente afetada.

As técnicas de previsão de impacto, também chamadas técnicas de AIA, são métodos formais pré-definidos, usados para medir as condições futuras dos fatores e parâmetros ambientais específicos, por exemplo, os modelos matemáticos analíticos, de dispersão de poluentes, os modelos físicos em escala reduzida, as análises estatísticas de séries temporais, os cálculos de balanço de massa, as técnicas de avaliação de paisagem, etc. (MOREIRA, 1995).

É evidente que as três etapas descritas por Sánchez (2006) são igualmente importantes, mas não restam dúvidas de que a identificação dos impactos, que consiste na primeira etapa, possui uma grande relevância, uma vez que é a partir dos impactos previamente identificados que as demais etapas irão se desenvolver.

De acordo com Sánchez (2006), uma formulação de hipóteses identificando prováveis modificações ambientais, quer sejam de forma direta ou indireta, e a prévia identificação das causas, através da análise das ações ou atividades humanas, consiste em etapas iniciais fundamentais para o sucesso da identificação, e consequentemente, das demais etapas. Ainda de acordo com o autor, existe uma série de metodologias amplamente empregadas para realizar a identificação dos impactos, dentre as quais pode-se citar como as mais comumente utilizadas:

- Listas de Verificação: são instrumentos bem práticos, de simples utilização. Há diferentes tipos de listas, algumas arrolam os impactos mais comuns associados a certos tipos de empreendimentos. No entanto, trata-se de listas genéricas, não voltadas para uma determinada categoria de projetos (SÁNCHEZ, 2006). Na prática, tais listas estão cada vez mais em desuso, uma vez que não são raras as oportunidades em que grandes ajustes são necessários, principalmente pelas características do empreendimento e local onde se pretende instalá-lo.
- Matrizes: apesar de o nome sugerir um operador matemático, as matrizes de identificação de impactos têm esse nome somente devido à sua forma. Na verdade, uma matriz é composta de duas listas, dispostas na forma de linhas e colunas. O objetivo é identificar as interações possíveis entre os componentes do projeto e os elementos do meio. Uma das críticas mais usuais às matrizes é que representam o meio ambiente como um conjunto de compartimentos que não se inter-relacionam (SÁNCHEZ, 2006);
- Diagramas de Interação: outro método para identificar impactos é empregar o raciocínio lógico-dedutivo, no qual, a partir de uma ação, inferem-se seus possíveis impactos ambientais, através de rede de interação de causa e efeito. Uma limitação das redes de interação é sua capacidade restrita de representar adequadamente sistemas complexos, caracterizados por relações não lineares de causalidade e retroalimentações múltiplas (SÁNCHEZ, 2006).

A previsão de impacto, segunda etapa da análise de impactos de um estudo ambiental, pode ser descrita basicamente em cinco passos (SÁNCHEZ, 2006):

1. Escolha de Indicadores: neste ponto é tomada a decisão a respeito do que prever, selecionando os indicadores que serão empregados para realizar o prognóstico.
2. Determinar como fazer a previsão: definir materiais e métodos e justificar as razões da escolha.
3. Calibração e validação do método: é um procedimento necessário quando se emprega um modelo desenvolvido para outra situação, cuja validade para uso diferente precisa ser analisada. Também se faz necessário observar que na prática, a modelagem de sistemas dinâmicos necessita frequentemente passar pela etapa de calibração do modelo, utilizando, ou não, modelo específico para situação a em análise.
4. Aplicação do método e obtenção do resultado: significa fazer as previsões propriamente ditas.
5. Análise e interpretação: Etapa de interpretação dos resultados dentro do contexto da AIA em curso.

Para alcançar uma previsão mais adequada de impactos, algumas técnicas podem ser aplicadas, como por exemplo, a utilização de modelos matemáticos, a comparação e a extração de cenários, experimentos de laboratório e campo, simulações e modelos análogos, podendo ser físicos ou digitais, o julgamento dos especialistas, que deve estar presente em cada uma das etapas do estudo (SÁNCHEZ, 2006).

A etapa de avaliação dos impactos, conta com um elevado grau de subjetividade, por isso, é fundamental a presença de uma equipe multidisciplinar que estará baseando sua avaliação nos resultados das etapas anteriores e na sua experiência. O auxílio de algumas ferramentas poderá trazer à subjetividade critérios orientadores, sem, no entanto, substituir a visão do técnico.

Existem ainda, diversos outros métodos, técnicas e ferramentas empregadas em cada uma das três etapas do processo de análise de impacto ambiental, das quais pode-se citar: as técnicas de sobreposição de temas em um ambiente computacional utilizando técnicas de Sistema de Informações Geográficas (SIG), obtendo como resultado mapeamentos temáticos, que são de grande valia na avaliação de impactos, ou ainda a utilização de métodos de ponderação que objetivam auxiliar na

diferenciação da magnitude e importância de cada um dos impactos avaliados (SÁNCHEZ, 2006).

Cabe salientar que estas técnicas têm aplicações específicas, não devendo ser utilizadas de forma isolada na avaliação do empreendimento, sendo para tanto fundamental a interação de todas as etapas realizadas ao longo dos estudos ambientais.

2.1.5 Estudo de Impacto Ambiental - EIA

O EIA consiste na mais robusta ferramenta dentro do processo de AIA. Segundo CETESB (2014), o EIA destina-se a avaliar sistematicamente as consequências consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente, bem como propor medidas mitigadoras e/ou compensatórias com vistas à sua implantação.

O EIA foi introduzido no ordenamento jurídico brasileiro, ainda que timidamente, pela Lei Nº 6.803, de 1980. Ela estabelece diretrizes federais para o zoneamento industrial em áreas críticas de poluição e que, em seu art. 10, torna obrigatória a apresentação de “estudos especiais de alternativas e de avaliações de impacto” para a localização de pólos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos e instalações nucleares (ARAÚJO, 2002).

No ano de 1986, com o objetivo de viabilizar a AIA, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) publicou na Resolução Nº 001 de 1986, em seu art. Nº 2, que depende de elaboração de EIA e respectivo RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão ambiental competente, uma série de atividades modificadoras do meio ambiente (BRASIL, 1986).

Como complemento, a Resolução CONAMA Nº 237 de 1997 traz que um EIA deve contemplar minimamente as seguintes atividades: diagnóstico ambiental considerando meios físico, biótico e socioeconômico; análise dos impactos ambientais do projeto e suas alternativas; definição de medidas mitigadoras dos impactos negativos; além da elaboração de programas de monitoramento.

Destaca-se, dentre os temas, o diagnóstico ambiental que fornecerá a base para o conhecimento das condições socioambientais atuais, das regiões que poderão ser atingidas pela implantação de uma determinada proposta (projeto, programa,

plano ou política), e a análise de impactos, que consiste em um exame prévio e sistemático dos potenciais impactos ambientais gerados, de forma a identificar as consequências futuras da implantação da proposta, subsidiando as conclusões sobre a sua viabilidade ambiental (BRASIL, 1997).

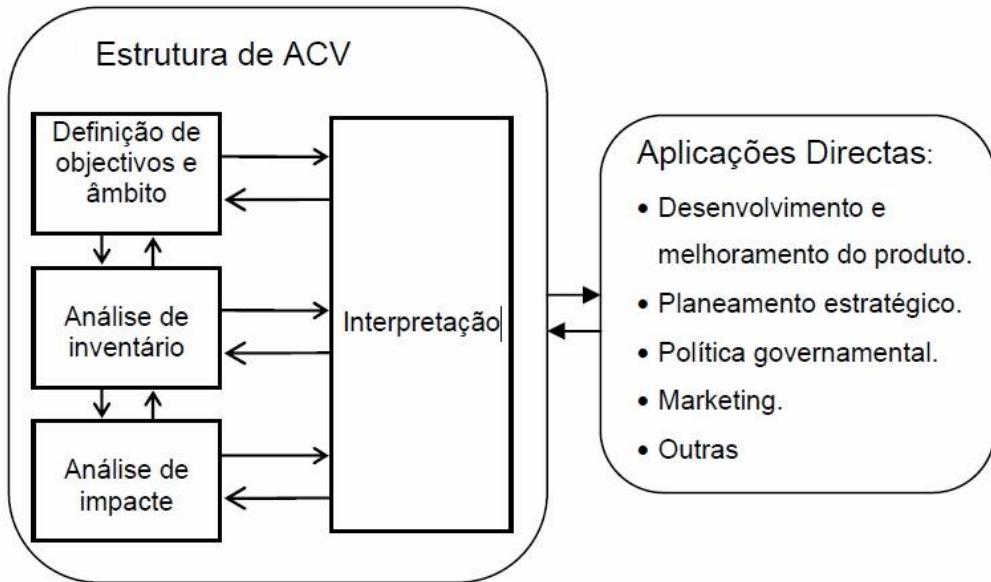
2.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

ACV é uma metodologia que aborda os aspectos ambientais e potenciais impactos (como por exemplo, a utilização de recursos e as consequências ambientais dos lançamentos oriundos dessa utilização) ao longo da vida de um produto, contemplando: extração de matérias-primas, produção, uso, disposição final e reciclagem (devido a isto, é uma abordagem comumente chamada de “*do berço ao túmulo*”) (ABNT, 2006; MANUILOVA; SUEBSIRI; WILSON, 2009). De acordo com USEPA (2016), ACV é uma ferramenta que pode ser usada para avaliar os potenciais impactos ambientais de um produto, material, processo ou atividade. A ACV é um método abrangente para avaliar uma série de impactos ambientais em todo o ciclo de vida de um sistema de produto, desde a aquisição de materiais para a fabricação, uso, até a disposição final.

De acordo com Mourad et al. (2002), a ACV é um instrumento que permite uma contabilização ambiental, onde se considera a retirada dos recursos naturais e da energia do ambiente, assim como a “devolução” destes para o mesmo ambiente (que seriam as emissões). Além disso, no âmbito da metodologia, a avaliação dos impactos ambientais potenciais relativos às entradas e saídas do sistema também são contemplados.

Ainda, segundo a norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2006), a metodologia da ACV é estruturada contemplando: definição dos objetivos e escopo; análise do inventário do ciclo de vida (ICV); avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV) e interpretação de resultados (ABNT, 2006) (Figura 1).

Figura 1 - Fase de uma Análise do Ciclo de Vida



Fonte: ISO 14.040 (1997).

A ACV é uma ferramenta que tem como uma de suas funções a avaliação de potenciais impactos ambientais, mas que no Brasil, não vem sendo empregada em processos de licenciamento ambiental. Esta ferramenta surgiu da necessidade de se estabelecer uma metodologia que facilitasse a análise e os impactos ambientais decorrentes das atividades de uma empresa, incluindo seus produtos e processos. A partir dessa metodologia, pode-se verificar que a prevenção à poluição se torna mais racional, econômica e efetiva, do que uma ação na direção dos efeitos gerados (FRANCO; HINZ; VALENTINA, 2006).

Chehebe (2002) ressalta que, as normas ISO definem requisitos gerais para a condução de estudos de ACV e, estabelecem critérios para a divulgação de seus resultados. O propósito dessas normas é oferecer às empresas, ferramentas para a tomada de decisão, assim como a avaliação de alternativas sobre métodos de manufatura. Elas também podem ser utilizadas para dar apoio às declarações de rótulos ambientais ou para selecionar indicadores ambientais.

Chehebe (2002) explica que, na primeira fase da ACV, que consiste em definição do objetivo e escopo, é determinada a razão principal para a condução do estudo, sua abrangência e limites, a unidade funcional, a metodologia e os procedimentos considerados necessários para a garantia da qualidade do estudo e que deverão ser adotados. Já na segunda etapa, que se trata da ICV, é onde se coleta

e quantificam todas as variáveis, incluindo matéria-prima, energia, transporte, emissões para o ar, efluentes, resíduos sólidos, etc., envolvidas durante o ciclo de vida de um produto (análise horizontal), processo ou atividade (análise vertical). Já a terceira etapa, AICV, representa um processo qualitativo/quantitativo de entendimento e avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais baseado nos resultados obtidos na análise do inventário. O nível de detalhe, escolha dos impactos a serem avaliados e a metodologia utilizada dependem do objetivo e do escopo do estudo. O autor apresenta ainda a quarta etapa, que consiste na identificação e análise dos resultados obtidos nas fases de ICV e/ou AICV de acordo com o objetivo e o escopo previamente definidos para o estudo. Os resultados dessa fase podem tomar a forma de conclusões e recomendações aos tomadores de decisão.

2.2.1 ACV Completa e ACV Simplificada

A ACV é uma técnica de gestão ambiental que possibilita mitigar os impactos ambientais causados por produtos e por cadeias de produtos. Sua forma completa geralmente é muito onerosa financeiramente, demorada e requer muitos dados dos sistemas analisados. Por outro lado, existem metodologias simplificadas para condução de trabalhos envolvendo ACV que são mais baratas, mais rápidas de serem desenvolvidas e necessitam de menos dados dos sistemas, podendo servir como complemento para uma ACV completa ou, dependendo dos objetivos da avaliação pretendida, podem também serem substitutas de ACV mais robustas (ALVARENGA; QUEIROZ; RENOFIO, 2012).

Enquanto a ACV completa pode consumir uma grande quantidade de tempo e recursos (muitas vezes desnecessários para um dado objetivo), a ACV simplificada pode ser utilizada para atingir adequadamente determinados objetivos (HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003, ŽIDONIENĖ E KRUOPIENĖ, 2015). De acordo com Wenzel (1998), uma ACV simplificada é como uma variedade menos complexa de uma ACV detalhada, conduzida de acordo com guias de execução, mas não em total consonância com os padrões das normas da série ISO relacionadas ao estudo de uma ACV. Ao se aprofundar nos estudos desta metodologia, constata-se que há possibilidade de se trabalhar com três diferentes tipos de ACV Simplificada, sendo estas: qualitativas, quantitativas e semi-quantitativas.

2.3 ACV COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL PÚBLICA

A forma como é estruturada a ACV, permite vislumbrar sua aplicação em diversos campos, dentre os quais pode-se destacar seu emprego como ferramenta de apoio em algumas áreas da gestão ambiental pública.

A Resolução CONAMA Nº 237 de 1997 prevê o estabelecimento de critérios para dar celeridade e simplificar os procedimentos de licenciamento ambiental das atividades e empreendimentos que implementem planos e programas voluntários de gestão ambiental, visando à melhoria contínua e o aprimoramento do desempenho ambiental (BRASIL, 1986).

Segundo pesquisa realizada por Coelho Filho, Saccaro Junior e Luedemann (2015), a ACV é uma metodologia com reconhecimento internacional, que pode instruir as políticas públicas de produção e consumo sustentável, e promover eficiência produtiva. No Brasil, ainda que recente, tem se tornado conhecida, inclusive fazendo parte de agendas públicas e privadas para tomada de decisão. O Programa Brasileiro de ACV é coordenado pelo governo, a CNI já publicou material sobre o tema para orientar as empresas. O SENAI já faz ACV para as empresas. No setor privado, existe uma rede de empresas que discutem e utilizam ACV.

Para Wardenaar et al. (2012), a ACV desempenha um papel importante no apoio para tomada de decisão de políticas, como por exemplo, seu uso como a principal ferramenta para avaliar reduções de impacto de sistemas de produção de energia, alternativa considerando como parâmetro de comparação a emissões de gases causadores do efeito estufa (GEE), ou na obtenção de dados para determinar metas de redução, implantadas através de mecanismos legais em diversos países.

Na superação dos atuais desafios ambientais e econômicos mundiais, se faz cada vez mais importante, a busca de instrumentos de planejamento ambiental que possam inserir a sustentabilidade ambiental na fase de planejamento e formação de políticas, planos e projetos dos setores público e privado. A ACV mostra-se uma ferramenta de especial interesse neste sentido (COELHO FILHO; SACCARO JUNIOR; LUEDEMANN, 2015).

A aplicação da ACV colabora para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, sendo utilizada como ferramenta de apoio à decisão, no que se referem a equipamentos, técnicas e recursos a adotar. As informações recolhidas na ACV, os

resultados da sua análise e interpretações podem ser úteis para tomadas de decisão, as quais são importantes no planejamento estratégico das atividades das organizações. Tal abordagem pode ser feita para avaliação de impactos ambientais (SPI, 2005).

Desta forma, o emprego de técnicas de gestão ambiental, como ACV, pode ser incorporado ao planejamento estratégico ambiental, tanto nas esferas governamentais quanto não governamentais, atuando como ferramenta para auxiliar na tomada de decisões ao longo do seu desenvolvimento e controle de metas. Seu uso pode ainda ser considerado como balizador na elaboração de legislações ambientais, trazendo ao legislador o embasamento necessário para fixar metas a curto, médio e longo prazo. Dentro da elaboração de políticas públicas, a ACV é frequentemente realizada com a intenção de proporcionar informações adicionais, sobre as quais se basearão as decisões sobre políticas. Na União Europeia (EU), foi concluído que a ACV fornece a melhor estrutura disponível para avaliar os potenciais impactos ambientais de produtos, e isso pode ser extrapolado também para processos e políticas públicas (SEIDEL, 2016).

No Brasil, estão sendo dados os primeiros passos no sentido de incorporar ferramentas de avaliação de desempenho no apoio à tomada de decisões estratégicas. Um exemplo disto é que o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) vem incorporando aos seus editais, ainda que de forma incipiente, a obrigatoriedade do uso de ferramentas de avaliação de desempenho ambiental, como a ACV, em suas obras, permitindo que ajustes sejam feitos ao longo das atividades e em empreendimentos futuros.

2.4 USO DA ACV NA AIA

2.4.1 Lacunas no Processo de AIA

A forma como é concebido o sistema de licenciamento ambiental praticado pelos Municípios, Estados e União, ainda que fundamentais para o controle e redução dos impactos socioambientais oriundos da implantação e operação de empreendimentos, possui algumas lacunas. Uma destas lacunas fica evidente nos estudos ambientais utilizados como ferramentas na AIA.

A prática nos estudos tem seu foco voltado à interação entre o meio socioambiental e o empreendimento avaliado, ignorando, na maioria das vezes, os impactos oriundos dos processos e matérias-primas utilizadas para viabilizar a implantação do objeto do licenciamento.

Um exemplo desta situação, muito comum no contexto do licenciamento ambiental, ocorre quando um dado empreendimento, passando por um processo de licenciamento ambiental, apresenta suas alternativas locacionais, através das quais esta se buscando a localização menos impactante para o mesmo. Na avaliação destas alternativas aquela que apresenta um menor impacto sobre os meios biótico e socioeconômico, costuma ser indicada como mais viável socioambientalmente, mesmo que a alternativa em questão possua uma extensão significativamente maior que as demais. Isso ocorre porque dentro do contexto do licenciamento ambiental atual, prioriza-se a análise daqueles impactos inseridos dentro das áreas de influência, ou seja, nas proximidades do empreendimento, em consonância com as indicações da Resolução CONAMA nº 001/86.

Essa abordagem, por sua vez, desconsidera impactos alocados fora dos limites destas áreas de influência, implicando que impactos ambientais oriundos da fabricação de aço e/ou outras ligas metálicas, a energia necessária para construção e transporte, ou até mesmo a destinação final que será dada a essas estruturas quando findarem sua vida útil, não sejam considerados no estudo e, consequentemente, na análise.

As emissões, o consumo de matérias-primas renováveis e não renováveis e os demais impactos ambientais, alocados fora do foco dos estudos ambientais que compõe a AIA são tratados como externalidades, não sendo abarcadas no escopo de estudos. A AIA tem como sua principal ferramenta os estudos ambientais, que consistem em procedimentos para avaliar os potenciais impactos positivos e negativos de um projeto futuro. Um dos pontos fracos destes estudos é a sua incapacidade em identificar, global e regionalmente, efeitos ambientais ao longo do ciclo de vida destes projetos (MANUILOVA; SUEBSIRI; WILSON, 2009).

De acordo com Wärnbäck e Hilding-rydevik (2009), ao longo dos anos de uso, diversas foram as melhorias na ferramenta, no entanto, também foram identificados pontos críticos, comumente associados à:

- Ausência ou baixa qualidade da informação crítica que entrega;
- Excesso de dados irrelevantes;
- Incapacidade de identificar alternativas de localização e alternativas tecnológicas para os projetos propostos;
- Conhecimento específico e experiência questionável de especialistas envolvidos;
- Falta de inclusão e/ou de desenvolvimento de medidas mitigadoras/potencializadoras e/ou compensatórias;
- Falta de consideração global da análise de impacto cumulativo.

Se tais pontos críticos fossem melhor trabalhados ao longo da AIA, os impactos associados a cada uma das alternativas poderiam seriam diferentes, podendo até mesmo apontar outra alternativa como a mais viável socioambientalmente. Em casos como esses, a utilização da ACV, poderá figurar como uma importante ferramenta dentro do processo de licenciamento ambiental.

Desta forma, quando a Resolução CONAMA Nº 001 de 1986 define que a bacia hidrográfica deverá ser o limite da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, ela está, na verdade, impondo um limite territorial que fica aquém dos limites dos impactos de diversos projetos. A concepção empregada na ACV, considerando impactos “do berço ao túmulo”, poderá se adequar mais facilmente aos projetos que apresentem impactos além de suas bacias hidrográficas.

Para ilustrar tal informação, segundo Huang, Weber e Matthews (2009), em média, mais de 75% das emissões de uma indústria ocorrem de forma indireta, quer seja na obtenção da matéria-prima, no uso ou descarte final de algum de seus produtos ou subprodutos. Como exemplo podemos citar o caso da Mondelēz, grande empresa do setor alimentício, na qual, cerca de 55% e 95% de emissões totais de GEE e consumo de água, respectivamente, ocorreram durante a fase de obtenção de matérias-primas (UNEP, 2014).

2.4.2 Limitações da metodologia de ACV

A utilização da ACV, como ferramenta de avaliação de impacto, assim como as demais técnicas empregadas, traz suas incertezas, inerente a qualquer processo de tomada de decisão. Desta forma, para que os devidos cuidados sejam tomados, é

necessário conhecer de antemão as fraquezas características da ACV, e entender que por se tratarem de características da ferramenta, tais fraquezas se manifestarão em quaisquer que sejam os campos de sua aplicação, inclusive como ferramenta de apoio à AIA.

Segundo Finnveden et al. (2009) e Reckmann, Traulsen e Krieter (2012) apud Cherubini (2015), uma das principais dificuldades apontada na comparação de resultados de uma ACV está na incerteza gerada pela natureza dos dados que restringem as conclusões de um estudo; no uso de uma ou de diferentes categorias de impacto que pode mascarar uma visão mais ampla do impacto ambiental de um produto (ex. esconder *trade-offs*); e, nas escolhas metodológicas e os pressupostos assumidos que são subjetivos, como por exemplo, dependendo das escolhas do especialista em ACV, a comparação pode ser prejudicada. Ainda, a comparação de estudos é limitada pelas diferentes interpretações que a norma permite.

Para Giannetti e Almeida (2006), a característica abrangente da ACV, que se propõe analisar todos os fluxos de material e energia do ciclo de vida de um produto, é também sua maior limitação. Sempre será necessário simplificar alguns aspectos. Além disso, uma ACV é a representação de um determinado momento e não fornece uma visão dinâmica do sistema em estudo, referindo-se apenas a potenciais impactos (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006).

De acordo com Huijbregts et al. (2003) e Lloyd e Ries (2007) apud Cherubini (2015), as incertezas na ACV podem ser classificadas em três grupos: (i) incertezas nos parâmetros que dizem respeito aos valores de entrada (erros de medição, variabilidade e ou escassez de dados); (ii) incertezas do cenário, que se referem às escolhas na definição e modelagem dos cenários (inclui escolhas metodológicas); e, (iii) incertezas do modelo, que se devem aos modelos matemáticos usados na tentativa de expressar a realidade (ex. fatores de emissão, métodos de AICV).

2.4.3 Uso de ACV como Ferramenta de Apoio à AIA

De acordo com Manuilova; Suebsiri e Wilson (2009), fundamentalmente, os procedimentos de AIA têm inúmeras deficiências, tais como: (1) a análise ambiental é limitada a um projeto específico; (2) apenas impactos locais estão sendo considerados, e (3) os efeitos regionais e globais ou efeitos ao longo do ciclo de vida

não podem ser facilmente tratados. Enquanto a primeira fraqueza pode ser minimizada através de estudos mais holísticos, como a Avaliação Ambiental Estratégica, a segunda e a terceira fraqueza podem ser minimizadas através de ACV. Esta permite a inclusão de todas as atividades à montante e à jusante do projeto em estudo, assim, tendo em conta todos os impactos ambientais ao longo de um ciclo de vida do projeto. Como não há uma metodologia ambiental específica de análise de impacto desenvolvida para as ferramentas de AIA, os profissionais que atuam nesta área buscam utilizar os melhores métodos disponíveis, a sua própria perícia e julgamento para estimar os impactos ambientais do projeto.

Segundo Guinée (1992), a ACV foi inicialmente desenvolvida para suportar a tomada de decisões nas áreas de ecodesign e ecorotulagem, no entanto é possível ampliar seu objeto de análise, examinando sistemas de nível médio, como por exemplo, municípios. Esta ideia foi reforçada por Loiseau, Junqua e Bellon-maurel (2012), que mostrou a supremacia da ACV em comparação com outras ferramentas e métodos para realizar a avaliação ambiental de um território inteiro (isto é, desde municípios a pequenas regiões). Tukker (1999) usa como exemplo da interação que deve haver entre EIA e ACV na comparação entre dois sistemas de purificação de água. O autor comenta que em um EIA se faria, obviamente, discussão a respeito da eficácia da remoção de componentes nocivos, a partir de águas residuais e as respectivas repercussões na qualidade das águas da bacia. No entanto, ao se realizar a ACV dos dois sistemas de purificação, para avaliar os efeitos indiretos relacionados com a utilização de materiais auxiliares, uso de eletricidade e produção de resíduos, os cenários analisados podem gerar interpretações diferentes sobre qual causaria menor impacto ambiental. Ainda segundo Tukker (1999), um melhoramento no que diz respeito a um tipo de problema ambiental em um local específico, não deve ignorar que tal benefício foi obtido à custa da deterioração do ambiente em outros locais, em outros períodos ou em outras categorias de impacto. Tão pouco se pode ignorar que a adoção de determinada tecnologia, material ou método, que trará um ganho ambiental local, poderá significar também em uma alteração em locais de extração de matéria-prima ou de produção, que acarretará em perdas ambientais nesses locais. Essa perspectiva passa a ser abordada com o emprego da ACV, como ferramenta auxiliar na análise de impacto ambiental de um determinado estudo ambiental. Para uma comparação justa entre alternativas, o conjunto completo de impactos deve ser analisado, bem como todos os processos causadores de efeitos que são relevantes

na comparação, incluindo aqueles em outros locais e em outros elos da cadeia, e isso é obtido através da ACV (TUKKER, 1999).

Tukker (1999) menciona alguns estudos onde a metodologia de ACV foi empregada como ferramenta auxiliar em um EIA. Dentre os exemplos apresentados, pode-se destacar um EIA de plano de gestão da prevenção e reutilização de resíduos, onde havia a necessidade de se optar pelo tratamento final de determinados resíduos que poderiam ser incinerados ou separados/fermentados, e a ACV foi usada para comparar os benefícios ambientais das duas alternativas para resíduos domésticos e resíduos industriais.

De acordo com estudo de caso realizado por Moreno, Rodriguez e Campanella (2015), onde se buscava a melhor metodologia para melhoramento de biogás, a utilização da ACV para determinar o melhor solvente para o processo de melhoramento, permitiu que o EIA fosse feito com o devido embasamento, avaliando os impactos inerentes ao melhor solvente, atendendo às prerrogativas legais.

Conforme exposto por Cornejo (2005), quando apenas métricas do EIA são consideradas, como em uma abordagem convencional, a avaliação limita-se a uma análise das emissões da planta industrial e seus efeitos sobre o meio receptor direto. No entanto, quando métricas de EIA são combinadas com métricas de ACV, uma comparação mais completa das alternativas de projeto pode ser executada. Os resultados obtidos por ele indicam que, métricas convencionais de EIA podem ser efetivamente combinadas com métricas de ACV, usando uma metodologia de decisão multicritério.

Alguns autores realizaram estudos de caso avaliando o mesmo projeto através das duas ferramentas, proporcionando uma melhor avaliação de suas complementariedades. Neste sentido, Larrey-Lassalle et al. (2017), através de realização de dois estudos de caso de dois sistemas de tratamento de águas residuárias, apontou quatro pontos dos estudos ambientais em que a aplicação da ACV poderia ser benéfica: comparação de alternativas; identificação preliminar de impactos; análise de impactos; impacto das medidas mitigadoras.

Segundo os autores, nos EIA's avaliados em seus estudos de caso, a comparação de alternativas, que foi feita de acordo com critérios técnicos e pressões sociais, apresentaram como resultado para o estudo 1, filtros de cama de juncos foram selecionados, enquanto o processo de lodo ativado foi preferido para o estudo de caso

2. Após a aplicação de ACV aos dados dos EIA's, tivemos como alternativa menos impactante, os filtros de palheta verticais, para o estudo 1, enquanto o estudo 2 apresentou filtros verticais de juncos e as lagoas artificialmente aeradas como a melhor opção ambiental. Como pôde ser observado, as alternativas entre EIA e ACV apresentaram resultados diferentes.

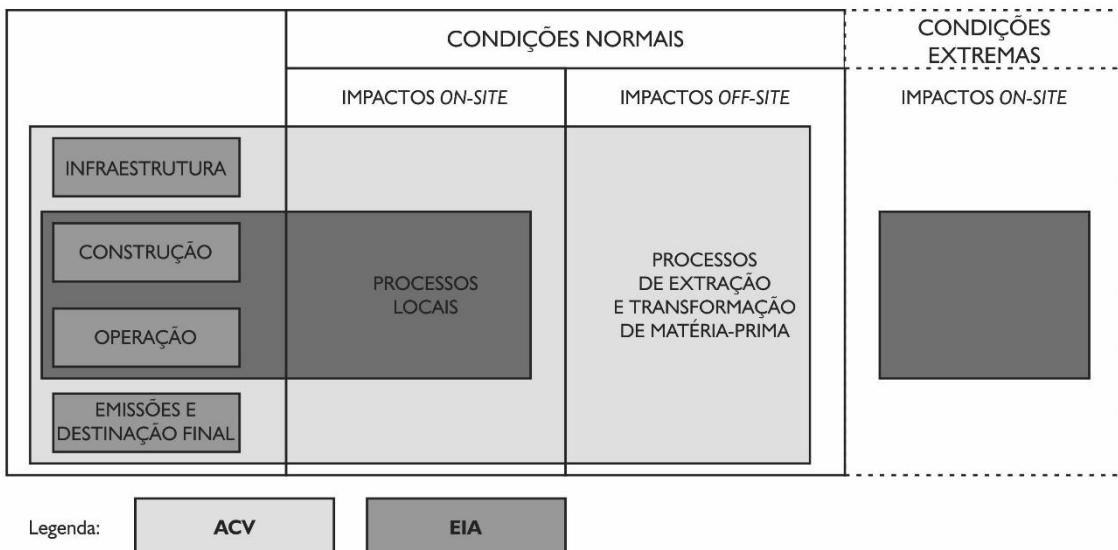
Na identificação preliminar de impactos, os EIA's estabeleceram limites espaciais e temporais, mas a seleção de preocupações ambientais foi principalmente implícita e baseada em consultores especializados. Quando aplicada a ACV expande os limites convencionais do sistema EIA para todo o ciclo de vida dos empreendimentos. Isso permite contabilizar e analisar um conjunto mais amplo de impactos (em particular os impactos globais), o que é de grande interesse para a etapa do escopo.

No que diz respeito à análise de impactos nos EIA's, não foram considerados impactos devido a eventos climáticos extremos. As questões identificadas de grande preocupação para ambos os estudos de caso são o impacto de alteração no uso e ocupação do solo, que ocorre durante a construção, e a poluição das águas, durante a operação dos empreendimentos. A mudança no escoamento superficial também é uma questão importante para o estudo de caso 1 e a alteração da paisagem para o estudo de caso 2. Outras questões de menor importância são o ruído durante a construção para ambos os estudos e odores durante a fase de operação das estações de tratamento. As ACV's realizadas, por outro, apontaram os principais impactos voltados a mudanças climáticas, principalmente em virtude da emissão de gases geradores de efeito estufa e esgotamento de matais e fósseis, além da eutrofização da água e toxicidade humana.

Referente aos impactos das medidas mitigadoras, os estudos ambientais não contemplaram em seu escopo a avaliação destas atividades. No entanto, a aplicação da ACV para avaliação dos impactos decorrentes das medidas mitigadoras foi realizada, apontando contribuições relevantes para algumas categorias de impactos, como é o caso da ecotoxicidade terrestre, que teria 58,2% de seu valor advindo das medidas mitigadoras. Cabe observar que a ACV não avaliou a efetividade final das medidas de mitigação, pois seu escopo prevê somente impactos potenciais, e não previsões.

Ainda, de acordo com Larrey-Lassalle et al. (2017), o escopo da ACV e do EIA podem ser resumidos através da Figura 3.

Figura 2 – Diferenças de escopo entre EIA e ACV.



Fonte: Adaptado de Larrey-Lassalle et al. (2017).

Já Židoniene e Kruopienė (2015) propõe uma abordagem diferente de estudo de caso para integrar as duas ferramentas. Também dividido em quatro pontos, os autores adotaram: avaliação do cenário primário; formulação do problema; concepção e triagem de cenários e compatibilização das condições locais com o cenário selecionado. Essas etapas foram aplicadas no processo de licenciamento de um projeto de uma indústria de fabricação de materiais de isolamento da Lituânia.

Para a formulação do cenário primário, os autores indicam que um levantamento e análise de dados devem ser realizados, seguidos então de uma ACV simplificada, que apresenta como resultado os pontos mais sensíveis do empreendimento em análise. Como resultado desta etapa, os autores observaram que o estágio de matérias-primas e o estágio de manufatura contribuem mais para o uso de recursos, bem como para a saúde humana. Todas as categorias de impacto apontaram para uma influência dominante (de Eutrofização de 65% até 80% para a depleção da camada de ozônio) do estágio de matérias-primas que engloba a produção a montante de resina de poliestireno, agentes de expansão e outros aditivos. O segundo maior impacto, sendo semelhante em todas as categorias de impacto (de 20 a 28%), é causado pelo estágio de fabricação. O transporte tem um impacto bastante baixo em todas as categorias de impacto, exceto a sua maior contribuição para o potencial de eutrofização devido às emissões de compostos de nitrogênio

durante a combustão do diesel. Os impactos ambientais associados às operações de embalagem são baixos

Após a detecção dos pontos mais sensíveis, é feita a formulação do problema, na qual são analisadas as prováveis causas e soluções para cada um dos problemas levantados. Para o estudo de caso, foi identificando que a produção de painéis XPS é o *hot spot* do projeto. As áreas de possíveis melhorias identificadas são a otimização do uso das matérias-primas e a disponibilidade das alternativas de matérias-primas.

O terceiro passo diz respeito à triagem de cenários e à solução de problemas, onde se busca, através da aplicação de ferramentas e técnicas existentes, a projeção de cenários viáveis, técnica e economicamente, no qual os problemas detectados na etapa anterior sejam sanados. Este passo também inclui a avaliação ambiental dos cenários usando a ACV simplificada. Neste estágio, a ACV é mais uma ferramenta para comparação de cenários do que para análise. A seleção do melhor cenário depende dos dois aspectos: avaliação econômica e ambiental. No estudo de caso elaborado pelos autores, vários cenários de produção de XPS com diferentes agentes de expansão são propostos. Cenários são criados investigando as soluções existentes (agentes de expansão que estão disponíveis no mercado), que são analisados através de nova ACV. Como resultado temos uma melhor condição de projeto sob aspectos ambientais.

Por fim, o quarto e último passo previsto pelos autores, consiste na verificação da adequação do cenário escolhido com as condições socioambientais local. Caso fique claro que existe essa adequação, tem início então o processo de AIA. Caso o resultado dessa etapa seja a inadequação do cenário, poderá haver o retorno ao passo 2. Para o estudo de caso realizado, as análises realizadas apontam que o cenário estava conforme com a área selecionada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo estão demonstradas as técnicas, metodologias e conceitos adotados, visando atingir os objetivos propostos para o presente estudo, conforme é apresentado em maiores detalhes a seguir.

Após a conclusão da etapa de revisão bibliográfica, na qual foi realizada uma análise de trabalhos já realizados em linhas de pesquisa semelhantes, teve início a etapa de realização de três estudos de caso, que buscou, de forma prática, a avaliação do potencial da ACV como ferramenta de apoio à AIA, através da realização de ACV's em empreendimentos que já foram estudados através de EIA, com posterior comparação dos resultados obtidos em ambas as ferramentas.

3.1 DETERMINAÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DA TIPOLOGIA DOS OBJETOS DE ESTUDO DE CASO

Para que fosse possível avaliar a viabilidade de aplicação da ACV como ferramenta de apoio ao EIA, optou-se pela realização de estudos de caso em três diferentes EIA's já concluídos, o que permitiu uma comparação direta dos resultados obtidos através das duas ferramentas. Optou-se por três estudos diferentes para que houvesse condições mínimas de estabelecer uma posterior avaliação dos resultados obtidos.

Outro ponto importante foi a definição de critérios para determinação de quais empreendimentos poderiam ser avaliados pela ferramenta da ACV. Neste caso, foram elencados critérios aos quais os projetos deveriam atender. Os seguintes critérios balizaram a escolha da tipologia dos projetos utilizados nos estudos de caso:

- i. Os projetos deveriam diferir significativamente, quer seja na quantidade de insumos utilizados em cada uma de suas alternativas, quer seja na tipologia ou quantidade desses insumos. Ou seja, empreendimentos cujas alternativas locacionais ou tecnológicas apresentem diferença significativa entre si (p.ex. empreendimentos lineares com alternativas locacionais com grande variação em sua extensão, ou plantas industriais

- que avaliaram diferentes aditivos com a mesma função, utilizados em seu processo);
- ii. Os projetos deveriam possibilitar a quantificação dos insumos relativos a cada uma das alternativas, o que seria essencial para que fosse possível analisar o impacto do uso de matérias primas, emissões e operação;
 - iii. Todos os projetos analisados deveriam ser da mesma tipologia de empreendimento para viabilizar uma comparação entre eles.

Para contar com um maior número de informações para realização da ACV, e posterior comparação com os resultados obtidos no EIA, foi definido que seria utilizado o capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas” do EIA. Nesta fase do estudo, são elencados os impactos mais relevantes, para os quais é feito um levantamento de dados que é base para a comparação das alternativas locacionais e tecnológicas, bem como para posterior análise de impactos da alternativa selecionada.

Os dados levantados nesta fase foram utilizados para a realização da ACV simplificadas de cada uma das alternativas locacionais dos três empreendimentos aqui estudados.

Após aplicação destas premissas, restaram algumas opções de tipologias de projeto que poderiam ser utilizados no desenvolvimento dos estudos, como por exemplo, rodovias e linhas de transmissão. Optou-se por avaliar EIA's de linhas de transmissão, uma vez que atendiam adequadamente as premissas e havia diversas opções de estudos elaborados pela Prosul. Os estudos selecionados são descritos a seguir.

3.1.1 Caracterização do Empreendimento 1

O primeiro empreendimento selecionado foi uma linha de transmissão (LT) de 230 kV ligando à subestações de energia dos municípios de Osório e Gravataí, ambos localizados no estado do Rio Grande do Sul (PROSUL, 2015).

O corredor estudado para a LT atravessa cinco municípios: Caraá, Glorinha, Gravataí, Osório e Santo Antônio da Patrulha. Os municípios de Caraá e Osório pertencem ao Aglomerado Urbano Litoral Norte e os demais à Região Metropolitana de Porto Alegre.

A LT tem início na subestação (SE) Gravataí 3, localizada no município de Gravataí, e tem o seu traçado finalizando na SE Osório 3, que é planejada para ser executada no município de Osório.

O objetivo principal desta LT é escoar a energia elétrica produzida em parques eólicos localizados no sul do Estado do Rio Grande do Sul, fazendo com que chegue até o maior centro consumidor, localizado na região metropolitana de Porto Alegre.

Seu projeto prevê, independentemente da alternativa, um circuito simples de 230 kV, composto de três fases, com dois cabos em cada uma das fases, e estruturas (torres de transmissão) do tipo autoportante, distantes uma das outras, 500 metros, em média.

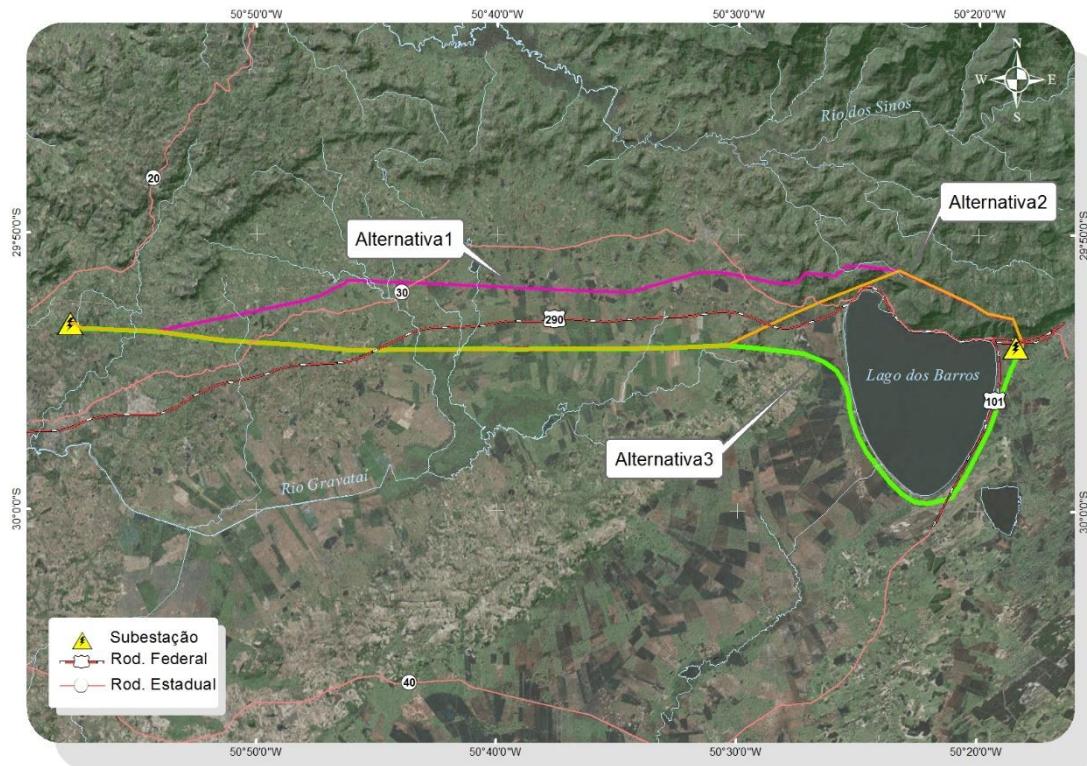
Para o licenciamento da LT foram estudadas três alternativas locacionais (Figura 3), que interligam as duas SE's ao longo de diferentes traçados, quais sejam:

- Alternativa 1 - 67,20 km;
- Alternativa 2 - 68,30 km;
- Alternativa 3 - 83,50 km.

As alternativas 1 e 2 percorrem traçados na mesma região, sendo diferenciados principalmente pela questão fundiária. Os traçados destas alternativas se caracterizam pela interferência com a Área de Proteção Ambiental (APA) Morro de Osório, localizada no Morro da Borrússia, no município de Osório. Ambos os traçados, em sua chegada ao local da SE Osório 3, passam uma área de elevada declividade que possui uma vegetação densa.

A alternativa 3 compartilha tem grande parte do seu traçado percorrendo a mesma região das outras duas alternativas, chegando, inclusive a ter seu traçado sobreposto ao traçado da alternativa 2 em certos trechos, porém difere no traçado percorrido para chegar até a SE Osório 3. Enquanto as demais alternativas atravessam a APA e área de vegetação densa, a alternativa 3 percorre uma distância maior, contornando a Lagoa dos Barros, e chegando a SE pelo Sul, atravessando em seu percurso final, área de produção agropecuária.

Figura 3 - Localização do empreendimento 1



Fonte: Adaptado de Prosul (2015).

3.1.2 Caracterização do Empreendimento 2

O segundo empreendimento selecionado para este estudo foi de uma LT de 138 kV, que interliga a SE Ilha Norte, localizada no bairro da Vargem Grande (próximo às praias de Canasvieiras e Ingleses), e a SE Trindade, localizada no bairro Córrego Grande. As duas SE's, assim como o todo traçado da LT estão integralmente localizados no município de Florianópolis, estado de Santa Catarina (PROSUL, 2011).

Os traçados estudados para implantação do empreendimento entre as duas SE's percorrem os bairros de Córrego Grande, Itacorubi, Saco Grande, Monte Verde, Ratones, Vargem Pequena e Vargem Grande, todos em Florianópolis/SC.

O objetivo principal desta LT é reforçar o fornecimento de energia elétrica para a região norte de Florianópolis, que possui uma elevada flutuação demográfica durante o verão, fazendo com que sua população triplique neste período. A LT existente, responsável por essa função, encontrava-se obsoleta e com a capacidade de transmissão no seu limite, o que ocasionava diversas quedas de energia ao longo da temporada de verão.

Para o licenciamento da LT foram estudadas três alternativas locacionais (Figura 5), que interligam as duas SE's ao longo de diferentes traçados, quais sejam:

- Alternativa 1 – 19,65km;
- Alternativa 2 – 23,30km;
- Alternativa 3 – 28,00km.

Seu projeto previu um circuito simples de 138 kV para todas as alternativas. As alternativas 1 e 2 são compostas de três fases, com um cabo de transmissão de energia em cada uma das fases. As estruturas para essas duas alternativas são do tipo autoportante, distantes umas das outras, 400 metros, em média. A alternativa 03, por sua vez, por estar localizada junto à rodovia, tinha em sua concepção o uso de estruturas de concreto (postes), distantes um dos outros, 100 metros, em média. As demais características, como número de fases e cabos, são as mesmas.

Assim como ocorreu no empreendimento 1, as alternativas 1 e 2 do empreendimento 2 também percorrem traçados semelhantes, sendo diferenciados pela questão fundiária. Os traçados destas alternativas se caracterizam por terem sido previstos em morros da região norte de Florianópolis. Esses locais possuem elevado grau de declividade e áreas com vegetação relevante, com alguma presença de benfeitorias, em grande parte, residenciais.

A alternativa 3, por sua vez, percorre um traçado mais longo, acompanhando o traçado da rodovia estadual SC-401. Seu trajeto percorre uma área já urbanizada, na qual não será necessária a supressão de vegetação.

Figura 4 - Localização do empreendimento 2



Fonte: Adaptado de Prosul (2011).

3.1.3 Caracterização do Empreendimento 3

O terceiro empreendimento selecionado para o presente estudo foi uma LT de 500 kV, ligando as subestações de energia localizadas nos municípios de Morro do Chapéu e Sapeaçú, ambos no estado da Bahia.

Os traçados estudados para a LT estão totalmente inseridos no Estado da Bahia, iniciando na SE Morro do Chapéu II, localizada no município de Cafarnaum, seguindo no sentido oeste-leste, atravessando 11 municípios, sendo eles: Cafarnaum, Morro do Chapéu, Tapiramutá, Mundo Novo, Macajuba, Baixa Grande, Ipirá, Rafael Jambeiro, Santo Estevão, Castro Alves e terminando na SE Sapeaçú, localizada no município de Sapeaçú.

O objetivo principal desta LT é escoar a energia elétrica produzida em parques eólicos localizados no oeste do estado da Bahia, fazendo com que chegue até a região consumidora do polo petroquímico de Sapeaçú e região metropolitana de Salvador.

Seu projeto prevê, independentemente da alternativa, um circuito simples de 500 kV composto por três fases, com quatro cabos em cada uma das fases, e

estruturas (torres de transmissão) do tipo estaiada, modelo *cross rope*, distantes umas das outras, 500 metros, em média.

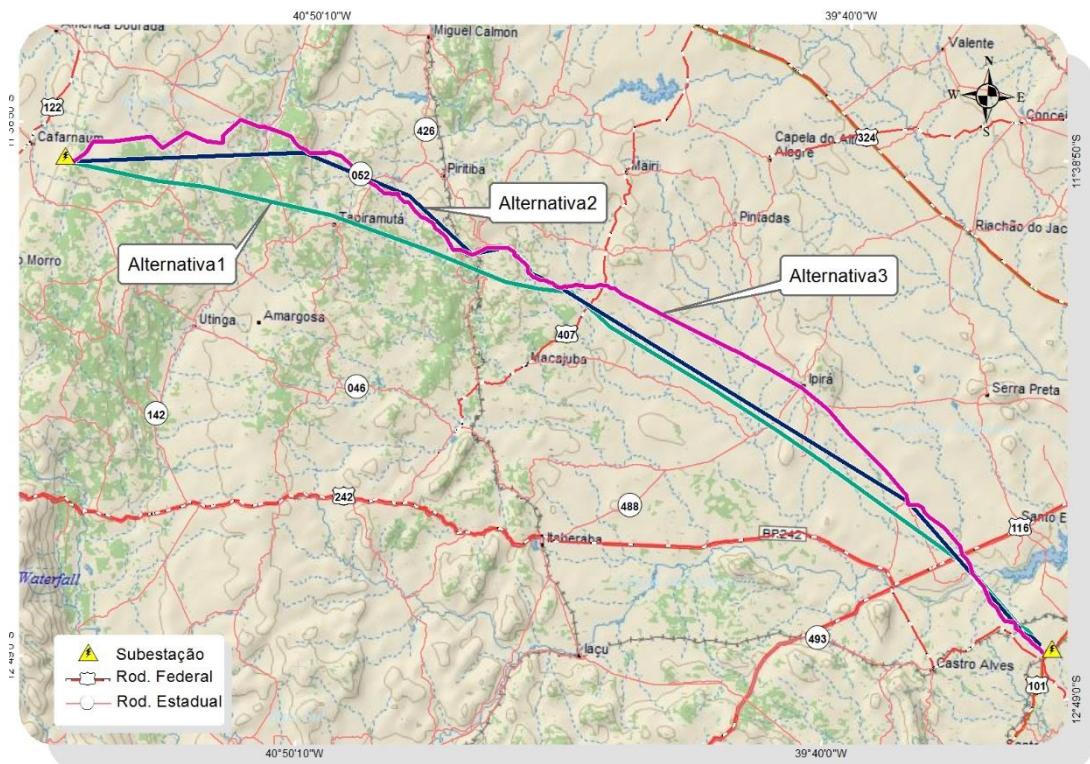
Para o licenciamento da LT foram estudadas três alternativas locacionais (Figura 5), que interligam as duas SE's ao longo de diferentes traçados, sendo:

- Alternativa 1 – 301,00 km;
- Alternativa 2 – 279,00 km;
- Alternativa 3 – 272,00 km.

As alternativas 1 e 2 foram desenvolvidas a partir da premissa de menor interferência com vegetação florestal nativa. A região onde o empreendimento foi projetado apresenta a transição entre dois diferentes biomas: a mata atlântica, que vai dando lugar à caatinga, à medida que se avança em direção ao oeste. Enquanto o primeiro bioma apresenta características florestais (vegetação de maior porte), o segundo apresenta características arbustivas (menor porte). As alternativas 1 e 2 buscaram evitar formações e indivíduos de grande porte por serem incompatíveis com LT's.

A Alternativa 3, por sua vez, teve seu traçado visando uma menor intervenção fundiária. Para tanto, se afastou das rodovias existentes, e consequentemente das benfeitorias residenciais da região.

Figura 5 - Localização do empreendimento 3



Fonte: Adaptado de Prosul (2015).

3.2 EXTRAÇÃO E TABULAÇÃO DE DADOS DE PROJETO E DE ALTERNATIVAS DOS ESTUDOS AMBIENTAIS

Em um segundo momento, já com os empreendimentos definidos, teve início a realização do levantamento de dados dos projetos referente às alternativas avaliadas, oriundos dos estudos ambientais realizados para cada um dos empreendimentos selecionados. Para tanto, foram estudados os capítulos de “Caracterização do Empreendimento” e de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas” dos estudos ambientais.

3.2.1 Caracterização do Empreendimento

O capítulo de “Caracterização do Empreendimento” é parte fundamental no estudo ambiental. É a partir dele que os técnicos dos órgãos ambientais responsáveis pela avaliação do estudo irão tomar ciência das características técnicas do empreendimento. Para a presente dissertação, as informações extraídas desse capítulo foram a base para a realização do ICV, no qual foram determinadas as

entradas e saídas de matérias, emissões gasosas e de efluentes, bem como a energia utilizada e/ou gerada dentro dos limites do sistema.

A elaboração deste capítulo segue o processo de análise e resumo de dados do projeto básico dos empreendimentos. Não é aplicado, neste momento, nenhum tipo de análise por parte da equipe de técnicos responsáveis pelo estudo ambiental. A intervenção técnica é necessária em uma etapa anterior ao projeto básico, momento no qual esses profissionais deverão, juntamente com a equipe de projetistas, a partir de seus conhecimentos, desenvolver as alternativas locacionais e tecnológicas do empreendimento.

3.2.2 Alternativas Locacionais e Tecnológicas

O capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas” dos estudos ambientais é responsável pela comparação das possíveis configurações socioambientalmente aceitas dos empreendimentos. Como resultado deste capítulo, tem-se a alternativa mais viável para implantação do empreendimento, que por sua vez é estudada com maior profundidade ao longo de outros capítulos, tais como Diagnóstico Ambiental e Análise de Impactos. Esse resultado é obtido após a equipe de técnicos responsáveis pelo estudo elencarem uma série de critérios e premissas relacionados aos meios, físico, biótico, socioeconômico e financeiro. A comparação das alternativas é feita através de uma matriz de comparação, aplicando o método de soma ponderada.

O entendimento do processo de elaboração deste capítulo é importante, uma vez que a confiabilidade do seu resultado é questionada nesta dissertação. Portanto, apresenta-se, a seguir, o processo de elaboração do capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas”, com mais detalhes.

3.2.2.1 Descrição do Processo de Elaboração do Capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas” do EIA

Para a elaboração do capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas”, são considerados aspectos técnicos e socioambientais que são definidos por equipe multidisciplinar, responsável pela elaboração do estudo, com base em sua experiência

e conhecimento da tipologia de empreendimento e condições da região do empreendimento.

Este capítulo busca a melhor integração destes aspectos sob a forma de melhores alternativas para implantação de uma LT.

3.2.2.1.1 Aspectos abordados

No que se refere aos aspectos técnicos considerados, destacam-se: a extensão e a linearidade, a fim de diminuir as perdas de energia, devem ser evitadas as mudanças de direção que implicam em vértices, com consequente necessidade de instalação de um maior número de torres; as travessias com outras linhas de transmissão, rodovias, ferrovias e gasodutos; a proximidade do traçado proposto em relação às antenas de rádio/celular, aeroportos, aeroclubes (considerando as normas existentes quanto a ângulos de travessias, distâncias entre linhas, cones de aproximação, entre outros); horas/homem para a construção e montagem das fundações e das torres; quantidade de insumos construtivos necessários (concreto, aço, entre outros).

Sob os aspectos socioambientais, destacam-se: a proximidade de áreas de proteção ambiental, a travessia de áreas densamente povoadas ou propensas à ocupação e desenvolvimento; áreas de vegetação nativa, com destaque para as espécies de maior porte; áreas de mineração; áreas úmidas; rios; lagos; barragens; benfeitorias como, residências; galpões; silos; aviários; granjas; comunidades tradicionais e muitos outros.

3.2.2.1.2 Critérios adotados

Com base nos aspectos considerados, foi adotada uma série de critérios utilizados na definição dos traçados, conforme apresentados a seguir:

- Evitar a passagem sobre unidades de conservação de proteção integral;
- Evitar a transposição de áreas urbanizadas e mais propensas à ocupação futura e urbanização;
- Evitar passagem por áreas alagadas naturais;

- Buscar a transposição de áreas com menor necessidade de intervenção na vegetação nativa e em áreas de preservação permanente;
- Evitar a instalação de torres em áreas de preservação permanente (APP);
- Evitar passagem em áreas próximas à Terras Indígenas, Quilombolas e Assentamentos;
- Diminuir as perdas de energia, priorizando a linearidade e menor número de vértices da linha de transmissão;
- Priorizar a utilização de áreas com topografia favorável, evitando cortes e aterros no terreno;
- Aproveitamento de caminhos de serviços, acessos e estradas vicinais existentes;
- Evitar passagem por benfeitorias (casas, galpões, estrebarias, fábricas, entre outras unidades de tamanho considerável);
- Evitar a desapropriação;
- Diminuir a necessidade de horas/homem;
- Diminuir o consumo de insumos para a construção.

3.2.2.1.3 Material e métodos do processo de escolha de alternativas

Para o processo de escolha de alternativas foi também empregado uma série de ferramentas, principalmente ligadas a processos de geoprocessamento, cuja descrição é apresentada abaixo:

- Imagens de Satélite de alta resolução: escala 1:5000;
- Caracterização do uso e ocupação do solo, por meio de visualização de imagens do *Google Earth*;
- Classificação das áreas quanto à característica da vegetação presente, bem como, levantamento das áreas ocupadas por silvicultura,

fruticultura, pastagens, assim como, rios e áreas alagadas, através do Mapa de Vegetação do Brasil - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2004);

- Utilização de Modelo Digital de Elevação do sensor *Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) e *Shuttle Radar Topography Mission* (STRM), disponibilizados pela USGS (*United States Geological Survey*), EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e Projeto TOPODATA;
- Base cartográfica nas Escalas 1:50. 000 e 1:100.000, provenientes das Cartas Topográficas do IBGE;
- Levantamento de campo realizado pela equipe de técnicos responsável pelos estudos ambientais para subsidiar a elaboração dos estudos ambientais pertinentes;
- Limites georreferenciados das unidades de conservação, obtidos junto ao Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Ministério do Meio Ambiente e Prefeituras Municipais.

Para o processamento dos dados no EIA, utilizam-se os seguintes softwares:

- ArcGIS (Esri);
- Microstation (Bentley);
- AutoCAD (Autodesk);
- GPS Trackmaker PRO 4.6;
- Corel Draw;
- Google Earth PRO.

Para determinação da melhor alternativa entre os traçados propostos nos estudos, são elaboradas matrizes comparativas utilizando o método de soma ponderada modificada, considerando-se os critérios e metodologia apresentados a seguir.

Cada critério (CR) apresenta peso diferenciado, de 1 a 5, em função de sua importância deste em relação ao conjunto de critérios avaliados, sendo 1 para os de menor e 5 para os de maior importância; considerados limitantes em potencial para a instalação dos empreendimentos. Estes pesos são denominados P0, e são tanto mais altos quanto maior a sua importância, em termos socioambientais, econômicos e, considerando o enfoque das legislações existentes (PROSUL, 2011, 2015).

Cada empreendimento possui uma personalização dos critérios utilizados na sua seleção de alternativas locacionais e tecnológicas, feita por uma equipe multidisciplinar, com reconhecida capacidade técnica e conhecimento da região em questão. Os critérios variam conforme o tipo de empreendimento e as características da região onde o projeto será implantado. Para linhas de transmissão. Salienta-se, porém, que há diferenças entre os critérios selecionados para cada um dos três empreendimentos abordados nessa dissertação.

Dentro da metodologia aplicada, em um primeiro momento se realiza a avaliação de cada critério, em cada alternativa, de forma a propiciar a criação de um ranking de classificação entre as mesmas, ou seja, a que tiver mais elementos que atendem ao critério será a de 1º lugar, e assim por diante, até a alternativa menos favorável sob a ótica dos critérios adotados (Tabela 1).

Tabela 1 - Ranking de alternativas menos impactantes

CRITÉRIOS (CR)	RANKING DE CLASSIFICAÇÃO		
	A01	A02	A03
CR1 – Proximidade e/ou interferência em unidades de conservação (UC)			
CR2 – Interferência em áreas de importância biológica e áreas prioritárias para conservação			
CR3 - Interferência na vegetação			
CR4 – Interferência em Terras indígenas, projetos de assentamento e comunidades quilombolas.			
CR5 – Interferência em sedes urbanas dos municípios			
CR6 – Interferência em áreas com potencial espeleológico			
CR7 – Interferência em corpos d'água			
CR8 – Custo para implantação de LT			
CR9 – Indenização de lavras concedidas			
CR10 – Interferência em aeródromos, PCHs, Parques eólicos.			

Fonte: Adaptado de Prosul (2011, 2015).

3.2.2.1.4 Escolha da alternativa mais favorável

Ao final de todo o processo, tem-se definida a alternativa locacional e tecnológica mais favorável, técnica e socioambientalmente que balizará as áreas a serem estudadas, bem como todo o processo de análise de impactos e proposição de medidas mitigadoras e/ou potencializadoras, de forma a proporcionar ao técnico do órgão ambiental, condições de se posicionar quanto às complementações dos estudos e viabilidade ou inviabilidade do projeto.

Considerando esses procedimentos descritos, na presente dissertação foram utilizados os dados destes estudos ambientais dos empreendimentos selecionados para a realização da ACV, como ferramenta auxiliar no estudo do impacto ambiental. O procedimento de ACV é descrito a seguir.

3.3 REALIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA - ACV

Conforme a norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2006), a metodologia da ACV é estruturada contemplando quatro passos: definição do objetivo e escopo; análise de inventário do ciclo de vida (ICV); avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) e interpretação de resultados (ABNT, 2006).

3.3.1 Definição de Objetivo e Escopo

A realização da ACV nessa dissertação tem por objetivo propiciar parâmetros de comparação, que deverão ser confrontados com os resultados obtidos a partir dos estudos ambientais. Seu público é a comunidade científica e profissionais ligados ao ramo da consultoria ambiental.

Como os objetos de estudo são linhas de transmissão de energia elétrica de diferentes tensões foi adotada como função, a transmissão de energia ao longo de um período de 20 anos. A Unidade Funcional (UF) adotada foi de 874, 524,40 e 1900 MWh para os Empreendimentos 1, 2 e 3, respectivamente.

A opção de selecionar a ACV como uma potencial ferramenta de apoio a AIA se deve por sua abordagem, que contempla toda a cadeia do produto, dita “do berço ao túmulo”. Ao contrário do que acontece nos estudos ambientais, que têm seu foco voltado para a região onde será implantado determinado projeto, a ACV busca integrar impactos que vêm desde a extração de matéria-prima até a disposição final do produto, depois de findada sua vida útil. Desta forma, para a ACV aplicada nos projetos de linha de transmissão selecionados, definiu-se como fronteira do sistema, os elementos das linhas de transmissão, desde o processo de fabricação dos insumos, construção, operação, manutenção até sua desmontagem e destinação final dos seus elementos, após 20 anos de uso.

Como há uma infinidade de elementos e equipamentos sendo utilizados, desde a fabricação dos componentes de uma linha de transmissão até sua desmontagem, passando por todo o período de construção e operação, algumas simplificações foram necessárias. Desta forma, elementos de menor volume, como ferragens, bobinas de cabos, etc., não foram contempladas na realização da ACV.

3.3.2 Análise do Inventário do Ciclo de Vida

A análise do inventário envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as estradas e saídas pertinentes de um sistema de produto. Estas entradas e saídas podem incluir o uso de recursos e liberações no ar, na água e no solo associados ao sistema. Interpretações destes dados podem ser feitas, dependendo do objetivo e do escopo da ACV. Esses dados também constituem a entrada para a avaliação de impacto do ciclo de vida (ABNT, 2006).

Para a realização do ICV, foram levantados os seguintes dados a partir das informações de projeto contidos no capítulo de “Caracterização do Empreendimento”, integrantes de cada um dos estudos ambientais avaliados:

- Extensão de cada alternativa;
- Tipo de cabos de transmissão;
- Tipos de torre de transmissão;
- Tipos de cabos de para-raios e telecomunicação;
- Tipos e quantidade de isoladores;
- Distância média entre estruturas;
- Volume de concreto nas fundações.

Após a extração e tabulação dos dados de projeto, teve início a etapa de pesquisa documental em catálogos técnicos. A partir dessa pesquisa, foram determinados os pesos específicos dos componentes das LT, as distâncias de transporte, os volumes de material e as emissões envolvidas. Os resultados do processo do ICV são apresentados no Apêndice A.

3.3.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

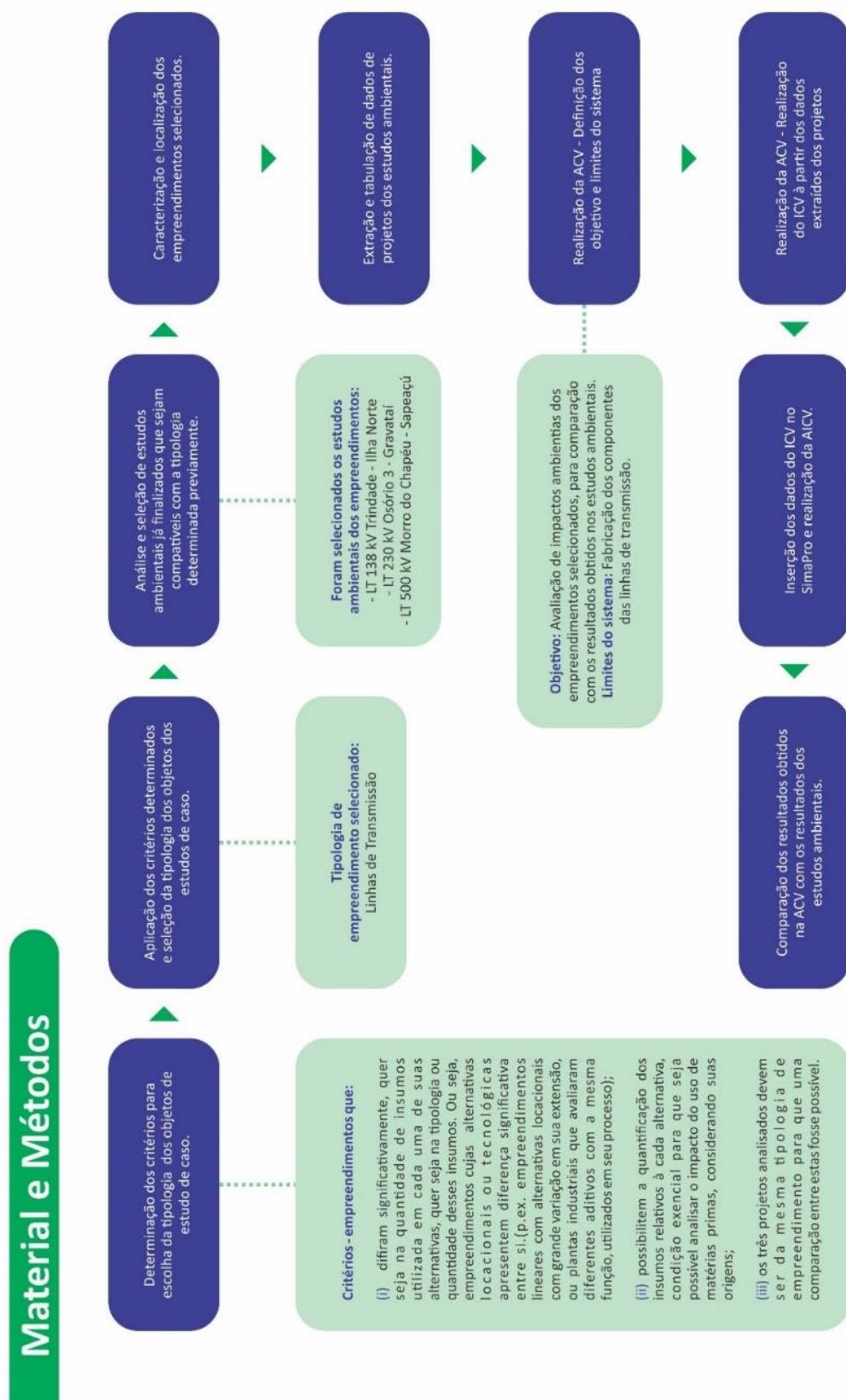
A fase de avaliação do impacto da ACV é dirigida à avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, usando os resultados da análise de inventário do ciclo de vida. Em geral, este processo envolve a associação de dados de inventário com impactos ambientais específicos e a tentativa de compreender esses impactos (ABNT, 2006). Esta fase de avaliação de impacto incluiu a modelagem dos dados de

inventários dentro das categorias de dano: Recursos Naturais, Ecossistemas e Saúde Humana.

Depois de concluída a etapa de levantamento de dados e elaboração do ICV, foi realizada a ACV Simplificada das alternativas que compõem os estudos ambientais previamente selecionados. A ACV foi realizada através do método de avaliação de impacto ReCiPe *Endpoint (H) v1. 12/World ReCiPe H/A*, utilizando para tal o software SimaPro versão 8.4.0.0, cedido à UDESC por sua desenvolvedora, *PRé Consultants*, na modalidade *Faculty*. Para análise dos resultados, foram consultados também, estudos sobre ACV já realizados, que foram importantes na determinação das vantagens e desvantagens das principais metodologias de AICV atualmente empregadas, considerando a sua utilização no território Brasileiro.

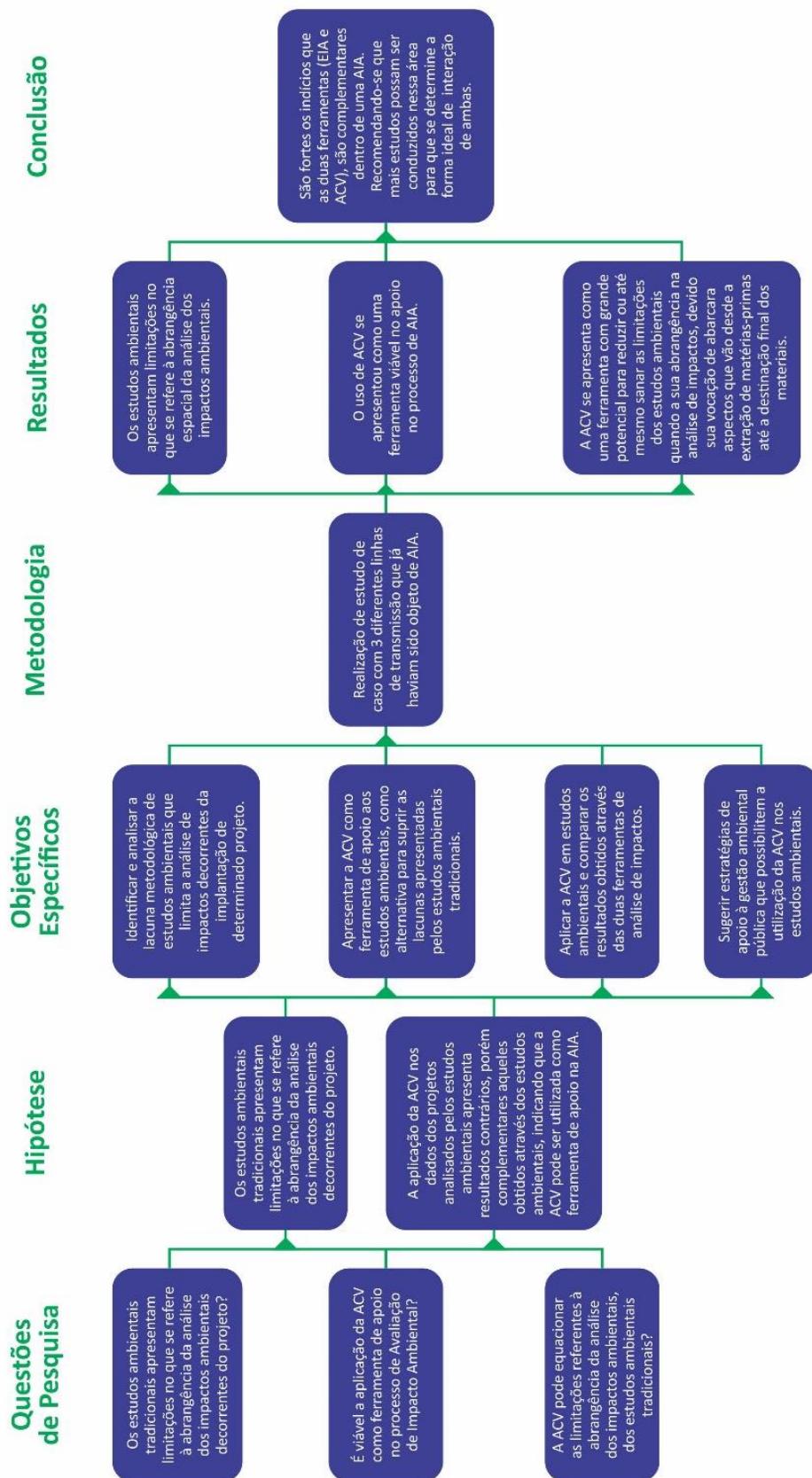
A Figura 6 e a Figura 8 apresentam, respectivamente, a síntese das etapas metodológicas aplicadas neste trabalho, e a síntese estrutural da dissertação como um todo.

Figura 6 - Síntese das etapas metodológicas



Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Figura 7 - Síntese Estrutural da Dissertação



Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos através do capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicos” dos estudos ambientais, bem como os resultados obtidos através da realização das ACV, em dois diferentes cenários: quando não se considera a perda de energia através da transmissão e quando tais perdas são computadas.

Ao final, após a apresentação dos resultados, é feita então uma comparação dos resultados obtidos com as duas ferramentas, e uma breve análise das condições que levaram até os resultados obtidos.

4.1 EMPREENDIMENTO 1

O empreendimento 1 abordado na presente dissertação foi a LT de 230 kV que interliga as subestações situadas nos municípios de Osório e Gravataí.

4.1.1 Resultados do EIA

A Tabela 2 apresenta os critérios, os pesos e os resultados finais obtidos na ponderação dos critérios que foram abordados no capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas” do EIA do Empreendimento 1 (PROSUL, 2015).

Tabela 2 - Resultado do EIA – empreendimento 1

Critérios Abordados	Peso	Resultado por Alternativa		
		1	2	3
CR1 – Movimentos de massa	2	2	4	6
CR2 – Processos Erosivos	3	3	6	9
CR3 – Intervenção nos recursos hídricos superficiais	3	6	6	3
CR4 – Jazidas minerais com lavra concedida	1	1	1	1
CR5 – Potencial espeleológico	1	1	1	1
CR6 - Interferência em áreas protegidas (RBMA, APCB, UC e APP)..	4	4	4	4
CR7 – Perda de habitats	4	4	4	4
CR8 – Supressão de vegetação nativa	3	6	3	9
CR9 – Interferência em sítios de reprodução	4	4	4	4
CR10 – Interferência em áreas de dormitório	4	12	12	12
CR11 – Colisões com linhas de alta tensão	4	4	4	4
CR12 – Interferência em comunidades tradicionais	4	-	-	-
CR13 – Interferência em áreas urbanas	3	6	6	3
CR14 – Custos para implantação das alternativas	2	4	6	2
Soma		57	61	62
Hierarquização – do menor para o maior impacto		3°	2°	1°

Fonte: PROSUL (2014).

Como resultado, o EIA apresentou a alternativa 3 com menor impacto socioambiental, seguida pela alternativa 2 e alternativa 1.

A alternativa 3 caracteriza-se por apresentar a maior extensão dentre as alternativas estudadas, no entanto, por ter seu traçado planejado em uma região onde predominam áreas de cultivo, possui também uma menor intervenção em áreas com vegetação nativa. Devido a sua maior extensão, a alternativa 03 apresenta também maiores custos para implantação, por outro lado, sua condição de estar planejada em uma área plana, reduz consideravelmente a possibilidade de ocorrência de movimentação de massas e processos erosivos.

O processo de análise de impactos de linhas de transmissão em estudos ambientais enfatiza o quesito “área ocupada pelo empreendimento”, uma vez que, apesar desse tipo de empreendimento possuir uma área não edificante, denominada faixa de segurança, sua implantação não ocupa uma área significativa. Quando implantada em áreas de lavoura, campo ou pastagem, as únicas áreas perdidas são aquelas situadas sob as estruturas, uma vez que sob os cabos e ao longo de toda a faixa de segurança é permitido plantio de diversas culturas, exceto aquelas em que é

comum a ocorrência de queimadas, como cana-de-açúcar, ou aquelas de grande porte, como silvicultura (PROSUL, 2011, 2015).

Por outro lado, quando linhas de transmissão são implantadas em locais onde a presença de vegetação nativa de grande porte é expressiva, o impacto ambiental gerado sobre flora e fauna é significativo, o que é muito bem abordado em estudos ambientais.

Desta forma, existe uma predileção para implantação desses empreendimentos em locais onde predominam áreas de cultivo, pastagem ou lavoura, não sendo significativo para os estudos empregados na AIA se existe um acréscimo na extensão da alternativa para atender essa condição.

O aumento de insumos para a implantação do empreendimento, ou a perda de energia decorrente de uma alternativa mais longa, tão pouco são considerados na maioria dos estudos ambientais, pois, conforme preconiza a Resolução CONAMA Nº 001 de 1986, a bacia hidrográfica deverá ser o limite da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos. Por outro lado, Huang, Weber e Matthews (2009) destacam que, em média, mais de 75% das emissões de uma indústria ocorre de forma indireta, ou seja, através da obtenção e processamento primário de matéria-prima, uso de produtos, ou descarte final após sua vida útil.

4.1.2 Resultados da ACV

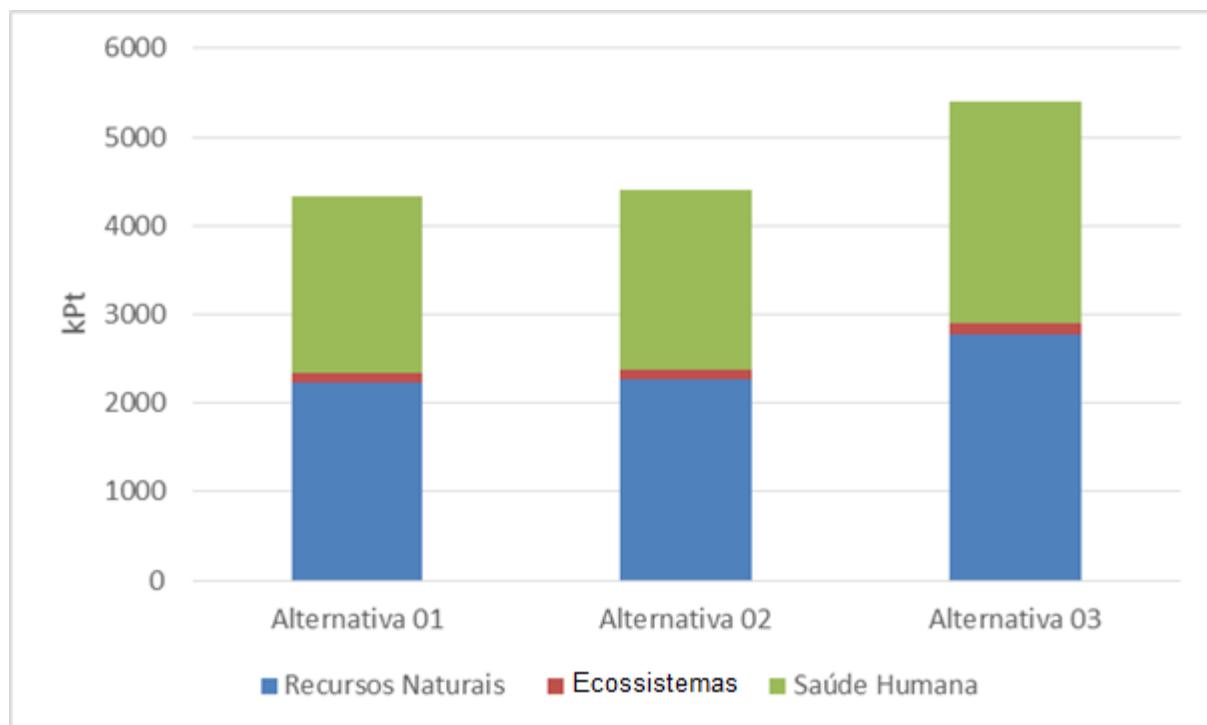
Para os resultados obtidos pela ACV, foram considerados dois cenários. No primeiro, não foram computadas as perdas de energia decorrentes do processo de transmissão de energia, no segundo cenário, essas perdas foram inseridas no processo de elaboração da ACV.

Essa diferenciação de cenários foi considerada importante para que se possa diferenciar os impactos causados pelos insumos das LT dos impactos causados pelas perdas do processo de transmissão.

4.1.2.1 Cenário 1 - Sem Considerar Perdas no Sistema

A Figura 8 apresenta o resultado da ACV do empreendimento 1, sem que fossem computadas as perdas de energia ocorridas ao longo do sistema de transmissão.

Figura 8 - Resultado da ACV do empreendimento 1 sem considerar as perdas no sistema de transmissão

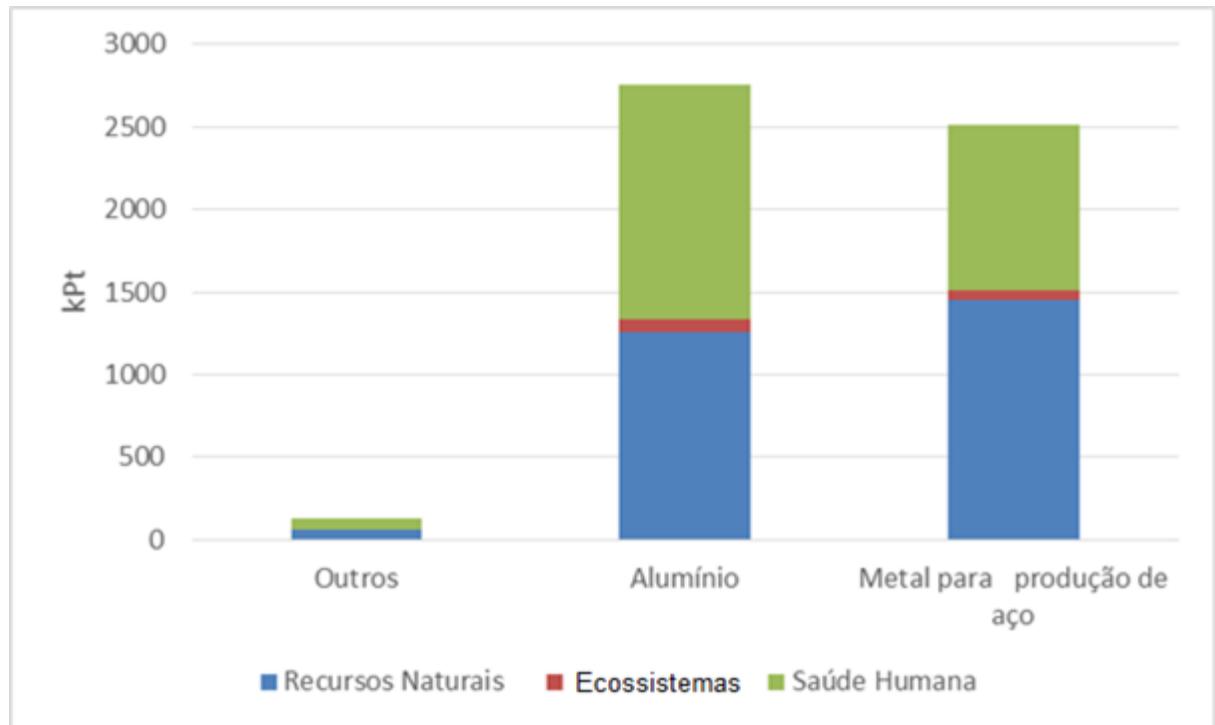


Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

De acordo com a Figura 8, a alternativa que apresentaria menor impacto ambiental decorrente de sua implantação é a 1, seguida das alternativas 2 e 3. Como não foram consideradas as perdas oriundas da transmissão de energia, o resultado obtido se deve ao maior aporte de insumos necessários para implantação da alternativa 3, que possui maior extensão do que as demais. Desta forma, sua extensão extra se traduz em maior quantidade de torres, cabos, transporte e emissões.

As categorias de danos com maior destaque foram Recursos Naturais e Saúde Humana. Esse resultado se deve principalmente à produção de aço e alumínio, necessários para torres e cabos, como pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Principais *hot spots* da Alternativa 03 do Empreendimento 01

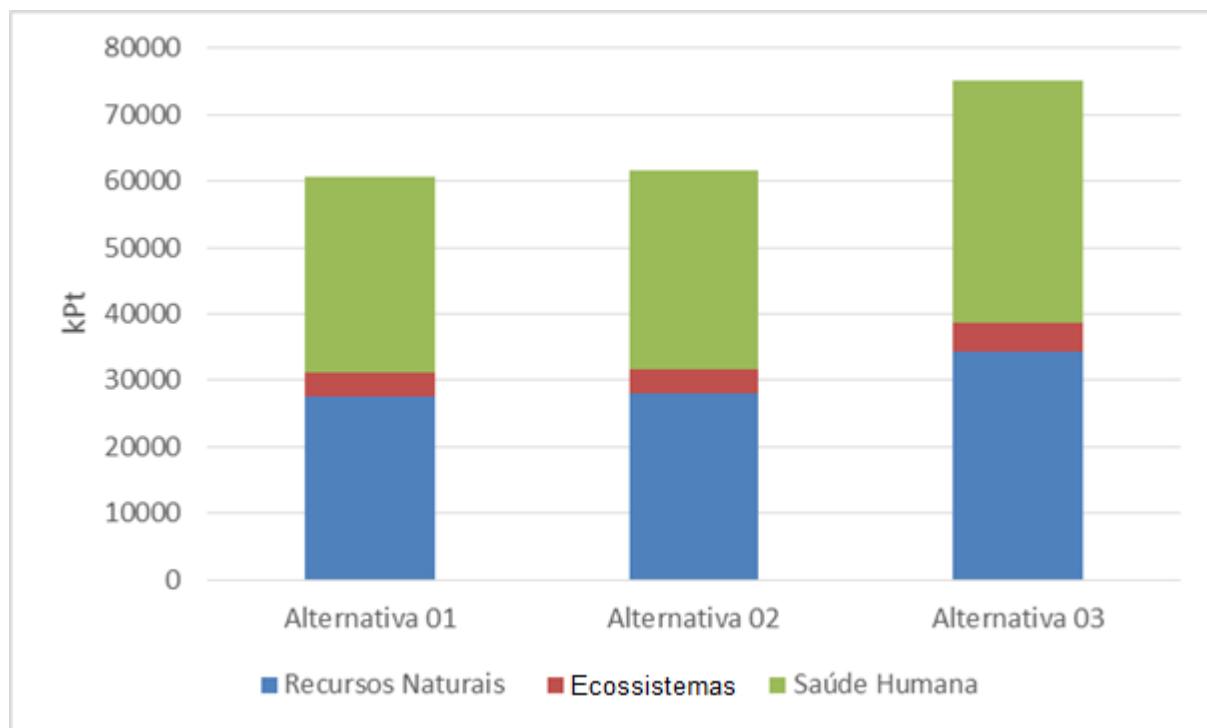


Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4.1.2.2 Cenário 2 - Considerando Perdas no Sistema

A Figura 10 apresenta o resultado da ACV do empreendimento 1, computando as perdas ocorridas ao longo do sistema de transmissão de energia.

Figura 10 - Resultado da ACV do empreendimento 1 considerando as perdas no sistema de transmissão



Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

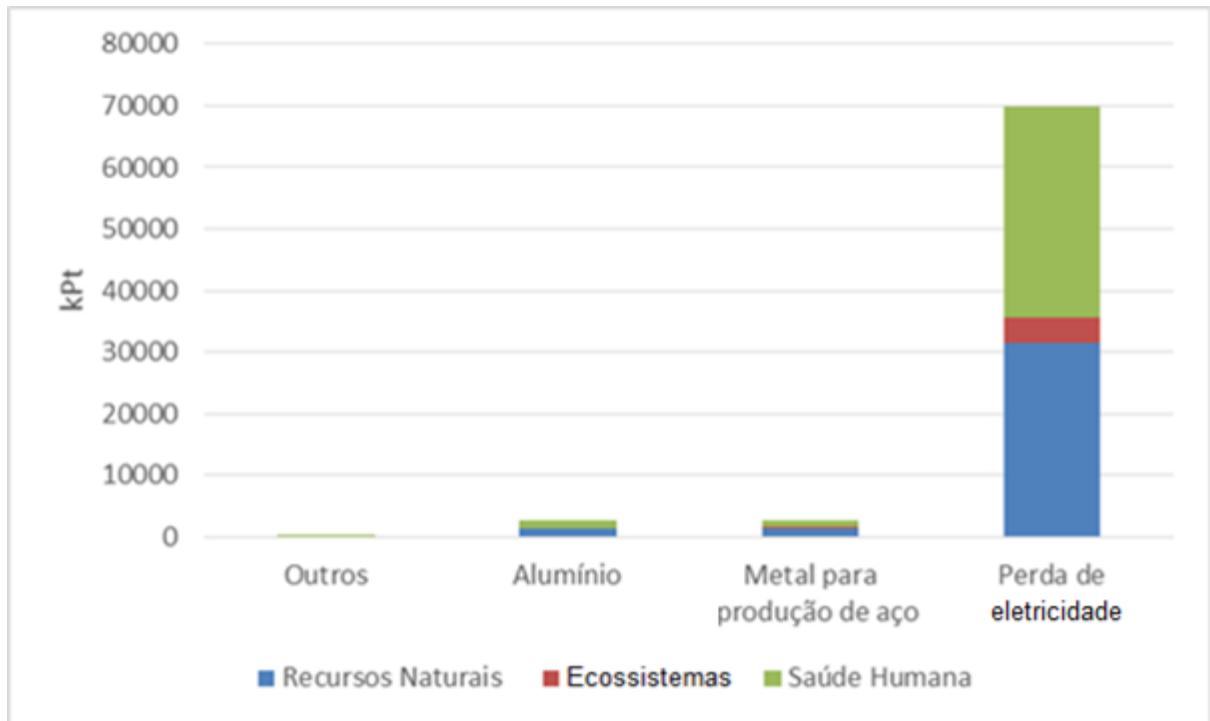
De acordo com a Figura 10, a alternativa que apresentaria menor impacto ambiental decorrente de sua implantação é a 1, seguida das alternativas 2 e 3. Neste cenário, foram consideradas as perdas decorrentes da transmissão de energia, desta forma, a extensão foi o fator mais importante para a mensuração dos impactos de cada alternativa, uma vez que a perda é diretamente proporcional ao comprimento da linha.

O impacto com maior destaque foi a perda de energia, apresentando valores significativamente mais elevados que os outros fatores relevantes, que foram as categorias de danos: Recursos Naturais e Saúde Humana. Esse resultado se deve, principalmente, à energia perdida no sistema, que é de aproximadamente 9% de toda a energia transmitida, ao longo dos 20 anos de operação previstos para a LT.

A perda de energia pelo sistema, que se deve principalmente aos efeitos Joule e corona, adquire tamanha relevância devido ao dataset utilizado nos cálculos da ACV (*Electricity, high voltage {BR} market for | Alloc Rec, U*), que considera a energia perdida pelo sistema como necessidade de produção de mais energia. Desta forma, toda energia perdida é convertida na necessidade de geração dessa energia perdida,

e consequentemente gerando novos impactos. A Figura 11 ilustra as categorias de dano da alternativa 3.

Figura 11 - Principais *hot spots* da Alternativa 3 do Empreendimento 01 considerando as perdas no sistema



Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4.1.3 Comparação entre os resultados do EIA e da ACV

Quando comparados, os resultados obtidos através do EIA e da ACV são contrários. O EIA apresentou a alternativa 3 como a que teve o melhor desempenho socioambiental, enquanto a alternativa 1 foi a que apresentou pior desempenho socioambiental. A ACV, por outro lado, apresentou como alternativa menos impactante a alternativa 1, e a mais impactante, a alternativa 3. Essa condição ocorreu nos dois cenários analisados, ou seja, com e sem as perdas de energia no sistema.

Analizando os resultados obtidos para este empreendimento através das duas ferramentas, observa-se que foram opostos. A diferença entre os resultados obtidos pode ser atribuída a fatores como, perda de energia, impacto sobre ecossistemas, avaliação de emissões, entre outros, que são contemplados de forma diferente nas duas ferramentas.

O resultado obtido através do EIA está fundamentado, principalmente, nos impactos do empreendimento no meio biótico, considerando aspectos de fauna e de flora. Por outro lado, não foram considerados no EIA, os insumos necessários para o empreendimento fora da área de impacto considerada no estudo, que contempla a bacia hidrográfica.

A ACV, por sua vez, abrange os insumos necessários para implantação do empreendimento e as emissões associadas a esses insumos. Por outro lado, a ACV não aborda características específicas de cada empreendimento, como por exemplo, as espécies de aves que serão afetadas com a implantação da LT em determinado local. Tal condição pode ser evidenciada através da análise dos gráficos gerados a partir dos resultados obtidos na ACV, nos quais a categoria de impacto menos representativa foi aquela voltada a ecossistemas, justamente a categoria enfatizada na análise de impactos do EIA.

Cabe ressaltar, no entanto, que ainda que os resultados obtidos através das duas ferramentas tenham sido opostos, a tônica dos temas abordados em cada uma delas, bem como os resultados obtidos, indica também uma complementariedade entre elas. Enquanto o EIA tem seu foco voltado para a análise de impactos predominantemente ecossistêmicos, a ACV traz uma análise onde prevaleceram os impactos à saúde humana e sobre recursos naturais.

Assim, o EIA analisou com maior detalhamento as interações ecossistêmicas a partir das particularidades da região na qual o empreendimento deveria ser instalado, enquanto a ACV apresentou os impactos decorrentes de interações que são direta ou indiretamente oriundas do empreendimento, mas que não se manifestam localmente.

4.2 EMPREENDIMENTO 2

O empreendimento 2 abordado na presente dissertação foi a LT de 138 kV que interliga duas subestações situadas no município de Florianópolis, nos bairros Vargem Grande e Córrego Grande.

4.2.1 Resultados do EIA

A Tabela 3 apresenta os critérios, os pesos e os resultados finais obtidos na iteração dos critérios que foram abordados no capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas” do EIA do empreendimento 2 (PROSUL, 2011).

Tabela 3 - Resultado do EIA - empreendimento 2

Critérios Abordados	Peso	Resultado por Alternativa		
		1	2	3
CR1 - Proximidade e/ou interferência em unidades de conservação (UC)	2	4	2	4
CR2 - Interferência em áreas de importância biológica e áreas prioritárias para conservação e áreas de preservação permanente	2	4	4	2
CR3 - Interferência na vegetação nativa	3	3	9	3
CR4 – Suscetibilidade à erosão e risco às estruturas	2	3	9	6
CR5 - Interferência em áreas urbanizadas	3	9	3	9
CR6 - Interferência em áreas com potencial espeleológico	2	2	4	2
CR7 - Interferência em corpos d’água	2	4	6	4
CR8 - Interferência em sítios arqueológicos	3	3	6	3
CR9 - Custo para implantação da LT	3	9	6	9
CR10 - Indenização de lavras concedidas	2	4	4	2
CR11 – Interferência em aeródromos	5	5	5	5
Soma		50	58	49
Hierarquização – do menor para o maior impacto		2°	1°	3°

Fonte: Adaptado de Prosul (2011).

Como resultado, o EIA apresentou a alternativa 2 com menor impacto socioambiental, seguida pela alternativa 1 e alternativa 3.

A alternativa 2 caracteriza-se por apresentar a menor extensão dentre as alternativas estudadas. Seu traçado foi planejado para ser implantado no topo dos morros que estão localizados entre as duas SE's, por esse motivo possui uma significativa intervenção em vegetação nativa, no entanto, possui uma menor intervenção em benfeitorias, pois seu traçado está distante da rodovia SC 401, que conta com grande quantidade de edificações comerciais e até mesmo públicas, isso implicou na redução do impacto social.

Quando desenvolvidas em áreas urbanizadas, as linhas de transmissão implicam em relevantes impactos sociais, oriundos do processo de desapropriação e indenização de benfeitorias que são incompatíveis com a faixa de segurança desses empreendimentos, que consiste em uma faixa não edificável ao longo de seu traçado. Desta forma, o EIA desenvolvido para o licenciamento do empreendimento 2 buscou conciliar um menor impacto à flora e fauna da região, com um menor impacto social decorrente de desapropriações e indenizações devido à passagem da LT.

A alternativa 3, considerada segundo as premissas abordadas no EIA, como a mais impactante socioambientalmente, foi projetada para ser implantada junto à rodovia SC 401, local densamente urbanizado. Essa característica levou os projetistas a adotarem uma diferenciação com relação às demais alternativas: enquanto as alternativas 1 e 2 foram previstas em áreas mais elevadas, com menor adensamento urbano e maior presença de vegetação, adotando por isso torres de transmissão em seu projeto, a alternativa 3 adotou o uso de postes de concreto no lugar de torres quando seu traçado atravessou a zona mais urbanizada de seu percurso. Essa solução implica em uma menor interferência em benfeitorias e um menor uso de metal para sua implantação.

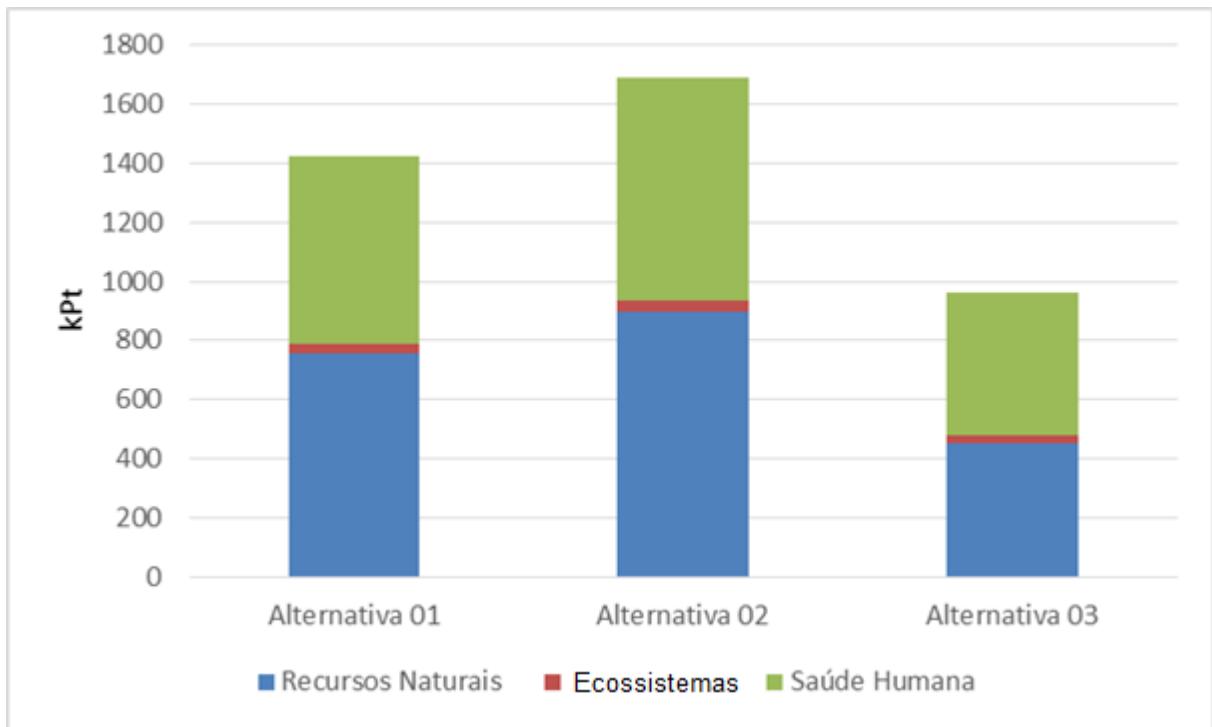
Conforme descrito anteriormente, o aumento de insumos para a implantação do empreendimento, ou a perda de energia decorrente de uma alternativa mais longa não são frequentes nos estudos ambientais, o que ganha um peso mais expressivo quando temos diferentes concepções de projeto, com diferentes materiais e insumos nas alternativas avaliadas.

4.2.2 Resultados da ACV

4.2.2.1 Cenário 1 - Sem Considerar Perdas no Sistema

A Figura 12 apresenta o resultado da ACV do empreendimento 2, sem que fossem computadas as perdas ocorridas ao longo do sistema de transmissão de energia.

Figura 12 - Resultado da ACV do empreendimento 2 sem considerar as perdas no sistema de transmissão

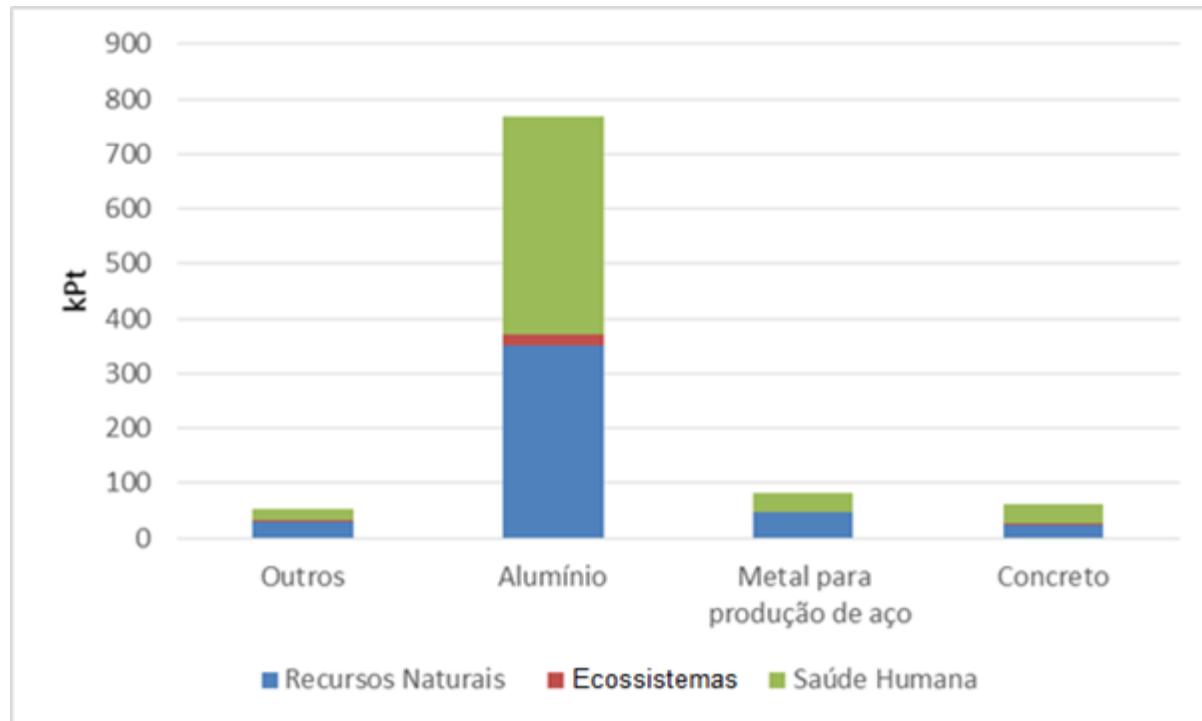


Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

De acordo com a Figura 12, a alternativa que apresentaria menor impacto ambiental decorrente de sua implantação é a 3, seguida das alternativas 1 e 2. Como não foram consideradas as perdas decorrentes da transmissão de energia, o resultado obtido se deve ao maior aporte de insumos necessários para implantação da alternativa 2. Apesar da alternativa 3 possuir maior extensão, ela apresenta menor impacto devido às suas características técnicas e construtivas. Enquanto as demais alternativas são implantadas com torres de transmissão vindas de outros estados, a alternativa 3, por ter sido planejada junto à rodovia, foi projetada usando estruturas de concreto (postes), fabricados localmente.

As categorias de dano com maior destaque foram Recursos Naturais e Saúde Humana. Esse resultado se deve principalmente à produção de aço e alumínio, necessários para torres e cabos, além do concreto, necessários para os postes da alternativa 3, como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 - Principais *hot spots* da Alternativa 3 do empreendimento 2

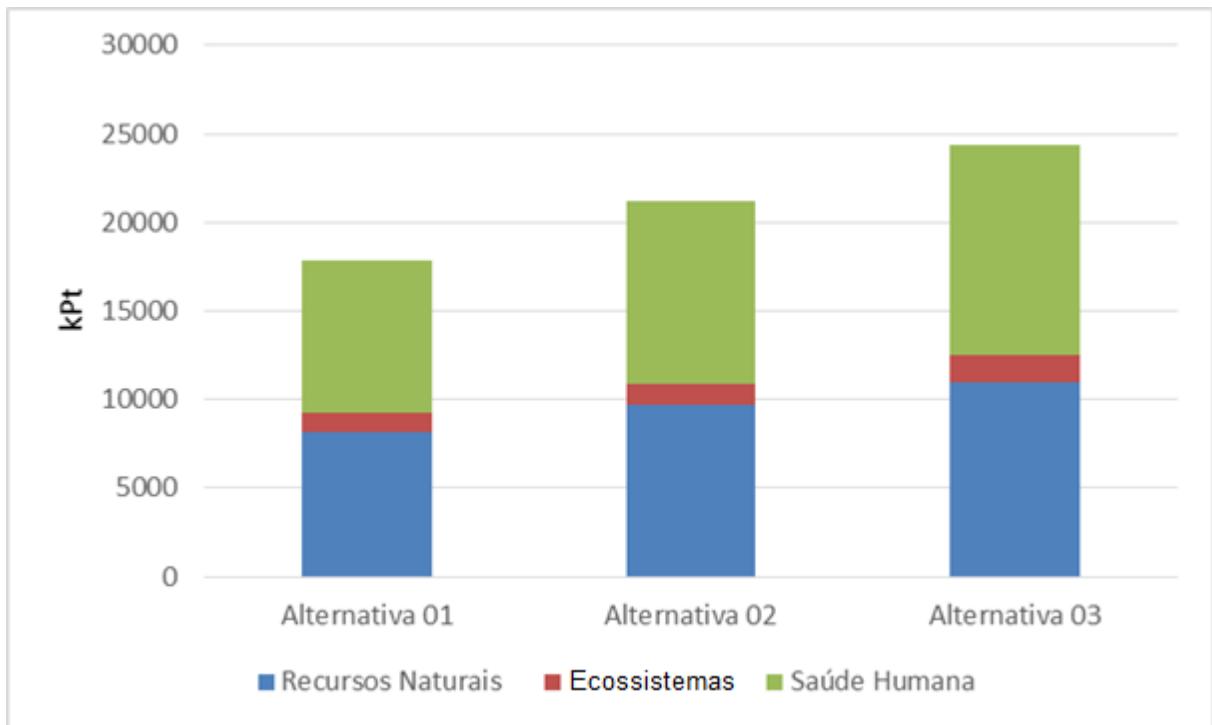


Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4.2.2.2 Cenário 2 - Considerando Perdas no Sistema

A Figura 14 apresenta o resultado da ACV do empreendimento 2, computando as perdas ocorridas ao longo do sistema de transmissão de energia.

Figura 14 - Resultado da ACV do empreendimento 2 considerando as perdas no sistema de transmissão



Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

De acordo com a Figura 14, a alternativa que apresentaria menor impacto ambiental decorrente de sua implantação é a 1, seguida das alternativas 2 e 3. Neste cenário, foram consideradas as perdas decorrentes da transmissão de energia, desta forma, a extensão foi o fator mais importante para a mensuração dos impactos de cada alternativa, uma vez que a perda é diretamente proporcional ao comprimento da linha. Com a avaliação das perdas, o resultado da ACV desta alternativa foi alterado. A alternativa 3 passou de menos impactante para mais impactante devido à sua extensão.

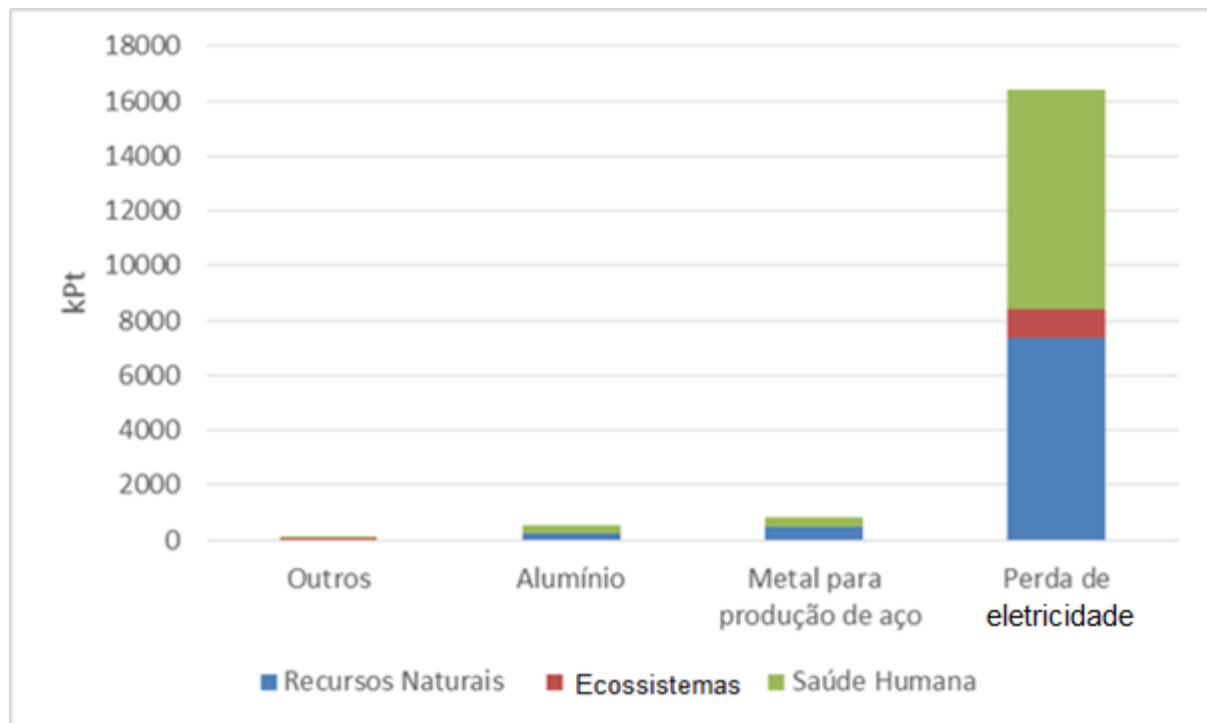
Esse resultado ilustra e corrobora o uso de dois cenários no emprego da ACV nesta dissertação, uma vez que fica claro que quando consideradas as perdas do sistema ao longo de sua vida útil pode-se ter resultados diferentes.

De forma análoga ao empreendimento 1, quando inserem-se as perdas de energia no sistema, em 20 anos de operação na base de cálculos da ACV, devido ao uso do dataset *Electricity, high voltage {BR} market for | Alloc Rec, U*, esse quesito passa a ser o maior responsável pelas categorias de dano. A produção de aço e

alumínio, que apresentava os valores mais elevados no cenário 1, aparece com uma representação expressivamente menor nos resultados.

A Figura 15 ilustra esse cenário com os valores da alternativa 3. O destaque devido à perda de energia se deve principalmente às elevadas perdas no sistema, que são de aproximadamente 9% em média, decorrente dos efeitos Joule e Corona.

Figura 15 - Principais *hot spots* da Alternativa 3 do empreendimento 2 considerando as perdas no sistema



Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4.2.3 Comparação entre os resultados do EIA e ACV

Assim como ocorreu no empreendimento 1, quando comparados entre si, os resultados obtidos através do EIA e da ACV são contrários. O EIA apresentou a alternativa 2 como a que teve o melhor desempenho socioambiental, enquanto a alternativa 3 foi a que apresentou pior desempenho socioambiental. A ACV, por outro lado, apresentou como alternativa menos impactante a alternativa 3, e a mais impactante a alternativa 2. Quando foram consideradas as perdas de energia no sistema, a ACV demonstrou resultado distinto, com a alternativa 1 como a menos impactante e a alternativa 3 como a mais impactante.

Quando analisados os resultados obtidos para este empreendimento através das duas ferramentas, observa-se que eles não foram convergentes em nenhuma ocasião.

A diferença entre resultados obtidos com as duas ferramentas pode, mais uma vez, ser atribuída a diversos fatores que foram contemplados de forma diferente nas duas ferramentas.

O EIA adotou uma postura mais voltada à questão social nesta análise, uma vez que admitiu o uso de torres de transmissão (não considerando o uso de postes de concreto) em uma área com relevante cobertura vegetal, implicando em uma maior supressão de vegetação e, consequentemente, maior impacto sobre flora e fauna, para que os impactos sobre o meio socioambiental fossem menores.

A ACV, por sua vez, comparando o emprego dos dois tipos de estrutura, demonstrou que o emprego de estruturas de concreto apresenta um menor impacto quando comparado às estruturas de metal.

É importante frisar que a aplicação de estruturas de concreto é uma solução viável apenas para regiões urbanas, uma vez que sua aplicação em áreas com vegetação não é possível devido sua à altura. Outro ponto a ser destacado é que seu uso em áreas de pastagem, cultivo ou campo precisa ser avaliado, pois sua instalação ocorre a cada 100 m, enquanto torres metálicas são instaladas a cada 500 m, o que implicaria em um novo cenário a ser avaliado.

4.3 EMPREENDIMENTO 3

O empreendimento 3 abordado na presente dissertação foi a LT de 500 kV que interliga duas subestações situadas nos municípios de Sapeaçú e Cafarnaum, ambos no estado da Bahia.

4.3.1 Resultado do EIA

A Tabela 4 apresenta os critérios, os pesos e os resultados finais obtidos na iteração dos critérios que foram abordados no capítulo de “Alternativas Locacionais e Tecnológicas” do EIA do empreendimento 3 (PROSUL, 2015).

Tabela 4 - Resultado do EIA - empreendimento 3

Critérios Abordados	Peso	Resultado por Alternativa		
		01	02	03
CR1 - Proximidade e/ou interferência em unidades de conservação (UC)	2	2	4	6
CR2 - Interferência em áreas de importância biológica e áreas prioritárias para conservação	2	2	2	2
CR3 - Interferência na vegetação	3	3	6	9
CR4 - Interferência em Terras Indígenas, projetos de assentamento e comunidades quilombolas.	4	4	8	16
CR5 - Interferência em sedes urbanas dos municípios	3	3	12	12
CR6 - Interferência em áreas com potencial espeleológico	2	2	6	4
CR7 - Interferência em corpos d'água	2	6	4	2
CR8 - Custo para implantação da LT	3	3	6	9
CR9 - Indenização de lavras concedidas	2	4	6	2
CR10 – Interferência em aeródromos, PCHs, Parques eólicos.	5	20	20	20
Soma		64	49	82
Hierarquização – do menor para o maior impacto		2°	3°	1°

Fonte: Adaptado de Prosul (2015).

Como resultado, o EIA apresentou a alternativa 3 com menor impacto socioambiental, seguida pela alternativa 1 e alternativa 2, com maior potencial de impacto socioambiental.

A alternativa 3 caracteriza-se por apresentar a menor extensão dentre as alternativas estudadas. Seu traçado foi planejado para apresentar uma menor intervenção em terras indígenas e quilombolas, comuns na região. Essa condição proporcionou ainda, uma menor interferência em áreas com vegetação nativa. No entanto, os recursos hídricos, que é outro ponto de alta sensibilidade local, foi mais atingido por essa alternativa, que também apresentou maior índice de interferência em lavras concedidas.

No atual estado da arte do processo de licenciamento ambiental no Brasil, um dos maiores desafios para dar celeridade ao processo de obtenção de licenças ambientais, diz respeito a viabilizar a implantação de empreendimentos sem causar impactos em comunidades tradicionais, como os povos indígenas e comunidades quilombolas, além do patrimônio arqueológico e cultural. Esse desafio se torna ainda maior quando o empreendimento em questão possui uma extensão expressiva, como

é o caso do empreendimento 3, e quando é planejado em uma região onde é alta a incidência desses sítios.

No que diz respeito ao aspecto construtivo de empreendimentos desta magnitude (LT de 500 kV com extensão superior a 270 km), um dos maiores fatores geradores de impacto é a abertura de acesso até o ponto de instalação das estruturas. LT com elevadas tensões utilizam robustas estruturas para suportar três feixes de condutores, cada qual comportando quatro cabos. Por esta razão, o transporte desse material requer acessos capazes de suportar caminhões e maquinários pesados. Assim, inicialmente, o empreendimento 3 foi concebido com a alternativa 1, que apesar de mais longa, guardava proximidade com rodovias e acessos existentes. No entanto, essa condição implicou também, em maior interferência com comunidades tradicionais. Desta forma, a evolução das alternativas culminou na alternativa 3, cuja interferência com vegetação nativa e com comunidades tradicionais foi a menor dentre todas as alternativas estudadas, além de possuir a menor extensão dentre todos os traçados.

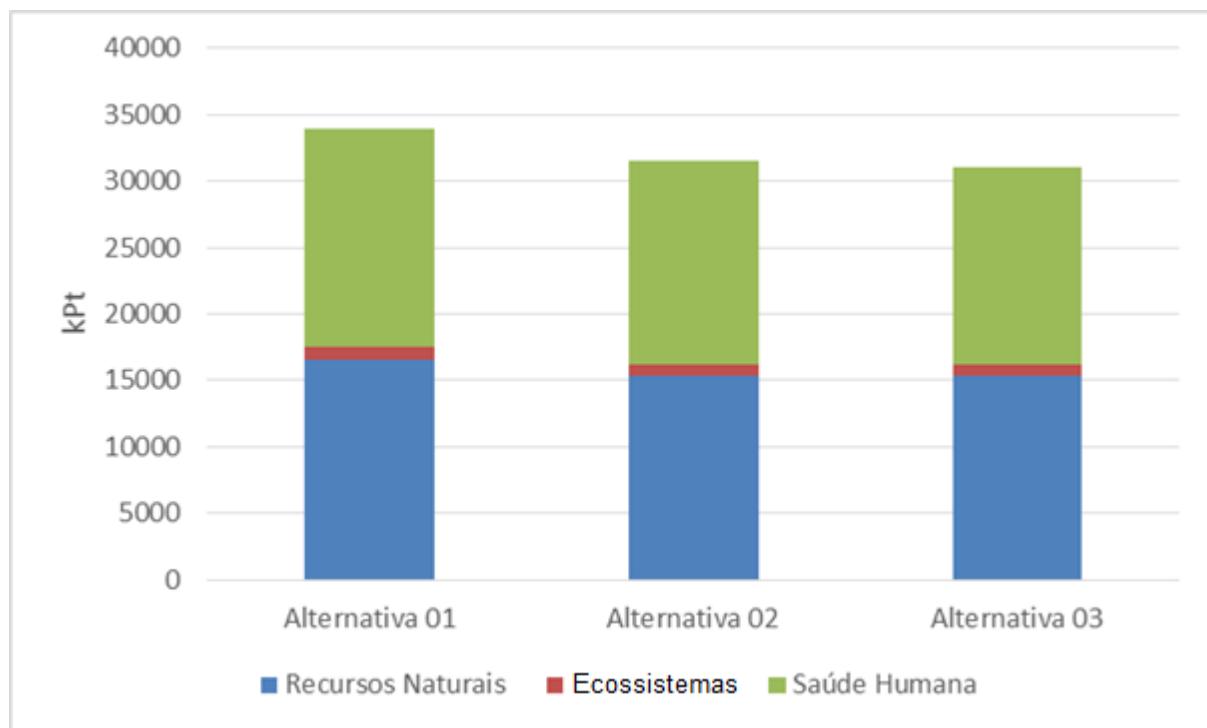
Desta forma, o empreendimento 3 conseguiu agregar um excelente desempenho socioambiental com uma extensão reduzida, o que trouxe uma quantidade também reduzida de insumos.

4.3.2 Resultado da ACV

4.3.2.1 Cenário 1 - Sem Considerar Perdas no Sistema

A Figura 16 apresenta o resultado da ACV do empreendimento 3, sem que fossem computadas as perdas ocorridas ao longo do sistema de transmissão de energia.

Figura 16 - Resultado da ACV do empreendimento 3 sem considerar as perdas no sistema de transmissão

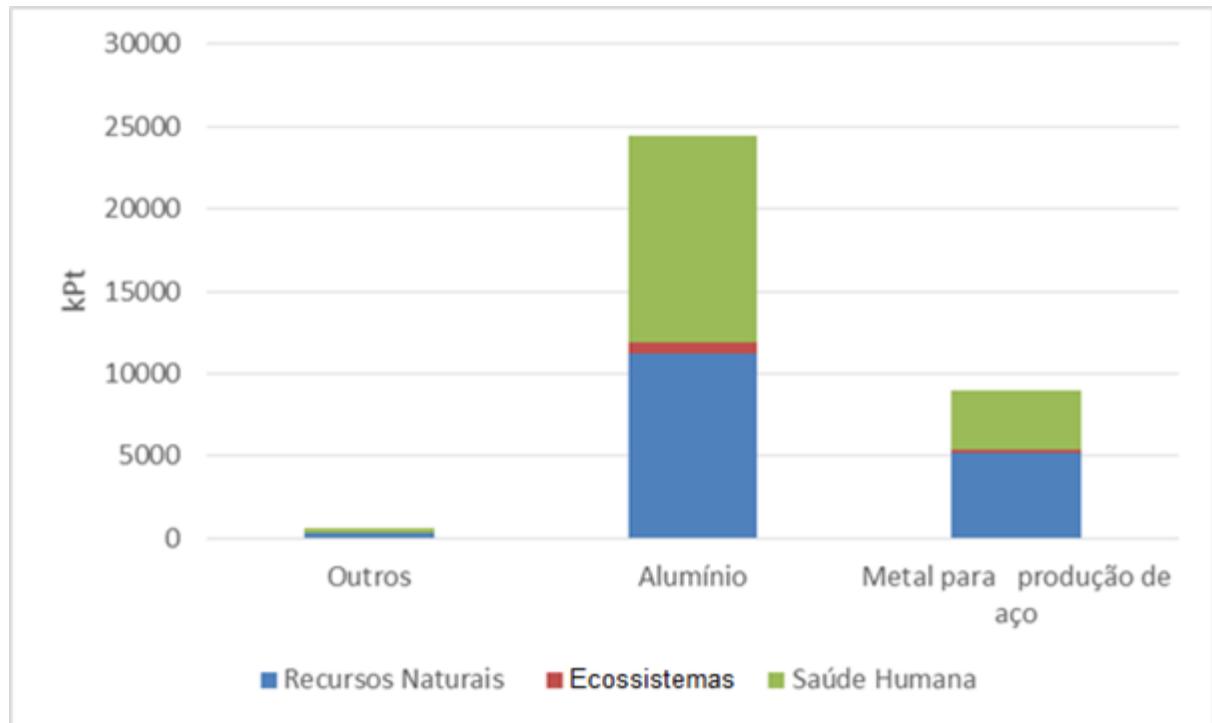


Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

De acordo com a Figura 16, a alternativa que apresentaria maior impacto ambiental decorrente de sua implantação é a 1, seguida das alternativas 2 e 3. Como não foram consideradas as perdas decorrentes da transmissão de energia, o resultado obtido se deve ao maior aporte de insumos necessários para implantação do empreendimento 3. A alternativa 1 possui maior extensão, logo a quantidade de insumos para sua implantação é maior, o que acarretou em um maior impacto para sua implantação. Por outro lado, a alternativa 3 é a que possui a menor extensão dentre as três alternativas, logo necessita de uma menor quantidade de insumos para sua implantação, e consequentemente, acarretou em um número menor de impactos avaliados.

As categorias de dano com maior destaque foram Recursos Naturais e Saúde Humana. Esse resultado se deve principalmente à produção de aço e alumínio, necessários para torres e cabos, como pode ser observado na Figura 17.

Figura 17 - Principais *hot spots* da Alternativa 3 do empreendimento 3

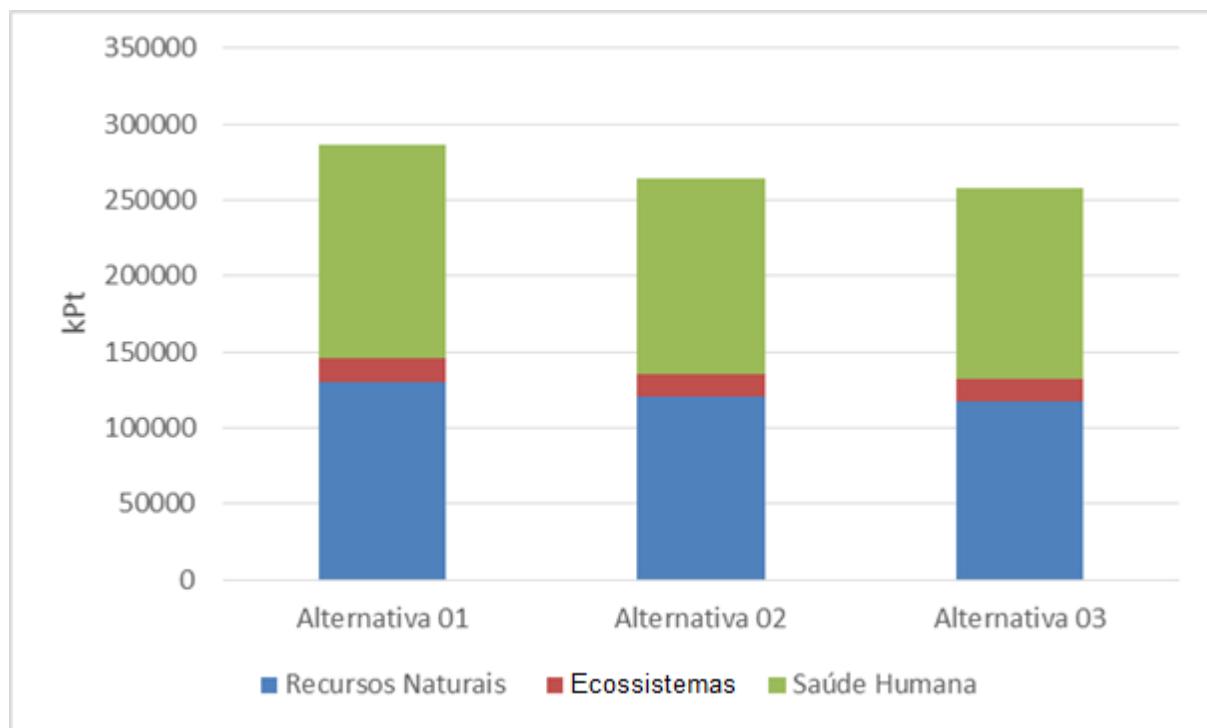


Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4.3.2.2 Cenário 2 - Considerando Perdas no Sistema

A Figura 18 apresenta o resultado da ACV do empreendimento 3, computando as perdas ocorridas ao longo do sistema de transmissão de energia.

Figura 18 - Resultado da ACV do empreendimento 3 considerando as perdas no sistema de transmissão



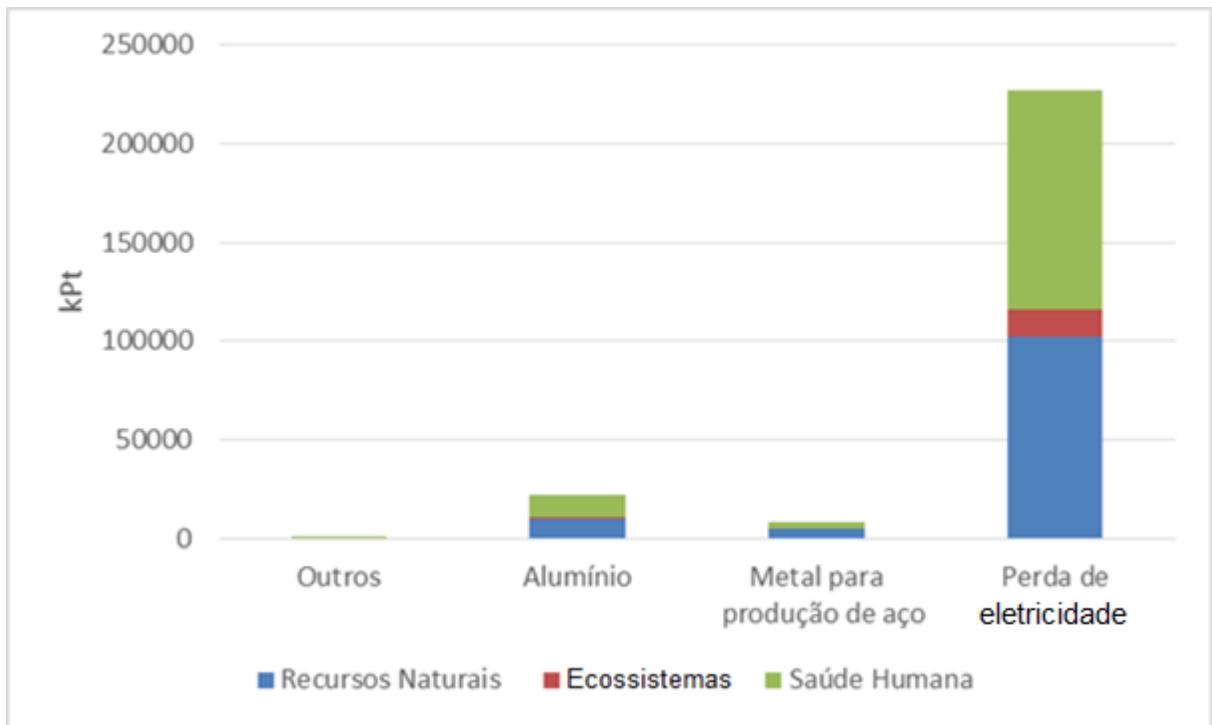
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

De acordo com a Figura 18, a alternativa que apresentaria menor impacto ambiental decorrente de sua implantação é a 3, seguida das alternativas 2 e 1. Neste cenário foram consideradas as perdas decorrentes da transmissão de energia, desta forma, a extensão foi o fator mais importante para a mensuração dos impactos de cada alternativa, uma vez que a perda é diretamente proporcional ao comprimento da linha.

O empreendimento 3, assim como nos empreendimentos 1 e 2, quando inserimos as perdas de energia no sistema em 20 anos de operação na base de cálculos da ACV, através do uso do dataset *Electricity, high voltage {BR}/ market for / Alloc Rec, U*, esse quesito passa a ser o maior responsável pelas categorias de dano. A produção de aço e alumínio, que apresentava os valores mais elevados no cenário 01, aparece com uma representação expressivamente menor nos resultados.

A Figura 19 ilustra esse cenário com os valores da alternativa 3. O destaque devido à perda de energia se deve principalmente às elevadas perdas no sistema, que são de aproximadamente 9% em média, decorrente dos efeitos Joule e Corona.

Figura 19 - Principais *hot spots* da Alternativa 3 do empreendimento 3 considerando as perdas no sistema



Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4.3.3 Comparação entre os resultados do EIA e ACV

Para este empreendimento, quando comparados os resultados obtidos através do EIA e da ACV tem-se um comportamento diferente com relação aos demais empreendimentos aqui analisados.

Nesta análise, ambas as ferramentas apresentaram como a alternativa menos impactante a alternativa 3. A divergência, no entanto, aparece nas alternativas mais impactantes. Enquanto o EIA apresentou como a alternativa mais impactante, a alternativa 2, a ACV apresentou como a de maior impacto a alternativa 1, mais extensa.

Quando analisados os resultados obtidos para este empreendimento através das duas ferramentas, observa-se que eles convergiram apenas parcialmente. A diferença entre resultados obtidos com as duas ferramentas pode, mais uma vez, ser atribuída a diversos fatores que foram contemplados de forma diferente nas duas ferramentas.

O resultado obtido através do EIA está fundamentado em uma menor interferência com comunidades tradicionais, como as comunidades quilombolas, numerosas na região da Bahia. O empreendimento 3 contou ainda com uma excepcionalidade, pouco frequente em estudos ambientais, onde as principais premissas do estudo foram atingidas em uma alternativa com uma menor extensão. Essa condição ideal não se repetiu nas alternativas mais impactantes, uma vez que os resultados do EIA divergem daqueles obtidos na ACV.

O resultado da ACV manteve o padrão dos outros empreendimentos, o qual abarca os insumos necessários para implantação do empreendimento, bem como as emissões associadas a esses insumos. Por outro lado, a ACV tradicional não aborda características específicas de cada empreendimento, como, por exemplo, neste caso específico, os cuidados necessários com as comunidades quilombolas.

Destaca-se mais uma vez que os resultados parcialmente convergentes entre as duas ferramentas, onde a alternativa menos impactante foi a 3, não implica que haja uma tendência de resultados iguais entre as duas ferramentas, conforme foi visto nas análises dos empreendimentos 1 e 2.

4.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O EMPREGO DA ACV COMO APOIO AO AIA

O uso da ACV como ferramenta de apoio à AIA já vem sendo utilizada em vários países, principalmente da Europa e da América do Norte.

Diversos são os estudos em que o emprego da ACV foi feito em conjunto com outros estudos ambientais, justamente para agregar aos resultados dos estudos ambientais, análises que estes não abarcam em seu escopo.

Um exemplo de uso complementar das duas ferramentas não é recente fora do Brasil, como é apresentado por Tukker (1999), que usa como exemplo, a interação que deve haver entre EIA e ACV na comparação entre dois sistemas de purificação de água. O autor comenta que em um EIA se faria obviamente discussão a respeito da eficácia da remoção de componentes nocivos a partir de águas residuais e as respectivas repercussões na qualidade das águas da bacia. No entanto, ao se realizar a ACV dos dois sistemas de purificação, para avaliar os efeitos indiretos relacionados com a utilização de materiais auxiliares, uso de eletricidade e produção de resíduos,

os cenários analisados podem gerar interpretações diferentes sobre qual causaria menor impacto ambiental.

Tukker (1999) aponta ainda alguns estudos onde a metodologia de ACV foi empregada como ferramenta auxiliar em um EIA. Dentre os exemplos apresentados, pode-se destacar um EIA de plano de gestão da prevenção e reutilização de resíduos, onde havia a necessidade de se optar pelo tratamento final de determinados resíduos que poderiam ser incinerados ou separados/fermentados, e a ACV foi usada para comparar os benefícios ambientais das duas alternativas para resíduos domésticos e resíduos industriais.

Moreno, Rodriguez e Campanella (2015), por sua vez, trazem um caso no qual se buscava a melhor metodologia para melhoramento de biogás, a utilização da ACV para determinar o melhor solvente para o processo de melhoramento permitiu que o EIA fosse feito com o devido embasamento, avaliando os impactos inerentes ao melhor solvente, atendendo às prerrogativas legais.

O emprego das duas ferramentas de forma concomitante em processos de análise de impacto de empreendimentos está baseado, principalmente, em carências nas ferramentas, mas que quando aplicadas em conjunto, são complementares e resultam em um ganho na análise do impacto ambiental.

Essa carência apresentada nos estudos ambientais é destacada por Manuilova, Suebsiri e Wilson (2009). Segundo os autores, a AIA tem como sua principal ferramenta os estudos ambientais, que consistem em procedimentos para avaliar os potenciais impactos positivos e negativos de um projeto futuro. Um dos pontos fracos destes estudos é a sua incapacidade para identificar, global e regionalmente, efeitos ambientais ao longo do ciclo de vida destes projetos.

A ACV, por sua vez também apresenta suas carências, conforme demonstra Giannetti e Almeida (2006), a característica abrangente da ACV, que se propõe analisar todos os fluxos de material e energia do ciclo de vida de um produto, é também sua maior limitação. Sempre será necessário simplificar alguns aspectos. Além disso, uma ACV é a representação de um determinado momento e não fornece uma visão dinâmica do sistema em estudo, referindo-se apenas a potenciais impactos.

Porém, quando aplicados de forma conjunta, ACV e estudos ambientais se complementam devido às diferentes abordagens das ferramentas.

Enquanto o EIA possui um viés mais local, abarcando as particularidades da região do empreendimento, a ACV lança mão de um pragmatismo, onde, de acordo com Tukker (1999), pode ser utilizado em estudos ambientais de projetos ou planos, cujas comparações ambientais de processos e escolhas de alternativas são feitas. A ACV pode proporcionar a inclusão de todas as atividades à montante e à jusante, isso permite que todos os efeitos relevantes ao longo do ciclo de vida sejam considerados. Ainda segundo Tukker (1999), um melhoramento no que diz respeito a um tipo de problema ambiental em um local específico, não deve ignorar que tal benefício foi obtido à custa da deterioração do ambiente em outros locais, em outros períodos ou em outras categorias de impacto. Essa perspectiva passa a ser abordada com o emprego da ACV, como ferramenta auxiliar na análise de impacto ambiental de um determinado estudo ambiental. Para uma comparação justa entre alternativas, o conjunto completo de impactos deve ser analisado, bem como todos os processos causadores de efeitos que são relevantes na comparação, incluindo aqueles em outros locais e em outros elos da cadeia, e isso é obtido apenas através da ACV (TUKKER, 1999).

O cenário em tela evidencia a complementariedade entre as ferramentas, o que já havia sido destacado por Moreno, Rodriguez e Campanella (2015), cujos estudos demonstram que diferentes ferramentas de gestão não se excluem mutuamente e podem mesmo tornar-se complementares.

Corroborando com o presente estudo e resultados, pode-se citar Cornejo (2005), segundo o qual quando apenas métricas do EIA são consideradas, como em uma abordagem convencional, a avaliação limita-se a uma análise das emissões da planta industrial e seus efeitos sobre o meio receptor direto. No entanto, quando métricas de EIA são combinadas com métricas de ACV, uma comparação mais completa das alternativas de projeto pode ser executada. Os resultados, obtidos pelo autor indicam que métricas convencionais de EIA podem ser efetivamente combinadas com métricas de ACV usando uma metodologia de decisão multicritério.

Como forma de arrematar a questão da relação entre estudos ambientais, com destaque ao EIA e a ACV, pode-se citar Mourad et al. (2002), que colocam com propriedade que a ACV é um instrumento que permite uma contabilização ambiental, onde se considera a retirada dos recursos naturais e da energia do ambiente, assim como a “devolução” destes para o mesmo ambiente. Já o EIA, segundo CETESB (2014), destina-se a avaliar sistematicamente as consequências consideradas efetiva

ou potencialmente causadoras de significativa degradação ao meio ambiente, bem como, propor medidas mitigadoras e/ou compensatórias com vistas à sua implantação.

Diversos são os exemplos de emprego complementar da ACV como ferramenta de apoio aos estudos ambientais da AIA em diversas partes do mundo. No Brasil, onde a ACV deu seus primeiros passos com mais firmeza apenas nesse século, a complementariedade dessas ferramentas deve ser ainda fomentada. A presente dissertação representa um passo nessa direção, uma vez que demonstrou que os resultados, apesar de opostos, são complementares.

Por opostas, deve-se entender que as ferramentas, em seu resultado final, trouxeram alternativas distintas como os menos impactantes. Por outro lado, por complementares deve entender que as ferramentas, em função da sua natureza, trabalham em regiões diferentes da AIA, com pouca ou nenhuma sobreposição, desde que bem conduzidas pelos analistas ambientais.

Ficou evidenciado que o resultado do EIA apresentou resultados relacionados com as particularidades locais, enquanto a ACV trouxe em seus resultados a avaliação de impactos relacionados aos empreendimentos em questão, mas que se manifestam também fora do local de implantação.

Identificadas as possibilidades de complementaridade das ferramentas, é preciso analisar se o atual mercado de consultoria ambiental no Brasil comporta, técnica e economicamente, a inserção da ACV no escopo de seus projetos. No entanto, não resta dúvida que este é um dos caminhos a serem trilhados para que os resultados dos estudos ambientais sejam cada vez mais fiéis à realidade dos empreendimentos. Desta forma, é fundamental que os órgãos ambientais possam iniciar de forma gradual a inserção desse produto em seus Termos de Referência.

Os primeiros estudos realizados combinando o uso das duas ferramentas poderão utilizar como ponto de partida para seus próprios estudos, alguns outros estudos de caso realizado por alguns autores, como é o caso de Larrey-Lassalle et al. (2017), que através de realização de estudo de caso, apontou quatro pontos dos estudos ambientais em que a aplicação da ACV poderia ser benéfica: comparação de alternativas; identificação preliminar de impactos; análise de impactos; impacto das medidas mitigadoras. Já Židonienė e Kruopienė (2015), propõem uma abordagem diferente de estudo de caso para identificar e integrar as duas ferramentas. Também

dividido em quatro pontos, os autores adotaram: avaliação do cenário primário; formulação do problema; concepção e triagem de cenários e compatibilização das condições locais com o cenário selecionado.

5 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados dos estudos de caso apresentados, são fortes os indícios de que as duas ferramentas (EIA e ACV), ainda que tenham apresentado resultados opostos, são complementares dentro de uma AIA. Enquanto o EIA tem um foco local, com limitações, quando se trata de analisar impactos fora da região do projeto, tem seu foco voltado para os meios físico, biótico e socioeconômico e as relações ecossistêmicas entre esses meios. A ACV, por sua vez tem seu foco mais abrangente, considerando a origem dos insumos necessários para implantação dos empreendimentos, contemplando as emissões e gastos energéticos envolvidos em todos os processos, além de considerar a vida útil e a destinação final dos insumos realizados para a implantação dos empreendimentos em tela.

Os resultados apresentados nesta dissertação indicaram ainda, a viabilidade da aplicação da ACV como uma importante ferramenta de apoio no processo de AIA, para os empreendimentos da tipologia Linhas de Transmissão. Seus resultados demonstram que o uso complementar de uma ACV simplificada no processo de AIA trará maior robustez ao resultado obtido, uma vez que lançará luz em questões onde, nos estudos ambientais, são ainda obscuras.

Devido ao seu aspecto amplo, abarcando implicações ambientais decorrentes, desde a extração de matérias-primas, até o destino final dos componentes de um empreendimento depois de findada sua vida útil, a ACV apresentou-se como uma importante ferramenta para equacionar a carência dos estudos ambientais relacionadas à abrangência de suas áreas de estudo.

Recomenda-se ainda que o presente estudo possa ser ampliado e aplicado em outras tipologias de empreendimento, e que possa também ter sua eficácia avaliada como uma ferramenta de planejamento ambiental, utilizado por entes públicos para aprimorar termos de referência e legislações.

Por fim, como derradeira proposição dessa dissertação, sugere-se que este estudo possa ser ampliado com a formulação de métricas que tratam da complementariedade dessas duas ferramentas, não só de forma qualitativa, mas também de forma quantitativa, contribuindo, desta forma, com a ampliação do uso da ACV e com a melhoria da precisão dos estudos ambientais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, Rafael Pazeto; QUEIROZ, Timoteo Ramos; RENOFIO, Adilson. Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada: Um Levantamento Bibliográfico Sobre as mais Recentes Publicações Nacionais e Internacionais. **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção**, Bento Gonçalves, 18 out. 2012.
- ALVARENGA, Rodrigo Augusto Freitas de; SILVA JUNIOR, Vamilson Prudêncio da; SOARES, Sebastião Roberto. Comparison of the ecological Footprint and Life Cycle Impact assessment Method for a Case Study on Brazilian Broiler Feed Production. **Journal Of Cleaner Production**, Florianópolis, v. 25, n. , p.25-32, jun. 2011.
- ARAÚJO, Suely Mara Vaz Guimarães de. Licenciamento Ambiental e Legislação. **Consultoria Legislativa - Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados**. Brasília, p. 4-4. set. 2002.
- ASSIS, Bruno Bastos de. **Avaliação do Ciclo de Vida do Produto Como Ferramenta para o Desenvolvimento Sustentável**. 66 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14001**: Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientações para Uso. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 20042015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14040**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2009.
- BRASIL. Brasil. Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Caderno de Licenciamento Ambiental**. 2. ed. Brasília: MMA, 2009. 91 p.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil, 05 de outubro de 1988. **Constituição Federal**.
- BRASIL. Decreto Nº 88.351, de 1983. Regulamenta a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, e dá outras providências. **Decreto**.
- BRASIL. Lei Nº 6803, de 2 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. **Política de Zoneamento Industrial**.

BRASIL. Lei Nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Política Nacional do Meio Ambiente.**

BRASIL. Resolução Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre procedimentos relativos à Estudo de Impacto Ambiental. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.**

BRASIL. Resolução Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.**

CHADWI, Andrew; GLASSON, John; THERIVEL, Riki. **Introduction to Environmental Impact Assessment.** 3.ed. Londres: Routledge, 2005. 448 p.

CHEHEBE, José Ribamar B. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos: Ferramentas Gerenciais da ISO 14000.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 107 p.

CHERUBINI, Edivan. **Incertezas na Avaliação do Ciclo de Vida: Um Estudo de Caso na Suinocultura.** 2015. 246 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

CHRISTENSEN P. et al. **EIA as Regulation: Does it Work?** Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 48, No. 3, 393 – 412, 2005.

COELHO FILHO, Osmar; SACCARO JUNIOR, Nilo Luiz; LUEDEMANN, Gustavo. O Uso da Análise de Ciclo de Vida (ACV) nas Políticas Públicas: Condicionantes e Estratégias de Implementação da ACV no Brasil. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, São Paulo, v. 12, p.30-37, Julho/Dezembro 2015. Semestral.

CORNEJO, F. et al. Using Life Cycle Assessment (ACV) as a Tool to Enhance Environmental Impact Assessments (EIA). **Chemical Engineering Transactions**, Montreal, p.1-10, 2005.

DUARTE, Carla Grigoletto; DIBO, Ana Paula Alves; SÁNCHEZ, Luis Enrique. O que diz a Pesquisa Acadêmica Sobre Avaliações de Impacto e Licenciamento Ambiental no Brasil. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 1, p.245-278, mar. 2017. Trimestral.

ELER, Márcia Noélia; MILLANI, Thiago José. Métodos de Estudos de Sustentabilidade Aplicados a Aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasil, v. 36, p.33-44, dez. 2007.

ESTADOS UNIDOS DA AMERICAUSEPA. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Design for the Environment Life-Cycle Assessments.** Disponível em: <<https://www.epa.gov/saferchoice/design-environment-life-cycle-assessments>>. Acesso em: 03 out. 2016.

FINNVEDEN, Göran et al. Recent developments in Life Cycle Assessment. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 91, n. 1, p.1-21, out. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>.

FRANCO, Ana Claudia; HINZ, Roberta Tomasi Pires; VALENTINA, Luiz V. Dalla. Sustentabilidade Ambiental das Organizações Através da Produção Mais Limpa ou Pela Avaliação do Ciclo de Vida. **Estudos Ecológicos**, v. 2, p.91-98, dez. 2006. Semestral.

GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília M. V. B.. **Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 109 p.

GUINÉE, J. B. et al. **Environmental Life Cycle Assessment of Products**. Rotterdam, Netherlands: B&G, 1992.

HOCHSCHORNER, Elisabeth; FINNVEDEN, Goran. Evaluation of Two Simplified Life Cycle Assessment Methods. **LCA Methodology**, Landsberg, v. 3, n. 8, p.119-128, mar. 2003.

HUANG, Y. Anny; WEBER, Christopher L.; MATTHEWS, H. Scott. Categorization of Scope 3 Emissions for Streamlined Enterprise Carbon Footprinting. **Environmental Science & Technology**, [s.l.], v. 43, n. 22, p.8509-8515, 15 nov.2009.American Chemical Society (ACS).<http://dx.doi.org/10.1021/es901643a>.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT - IAIAASSESSMENT, International Assossiation For Impact - IAIA. **Impact Assessment: Fastips 1.2012**. Disponível em: <http://iaia.org/uploads/pdf/Fastips_1_ImpactAssessment.pdf>. Acesso em: 13 set. 2016.

LARREY-LASSALLE, Pyrène et al. An innovative implementation of LCA within the EIA procedure: Lessons learned from two Wastewater Treatment Plant case studies. **Environmental Impact Assessment Review**, [s.l.], v. 63, p.95-106, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.12.004>.

LLOYD, Shannon M.; RIES, Robert. Characterizing, Propagating, and Analyzing Uncertainty in Life-Cycle Assessment: A Survey of Quantitative Approaches. **Journal Of Industrial Ecology**, Johnstown, v. 11, n. 1, p.161-179, jun. 2007

LOISEAU, Eléonore et al. Implementation of an Adapted LCA Framework to Environmental Assessment of a Territory: Important Learning Points From a French Mediterranean Case Study. **Journal Of Cleaner Production**, Paris, v. 80, p.17-29, dez. 2014.

LOISEAU, Eléonore; JUNQUA, Guillaume; BELLON-MAUREL, Véronique. Environmental assessment of a territory: An overview of existing tools and methods. **Journal Of Environmental Management**. Paris, p. 213-225. 15 dez. 2012.

MANUILOVA, Anastassia; SUEBSIRI, Jitsopa; WILSON, Malcolm. Should Life Cycle Assessment be part of the Environmental Impact Assessment? Case Study: EIA of CO₂ Capture and Storage in Canada. **Energy Procedia**, Saskatchewan, v. 1, n. 1, p.4511-4518, 2009.

MENDES, Natalia Crespo; BUENO, Cristiane; OMETTO, Aldo Roberto. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: Revisão dos Principais Métodos. **Production**, São Carlos, p.160-175, 2016.

MOREIRA, Iara Verocai Dias. **Avaliação de Impacto Ambiente - AIA**. Rio de Janeiro: Assessoria Técnica da Presidência, 1985. 20 p.

MORENO, Betzabet; RODRIGUEZ, María B.; CAMPANELLA, Enrique A.. Environmental impact assessment as a complement of life cycle assessment. Case study: Upgrading of biogas. **Bioresource Technology**, n. 190, p.402-407, 2015.

MOURAD, Anna Lúcia et al. **Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Aplicações**. São Paulo: Fapesp, 2002. 98 p.

MÜLLER-PLANTENBERG, Clarita; AB'SABER, Aziz Nacio. **Previsão de Impactos: O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2002. 573 p.

PROSUL. **Estudo de Impacto Ambiental da Linha de Transmissão de Energia de 138 kV Trindade - Ilha Norte**. Florianópolis, 2011.

PROSUL. **Estudo de Impacto Ambiental da Linha de Transmissão de Energia de 500kV Morro do Chapéu - Sapeaçú**. Florianópolis, 2015.

PROSUL. **Estudo de Impacto Ambiental das Linhas de Transmissão de Energia do Grupo Região Metropolitana de Porto Alegre/RS**. Florianópolis, 20142015.

RECKMANN, K.; TRAULSEN, I.; KRIETER, J.. Environmental Impact Assessment – methodology with special emphasis on European pork production. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 107, p.102-109, set. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.04.015>.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental - Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 495 p.

SÃO PAULOCETESB,. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Manual para Elaboração de Estudos para o Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental**. São Paulo: CETESB 2014. 250 p.

SEIDEL, Christina. The Application of Life Cycle Assessment to Public Policy Development. **Int J. Life Cycle Assess**, Alberta, v. 21, p.337-348, 2016.

SETAC. **Life Cycle Assessment and Conceptually Related Programmes**. Disponível em: <<http://www.setac.org/>>. Acesso em: 10 out. 2017

SOCIEDADE PORTUGUESA DE INOVAÇÃO. : Gestão Ambiental e Economia de Recursos. Porto: Principal, Publicações Universitárias e Científicas, 2005. 104 p.

TUKKER, A. Life Cycle Assessment as a Tool in Environmental Impact Assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, Delft, p.435-456, 1999.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Guidance on Organizational Life Cycle Assessment.** Berlin: Life Cycle Initiative, 2014.

VIANA, MAURÍCIO BORATTO. **Licenciamento ambiental de minerações em Minas Gerais: novas abordagens de gestão.** Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília (UnB). Brasília, 2007, 305 p.: il.

WARDENAAR, Tjerk et al. Differences Between LCA for Analysis and a LCA for Policy: A Case Study on the Consequences of Allocation Choices in Bio-Energy Policies. **Int. J. Life Cycle Assess.**, The Hague, v. 17, p.1059-1067, May 2012.

WENZEL, Henrik. Application Dependency of LCA Methodology: Key Variables and Their Mode of Influencing the Meth. **LCA Methodology: Application Dependency**, Landsberg, v. 5, n. 3, p.281-288, out. 1998.

APÊNDICE A - Resultados dos Processos de ICV

Empreendimento 1 -LT 230 kV		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Extensão (km)		67,20	68,30	83,50
Total de Metal				
Condutor CAL Al 1120 - 823 Kcmil (kg/km)		1.150,00	1.150,00	1.150,00
Número de fases		3,00	3,00	3,00
Cabos por fase		2,00	2,00	2,00
Massa condutores Alumínio(ton)		463,68	471,27	576,15
Cabo para-raios aço 3/8" EHS (kg/km)		407,00	407,00	407,00
Massa cabo para-raio (ton)		27,35	27,80	33,98
Cabo OPGW 75 mm ² (kg/km)		458,00	458,00	458,00
Massa cabo OPGW Aço (ton)		30,78	31,28	38,24
Torres de transmissão em aço - Raquete (ton)		15,86	15,86	15,86
Quantidade de torres por km		2,00	2,00	2,00
Massa das torres (ton)		2.131,58	2.166,48	2.648,62
Total de alumínio (ton)		463,68	471,27	576,15
Total de aço (ton)		2.189,71	2.225,56	2.720,85
Total de aço cabos (ton)		58,13	59,08	72,23
Porcelana				
Isoladores porcelana(kg)		10,00	10,00	10,00
Quantidade por fase		7,00	7,00	7,00
Quantidade de fases por torre		3,00	3,00	3,00
Quantidade de torres por km		2,00	2,00	2,00
Massa dos isoladores (ton)		28,22	28,69	35,07
Concreto				
Fundação (m ³ de concreto/torre)		3,00	3,00	3,00
Volume de concreto (m ³)		403,20	409,80	501,00
Transporte				
Carretas torres (nº carretas)		47,37	48,14	58,86
Torres (L diesel)		38.851,16	39.487,12	48.274,88
Carretas para-raios (nº carretas)		0,68	0,70	0,85
Para-raios (L diesel)		560,97	570,15	697,03
Carretas cabos (nº carretas)		10,30	10,47	12,80

Empreendimento 1 -LT 230 kV	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Cabos (L diesel)	650,09	660,74	807,78
Carretas OPGW (nº carretas)	0,68	0,70	0,85
Cabos (L diesel)	129,45	131,57	160,85
Carretas isoladores (nº carretas)	0,63	0,64	0,78
Isoladores (L diesel)	118,71	120,66	147,51
Consumo obra (L diesel)	2.119,87	2.154,57	2.634,07
Total Diesel (L)	42.430,26	43.124,81	52.722,13
Total Diesel (kg)	36.193,01	36.785,46	44.971,98
Emissões do Transporte			
SOx (kg)	99,18	100,80	123,23
NOx (kg)	207,67	211,07	258,05
CO (kg)	14,93	15,17	18,55
Particulados (kg)	86,35	87,77	107,30
HC (kg)	9,55	9,71	11,87
CO2 (kg)	110.445,98	112.253,87	137.235,70
N2O (kg)	4,04	4,10	5,01
Perdas de Energia			
Perda de Energia (MWh/20 anos)	986.486,10	1.002.633,93	1.225.767,69
Material Reciclado			
Material reciclado após uso aço(ton)	2.189,71	2.225,56	2.720,85
Material reciclado após uso alumínio(ton)	463,68	471,27	576,15
Material reciclado após uso vidro(ton)	28,22	28,69	35,07
Empreendimento 2 - LT 138 kV	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Extensão (km):	19,65	23,30	28,00
Total de Metal			
Condutor GROSBEAK 25,15 (ton/ um cabo/linha toda)			
Aço	8,05	9,54	11,46
Alumínio	17,23	20,43	24,56
Número de circuitos	2,00	2,00	2,00
Número de fases	3,00	3,00	3,00
Cabos por fase	1,00	1,00	1,00
Massa condutores aço (ton)	48,27	57,24	68,78
Massa condutores alumínio (ton)	103,40	122,61	147,34
Massa total de condutores	151,67	179,84	216,12
Massa total de alumínio (ton)	112,40	133,28	160,16
Cabo para-raios aço 5/16" HS (kg/km)	305,00	305,00	305,00
Massa cabo para-raio (ton) (aço)	5,99	7,11	8,54

Empreendimento 2 - LT 138 kV	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Cabo OPGW 75 mm ² (kg/km)	458,00	458,00	458,00
Massa cabo OPGW (ton) (aço)	9,00	10,67	12,82
Torres de transmissão em aço - Raquete (ton)	11,15	11,15	11,15
Quantidade de torres por km	4,00	4,00	0,00
Massa das torres (ton)	876,39	1.039,18	0,00
Massa total de aço para cabos (ton)	63,26	75,02	90,15
Massa total de aço(ton)	939,65	1.114,20	90,15
Concreto			
Postes de transmissão (m ³ de concreto)			
Quantidade de postes por km	0,00	0,00	10,00
Volume de concreto por poste (m ³)	0,00	0,00	1,50
Volume total de concreto dos postes (m ³)	0,00	0,00	420,00
Fundação (m ³ de concreto/torre/poste)	2,50	2,50	1,00
Volume de concreto para fundação (m ³)	196,50	233,00	280,00
Volume total de concreto (m ³)	196,50	233,00	700,00
Porcelana			
Isoladores porcelana(kg)	10,00	10,00	10,00
Quantidade por fase	5,00	5,00	5,00
Quantidade de fases por torre	6,00	6,00	6,00
Quantidade de torres por km	4,00	4,00	10,00
Massa dos isoladores (ton)	23,58	27,96	84,00
Transporte			
Carretas torres	19,48	23,09	0,00
Torres (L diesel)	15.973,46	18.940,54	0,00
Carretas para-raios	0,13	0,16	0,19
Para-raios (L diesel)	109,24	129,53	155,65
Carretas cabos	3,37	4,00	4,80
Cabos (L diesel)	212,65	252,15	303,01
Carretas OPGW	0,20	0,24	0,28
Cabos (L diesel)	37,85	44,88	53,94
Carretas isoladores	0,52	0,62	1,87
Isoladores (L diesel)	99,18	117,60	353,31
Consumo obra (L diesel)	619,87	735,02	883,28
Total Diesel (L)	17.052,25	20.219,72	1.749,19
Total Diesel (kg)	14.545,57	17.247,42	1.492,06

Empreendimento 2 - LT 138 kV	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<i>Emissões do Transporte</i>			
Sox (kg)	39,86	47,26	4,09
NOx (kg)	83,46	98,96	8,56
CO (kg)	6,00	7,11	0,62
Particulados (kg)	34,70	41,15	3,56
HC (kg)	3,84	4,55	0,39
CO ₂ (kg)	44.387,01	52.631,92	4.553,15
N ₂ O (kg)	1,62	1,92	0,17
<i>Perdas de Energia</i>			
Perda de energia para 20 anos considerando a extensão das alternativas (MWh/20 anos)	288.459,10	342.040,57	411.035,87
<i>Material Reciclado</i>			
Material reciclado após uso aço(ton)	939,65	1.114,20	90,15
Material reciclado após uso alumínio(ton)	112,40	133,28	160,16
Material reciclado após uso vidro(ton)	23,58	27,96	84,00
Empreendimento 3 - LT 500 kV	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Extensão (km):	301,00	279,00	272,00
<i>Total de Metal</i>			
Cabos condutores			
Condutor CAL 1120 – 993 kCM(kg/km)	1.395,20	1.395,20	1.395,20
Número de circuitos	1,00	1,00	1,00
Número de fases	3,00	3,00	3,00
Cabos por fase	4,00	4,00	4,00
Massa condutores alumínio (kg)	5.039.462,40	4.671.129,60	4.553.932,80
Massa total de condutores alumínio (ton)	5.039,46	4.671,13	4.553,93
 Cabos para-raio e telecom			
Cabo para-raios CAA DOTTEREL			
Massa condutores alumínio (kg/km) - catálogo	247,70	247,70	247,70
Massa condutores aço (kg/km) - catálogo	408,10	408,10	408,10
Massa condutores alumínio (kg)	74.557,70	69.108,30	67.374,40
Massa condutores aço (kg)	122.838,10	113.859,90	111.003,20
Massa alumínio (ton)	74,56	69,11	67,37
Massa aço (ton)	122,84	113,86	111,00
 Cabo aço galvanizado 3/8" EAR			
Massa condutores aço (kg/km) - catálogo	407,00	407,00	407,00
Massa condutores aço (kg)	122.507,00	113.553,00	110.704,00
Massa aço (ton)	122,51	113,55	110,70

Empreendimento 3 - LT 500 kV	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Cabo OPGW 83 mm ²			
Massa condutores aço (kg/km)	593,00	593,00	593,00
Massa condutores aço (kg)	178.493,00	165.447,00	161.296,00
Massa aço (ton)	178,49	165,45	161,30
Cabo OPGW 159 mm ²			
Massa condutores aço (kg/km)	768,00	768,00	768,00
Massa condutores aço (kg)	231.168,00	214.272,00	208.896,00
Massa Aço (ton)	231,17	214,27	208,90
Torres de transmissão em Aço tipo estaiada Cross rope (ton/torre)	15,60	15,60	15,60
Quantidade de torres por km	2,00	2,00	2,00
Massa das torres (ton)	9.391,20	8.704,80	8.486,40
Massa total de alumínio (ton)	5.114,02	4.740,24	4.621,31
Massa total de aço estrudado (fios) (ton)	655,01	607,13	591,90
Massa total de aço (ton)	9.391,20	8.704,80	8.486,40
Vidro			
Isoladores vidro temperado(kg)	10,00	10,00	10,00
Quantidade por fase	28,00	28,00	28,00
Quantidade de fases por torre	3,00	3,00	3,00
Quantidade de torres por km	2,00	2,00	2,00
Massa dos isoladores vidro temperado (ton)	505,68	468,72	456,96
Concreto			
Fundação (m ³ de concreto/torre)	4,05	4,05	4,05
Volume de concreto (m ³)	2.438,10	2.259,90	2.203,20
Transporte			
Carretas torres	208,69	193,44	188,59
Torres (L diesel)	171.168,03	158.657,41	154.676,76
Carretas para-raios	16,21	15,03	14,65
Para-raios (L diesel)	13.297,34	12.325,44	12.016,20
Carretas cabos	111,99	103,80	101,20
Cabos (L diesel)	7.065,49	6.549,08	6.384,76
Carretas isoladores	11,24	10,42	10,15
Isoladores (L diesel)	2.126,94	1.971,48	1.922,02
Consumo obra (L diesel)	9.495,27	8.801,26	8.580,44
Total Diesel (L)	203.153,08	188.304,68	183.580,19
Total Diesel (kg)	173.289,57	160.623,89	156.593,90

Empreendimento 3 - LT 500 kV	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Emissões do Transporte			
SOx (kg)	474,85	440,14	429,10
NOx (kg)	994,33	921,65	898,53
CO (kg)	71,48	66,26	64,60
Particulados (kg)	413,44	383,23	373,61
HC (kg)	45,72	42,38	41,32
CO ₂ (kg)	528.807,46	490.157,08	477.859,23
N ₂ O (kg)	19,32	17,91	17,46
Perdas de Energia			
Perda de energia para 20 anos considerando a extensão das alternativas (MWh/20 anos)	4.418.635,64	4.095.678,88	3.992.919,91
Material Reciclado			
Material reciclado após uso aço(ton)	10.046,21	9.311,93	9.078,30
Material reciclado após uso alumínio(ton)	5.114,02	4.740,24	4.621,31
Material reciclado após uso vidro(ton)	505,68	468,72	456,96