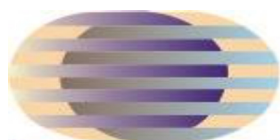




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**DOUTORADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE DA**  
**ASSOCIAÇÃO PLENA EM REDE DAS INSTITUIÇÕES**



**Doutorado em Desenvolvimento  
e Meio Ambiente**

**Associação Plena  
em Rede**



UFPI

UFC

UFRN

UFPB

UFPE

UFS

UESC

**LEONARDO MADEIRA MARTINS**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM CURTUMES**

**TERESINA/PI**  
**2015**

LEONARDO MADEIRA MARTINS

## **AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM CURTUMES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Associação Plena em Rede de Instituições (UFPI, UFC, UFRN, UFPB, UFPE, UFS, UESC), como requisito para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Zonas Semiáridas e Ecossistemas Limítrofes.

Orientador: Prof. Dr. José Machado Moita Neto.

**TERESINA/PI  
2015**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Serviço de Processamento Técnico

M386a      Martins, Leonardo Madeira.  
                 Avaliação de impactos ambientais em curtumes / Leonardo  
                 Madeira Martins. – 2015.  
                 130 f.

                 Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) –  
                 Universidade Federal do Piauí, 2015.  
                 “Orientação: Prof. Dr. José Machado Moita Neto”.

                 1. Impacto Ambiental- Avaliação. 2. Curtume. 3. RIAM.  
                 4. MAASPI. I. Título.

CDD 333.714

LEONARDO MADEIRA MARTINS

## AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM CURTUMES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Associação Plena em Rede de Instituições (UFPI, UFC, UFRN, UFPB, UFPE, UFS, UESC), como requisito para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Zonas Semiáridas e Ecossistemas Limitófes.

Orientador: Prof. Dr. José Machado Moita Neto.

APROVAÇÃO EM: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Machado Moita Neto  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Carlos Ernando da Silva  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
(Examinador Interno/vinculado à Rede PRODEMA)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Elaine Aparecida da Silva  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
(Examinador Interno/vinculada à Rede PRODEMA)

---

Prof. Dr. Francisco Francielle Pinheiro dos Santos  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
(Suplente Interno/vinculado à Rede PRODEMA)

---

Prof. Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles  
Universidade Federal do Ceará – UFC  
(Examinador Externo/vinculado à Rede PRODEMA)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Anna Kelly Moreira da Silva  
Instituto Federal do Ceará – IFCE  
(Examinador Externo)

---

Prof. Dr. Mário de Alencar Freitas Neto  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
(EMBRAPA); Centro Universitário UNINOVAFAPI  
(Suplente Externo)

Dedico os méritos desta conquista aos meus pais (Evaldo Madeira e Doraci Gomes), meus exemplos de vida, os quais me educaram diante de grandes dificuldades, sempre me incentivando a estudar e a acreditar nos meus sonhos, renunciando seus planos de vida em favor dos meus.

Ao meu irmão (Leandro Madeira) e a minha querida esposa (Sarah Cordeiro).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida e por sua infinita misericórdia.

Aos meus pais, irmão e esposa por todo amor, incentivo e paciência neste período de grandes dificuldades, mas também de grandes conquistas.

Ao Prof. Dr. José Machado Moita Neto, por todo o conhecimento e sabedoria transmitidos e por sua grande paciência e compreensão diante de todas as dificuldades enfrentadas durante o doutorado.

Ao Prof. Dr. Carlos Ernando da Silva e Prof. Dr. Bartolomeu Cruz Viana Neto por toda a logística disponibilizada para a realização dos ensaios laboratoriais.

A Profª Drª Roseli Farias Melo Barros, por todas as palavras de incentivo e apoio.

Ao Sr. João Batista, Srª. Juliana Kuhn e Sr. David Fernandes, por terem me oportunizado conhecer as instalações industriais dos curtumes em que são responsáveis e por todas as informações fornecidas.

A Tecnóloga em Gestão Ambiental Míriam Oliveira e a Administradora Elexandra Almeida por terem cuidado tão bem de nosso querido escritório, principalmente, nos momentos em que estive ausente.

Ao Prof. Dr. Mário de Alencar Freitas Neto e o Economista Erick Elysio Reis Amorin por terem me liberado inúmeras vezes no trabalho durante a construção da tese.

Aos discentes da Engenharia Civil, Andressa Cavalcante, Yan Levy, José Alexandrino, e da Química, Eduardo da Silva Sousa que me acompanharam durante a tese.

Aos colegas de curso: Alexandre Nojoza, Romina Paradizo, Juliana Portela, Elaine Silva, Guilhermina Castro, Maria Pessoa, Emiliana Cerqueira e em especial à querida Thaís Sucupira Kampf (*in memoriam*) que tão precocemente nos deixou.

A CAPES pela bolsa que muito nos ajudaram na realização do presente trabalho.

## RESUMO

O couro, mercadoria histórica, é um produto de elevado valor econômico devido a sua importância e nobreza. Sua produção fica a cargo dos curtumes, cuja modernização, ao longo dos séculos, tem melhorado a qualidade do couro por sofisticada sequência de etapas de processamento químico industrial, porém tem elevado o potencial de impacto ambiental dos curtumes, produzindo efluentes líquidos e gasosos, bem como resíduos sólidos mais complexos e de difícil gerenciamento. A mitigação dos diversos impactos ambientais adversos na indústria coureira está diretamente relacionada a sua sobrevivência. Assim, o objetivo deste trabalho está na identificação e avaliação de impactos ambientais em curtumes. Neste sentido, foram visitados três indústrias do couro com o intuito de conhecer as dificuldades encontradas no atendimento à legislação ambiental. Em seguida buscou-se avaliar a conformidade locacional de cada curtume utilizando o Modelo Coppe-Cosenza. Posteriormente os impactos ambientais foram identificados e avaliados conforme os métodos *The Rapid Impact Assessment Matrix – RIAM* e o Modelo para Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais – MAASPI. Os métodos estudados se mostraram eficazes, respeitando suas limitações, para a avaliação simplificada de impactos ambientais em indústrias do couro.

Palavras-chave: avaliação de impacto ambiental; curtume; Modelo Coppe-Cosenza; RIAM; MAASPI.

## **ABSTRACT**

Leather, historical goods, is a product of high economic value because of its importance and nobility. Its production takes place in tanneries, whose modernization, over the centuries, has improved the quality of leather for sophisticated sequence of industrial chemical processing steps, but it has raised the potential environmental impact of tanneries, producing liquid and gaseous effluents and waste solid complex and difficult to manage. The mitigation of adverse environmental impacts on the various leather industry is directly related to their survival. The objective of this work is the identification and evaluation of environmental impacts in tanneries. In this sense, we visited three leather industries in order to meet the difficulties encountered in compliance with environmental legislation. Then sought to evaluate the locational conformity of each tannery using the Model Coppe-Cosenza. Subsequently the environmental impacts were evaluated as methods The Rapid Impact Assessment Matrix - RIAM and Model for Environmental Assessment of Industrial Production Systems - MAASPI. The methods studied were effective, respecting their limitations, for simplified environmental impact assessment in the leather industries.

**Keywords:** environmental impact assessment; tanning; Model Coppe-Cosenza; RIAM; MAASPI.



## RESUMEN

Cuero, bienes históricos, es un producto de alto valor económico debido a su importancia y nobleza. Su producción se realiza en las curtiembres, cuya modernización, a lo largo de los siglos, se ha mejorado la calidad de cuero para sofisticada secuencia de pasos de procesamiento químico industrial, pero se ha planteado el posible impacto ambiental de las curtiembres, la producción de líquidos y efluentes gaseosos y de los residuos sólido complejo y difícil de manejar. La mitigación de los impactos ambientales adversos en la industria de los cueros diferentes está directamente relacionado con su supervivencia. El objetivo de este trabajo es la identificación y evaluación de los impactos ambientales en las curtiembres. En este sentido, visitamos tres industrias del cuero con el fin de cumplir con las dificultades encontradas en el cumplimiento de la legislación ambiental. Luego trató de evaluar la viabilidad de localización de cada curtiembre utilizando el Modelo Coppe-Cosenza. Posteriormente los impactos ambientales fueron evaluados como métodos de la Matriz de Impacto Evaluación Rápida - RIAM y Modelo de Evaluación Ambiental de los Sistemas de Producción Industrial - MAASPI. Los métodos estudiados fueron eficaces, respetando sus limitaciones, para la evaluación de impacto ambiental simplificada en las industrias del cuero.

Palabras clave: evaluación del impacto ambiental; curtido; Modelo Coppe-Cosenza; RIAM; MAASPI.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Etapas da produção do couro.....  | 20 |
| Figura 2 - Processo de curtimento de peles com pelos.....  | 23 |
| Gráfico 1 - Balança comercial (US\$ FOB) do mercado do couro no Piauí.....   | 27 |
| Gráfico 2 - Exportações de couro do mercado teresinense e parnaibano.....  | 28 |
| Gráfico 3 - Balança comercial brasileira (1989-2014).....  | 29 |
| Gráfico 4 - Balança comercial (US\$ FOB) do mercado coureiro brasileiro.....   | 29 |
| Gráfico 5 - Série histórica das exportações brasileiras de couros bovinos (2000-2011).....   | 30 |
| Figura 3 - Disposição geográfica dos curtumes brasileiros.....   | 31 |
| Quadro 1 - Grupos de pesquisa que trabalham com couro no Brasil registrados no CNPQ.....   | 34 |
| Quadro 2 - Legislação europeia aplicada a indústria do couro.....  | 38 |
| Figura 4 - Balanço de massa e energia em curtume.....  | 39 |
| Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo do couro num curtume completo.....   | 40 |
| Figura 6 - Processo de avaliação de impacto ambiental.....   | 56 |
| Figura 7 - Esquema básico das relações entre causa e consequência para identificação de impactos ambientais.....                         | 57 |
| Figura 8 - Comparação entre os métodos MAICAPI e MAASPI.....   | 64 |
| Figura 9 - escala de priorização das intervenções ambientais do processo produtivo.....  | 66 |
| Figura 10 - Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida.....   | 69 |
| Quadro 3 - Relação entre a priorização das intervenções ambientais e prazo para implementar as ações de melhoria.....                    | 67 |
| Figura 11 - Matriz <i>A</i> - demanda de fatores por projetos.....   | 78 |
| Figura 12 - Matriz <i>B</i> - oferta de fatores pelas alternativas locais.....   | 78 |
| Figura 13 – Modelo básico para operações de matrizes.....  | 79 |
| Figura 14 - Número de artigos publicados por ano que utilizaram os tópicos <i>environmental impact assessment</i> e <i>tannery</i> ..... | 81 |
| Figura 15 - Número de citações por ano que utilizaram os tópicos <i>environmental impact assessment</i> e <i>tannery</i> .....           | 81 |
| Quadro 4 - Perfis dos curtumes visitados.....  | 82 |
| Figura 16 - Processo de tratamento do efluente do curtume A.....   | 84 |
| Figura 17 - Ensaio de coagulação/floculação do efluente com o floculante comercial, sem agitação.....                                    | 85 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 18 - Esquema do foto-reator.....   | 86  |
| Figura 19 - Localização dos curtumes visitados.....                               | 90  |
| Quadro 5 - Dimensões e princípios para implementação da ABNT NBR 16.296:2014..... | 97  |
| Figura 20 - Processo produtivo do couro no curtume A.....                         | 102 |

## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 1 - Exportações brasileiras de couro bovino por tipo de couro.....   | 30  |
| Tabela 2 - Caracterização das emissões para a produção do couro acabado.....  | 40  |
| Tabela 3 - Composição média de um efluente de curtume.....  | 43  |
| Tabela 4 - Distribuição da geração de resíduos sólidos industriais perigosos por setor industrial no Rio Grande do Sul.....           | 45  |
| Tabela 5 - Comparativo entre os efluentes gerados na produção dos couros <i>Wet blue</i> , <i>Wet White</i> e <i>Wet Bright</i> ..... | 50  |
| Tabela 6 - Custos por tratamento para remoção de cromo.....   | 52  |
| Tabela 7 - Avaliação prévia das intervenções ambientais.....  | 65  |
| Tabela 8 - Matriz de avaliação ambiental adotada no Modelo MAASPI.....  | 67  |
| Tabela 9 - Conversão de índices ambientais no RIAM.....   | 75  |
| Tabela 10 - Matriz de demanda (D).....  | 93  |
| Tabela 11 - Matriz de oferta (O).....   | 94  |
| Tabela 12 - Matriz modelo para o cálculo de $C_{ik}$ .....  | 95  |
| Tabela 13 - Matriz de cruzamento entre demanda/oferta.....  | 95  |
| Tabela 14 - Características adicionadas a matriz de demanda (D).....  | 96  |
| Tabela 15 - Características adicionadas a matriz de oferta (O).....   | 96  |
| Tabela 16 - Características adicionadas a matriz de cruzamento entre demanda/oferta.....  | 97  |
| Tabela 17 - Matriz de avaliação ambiental das emissões do processo produtivo do curtume A.....  | 112 |

## LISTA DE SIGLAS

AAE – Avaliação Ambiental Estratégica  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ADA – Avaliação de Desempenho Ambiental  
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental  
AliceWeb – Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Web  
AOX – *Adsorbable Organic Halogen*  
BSC – *Balance Scorecard*  
CEPRO – Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí  
CICB – Centro das indústrias de Curtumes do Brasil  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente  
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio  
DQO – Demanda Química de Oxigênio  
EDIP – *Danish Environmental Design of Industrial Products*  
EES – *Environmental Evaluation System*  
ES – *Environmental Score*  
EIA/Rima – Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental  
EPA – *US Environment Protection Agency*  
EPS – *Environmental Priority System*  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
EUSES – *European Uniform System for the Evaluation of Substances*  
FIPP – Ficha de Identificação do Processo Produtivo  
FOB – *Free on Board*  
GAIA – Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais  
ICT – *International Council of Tanners*  
IED – *Industrial Emissions Directive*  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia  
IPA – Índice de Pressão Ambiental  
IPPC – *Integrated Pollution Prevention and Control*  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
ISO – *International Organization for Standardization*  
LACOURO – Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente  
LCA – *Life Cycle Assessment*

LWG – *Leather Working Group*

MAASPI – Modelo para Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais

MAICAPI – Metodologia para Avaliação de Impactos e Custos Ambientais em Processos industriais

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MECAIA – Modelo Econômico de Controle e Avaliação de Impactos Ambientais

NBR – Norma Brasileira

NTK – Nitrogênio total Kjeldahl

PAF – *Potentially Affected Fraction*

PCP – Pentaclorofenol

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PROSAMIM – Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus

REACH – *Regulation on Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*

RIAM – *The Rapid Impact Assessment Matrix*

SAAPI – Sistema de Avaliação Ambiental de Processos

SASI - *Systematic Approach to Social Inclusion*

SECEX – Secretaria do Comércio Exterior

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SS – Sólidos em Suspensão

TAC – Termo de Ajuste de Conduta

TBT – Tributilestanho

TEPI – *Total Environmental Potency Index*

TGC – *Technical Guide Concentration*

UNIDO – *United Nations Industrial Development organizations*

USDA – *United States Departamento of Agriculture*

USEPA – *United States Protection Agency*

VOC – Compostos orgânicos voláteis

## SUMÁRIO

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>16</b>  |
| <b>1.1 Objetivos.....</b>   | <b>18</b>  |
| 1.1.1 Objetivo geral.....   | 18         |
| 1.1.2 Objetivos específicos.....  | 18         |
| <b>1.2 Relevância do trabalho.....</b>                                  | <b>18</b>  |
| <b>2 ESTADO DA ARTE.....</b>  | <b>19</b>  |
| <b>2.1 O processamento do couro.....</b>                                | <b>19</b>  |
| <b>2.2 O mercado do couro brasileiro e piauiense.....</b>               | <b>24</b>  |
| <b>2.3 O ensinamento das técnicas de curtimento no Brasil.....</b>      | <b>33</b>  |
| <b>2.4 Os desafios ambientais da indústria coureira.....</b>            | <b>36</b>  |
| 2.4.1 Legislação Ambiental.....   | 36         |
| 2.4.2 Resíduos gerados no processo produtivo do couro.....              | 39         |
| 2.4.3 Substituição da matéria-prima proveniente de salgadeiras.....     | 47         |
| 2.4.4 Redução da quantidade de produtos químicos usados no caleiro..... | 48         |
| 2.4.5 Substituição do agente curtente a base de sais de cromo.....      | 49         |
| 2.4.6 Medidas para uma produção mais limpa.....                         | 52         |
| <b>2.5 A avaliação de impactos ambientais.....</b>                      | <b>54</b>  |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>   | <b>82</b>  |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                    | <b>84</b>  |
| <b>4.1 Análises experimentais.....</b>                                  | <b>84</b>  |
| <b>4.2 Diagnóstico dos curtumes.....</b>                                | <b>89</b>  |
| 4.2.1 Quanto a localização.....   | 89         |
| 4.2.2 Quanto aos aspectos ambientais.....                               | 97         |
| 4.2.3 Descrição do processo produtivo no curtume A.....                 | 99         |
| <b>4.3 Impactos identificados.....</b>                                  | <b>106</b> |
| 4.3.1 Avaliação de Impactos Ambientais Segundo o RIAM.....              | 106        |
| 4.3.2 Avaliação de Impactos Ambientais Segundo o MAASPI.....            | 111        |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>  | <b>117</b> |
| <b>6 REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>118</b> |
| <b>SOBRE O AUTOR.....</b>   | <b>130</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O couro, produto dotado de grande valor econômico, representa uma das mais antigas mercadorias que permanecem no mercado moderno. A história do seu uso, importância e nobreza coincidem com a história da humanidade. Por exemplo, no livro bíblico de Gênesis (3:21) há relatos do primeiro uso de tal produto: “e fez o Senhor Deus Adão e a sua mulher túnicas de peles e os vestiu”. Além deste, diversos são os relatos na literatura sobre o uso do couro, desde o Egito Antigo, Babilônios, Hebreus, até os dias atuais.

No Brasil, segundo Ruppenthal (2001), o surgimento da indústria do couro tem relação com a imigração de povos de alguns países europeus para o sudeste e sul do país. Conforme o autor:

“Começou com a imigração, promovida por D. Pedro dos artesões italianos para a região de Franca – SP e dos artesões alemães para a Região do vale do rio dos Sinos no Rio Grande do Sul, em 1824. Quatro anos após, já haviam dez curtumes implantados e funcionando no Rio Grande do Sul. E em 1858, havia uma rua só de curtumes em Novo Hamburgo, fato que marca a primeira aglomeração industrial do setor couro no estado. Regionalmente, na última década, esse núcleo produtivo expandiu-se em direção aos vales dos rios Caí, Paranhana e Taquari” (RUPPENTHAL, 2001, p. 2).

O sertão nordestino brasileiro foi, em sua grande parte, entre os séculos XVI e XVII, ocupado para produzir gado, sendo chamado pelo escritor cearense Capistrano de Abreu de “civilização do couro”; pois, por mais que houvesse uma escassez de água, a terra era abundante e propícia à criação do gado já endêmico da região, o que fez daquela cultura sertaneja algo singular. Conforme Capistrano de Abreu:

“De couro era a porta das cabanas, o rude leito aplicado ao chão duro, e mais tarde a cama para os partos; de couro todas as cordas, a borracha para carregar água; o mocó ou alforje para levar comida, a mala para guardar roupa, mochila para milhar cavalo, a peia para prendê-lo em viagem, as bainhas de faca, as bruacas e surrões, a roupa de entrar no mato, os banguês para curtume ou para apurar sal; para os açudes, o material de aterro era levado em couros puxados por juntas de bois que calcavam a terra com seu peso; em couro pisava-se tabaco para o nariz” (ABREU, 1998, p. 135).

No Piauí, não foi diferente, o processo de desbravamento do seu território deu-se do interior para o litoral, pautando-se na atividade pecuária. Segundo Alves (2003), assim como a economia, toda a organização socioespacial do Piauí, definia-se de acordo com a atividade pecuária. A sociedade do Piauí colonial, assim como todas aquelas dos sertões, sob domínio da pecuária, viveram a cultura do couro, ao qual o usavam em várias situações do cotidiano seja como vestimentas, utensílios domésticos, equipamentos auxiliares na lida com o gado, conforme já descrito por Capistrano de Abreu.



Devido a sua qualidade, o couro ainda é bastante utilizado no mercado moderno, desde a produção de calçados, bolsas, cintos, casacos, móveis até a indústria automobilística, marítima e aeronáutica.

Conforme Moreira e Teixeira (2003), o século XIX constitui um marco para o desenvolvimento da indústria da transformação de peles, em um período que se caracterizou por grandes progressos, tanto no que se refere aos processos propriamente ditos como na forma de executá-los. Em 1800, por exemplo, são realizadas análises químicas para investigar diferentes extratos vegetais. Na metade do século XIX foi construída a primeira máquina de descarnar, operação que até então era realizada manualmente. Foi também nesse período à construção do fulão<sup>1</sup>, até hoje uma das mais importantes máquinas para a indústria curtidora.

A industrialização e a modernização dos processos de curtimento, ao longo dos séculos, têm melhorado a qualidade do couro por sofisticada sequência de etapas de processamento químico industrial, porém tem elevado o potencial de impacto ambiental dos curtumes, produzindo efluentes líquidos e gasosos, bem como resíduos sólidos mais complexos e de difícil gerenciamento.

De acordo com Ganem (2007), o curtume é uma atividade industrial poluente, pois emprega grandes quantidades de sal, cal, sulfetos, cromo e outros materiais tóxicos. Seus resíduos podem provocar odor desagradável, contaminação das águas superficiais, do solo e dos lençóis de águas subterrâneas, proliferação de vetores de doenças e degradação da biodiversidade aquática.

Conforme Ruppenthal (2001), com a globalização dos problemas ambientais, empresários de todo mundo, em menor ou maior grau, estão sob pressão para adotar políticas ambientais e incorporá-las aos processos produtivos e ao seu planejamento estratégico como matéria de rotina. Assim vários aspectos importantes tais como legislação, mudanças políticas, sociais e, tecnológicas, fornecedores, clientes, a opinião pública, além da própria competição, levam os responsáveis pelas organizações a dar mais atenção ao meio ambiente.

Portanto, a mitigação dos diversos impactos ambientais na indústria coureira está diretamente relacionada a sua sobrevivência. Assim, o objetivo deste trabalho está na

---

<sup>1</sup> Conforme Pacheco (2005), são cilindros horizontais fechados, normalmente de madeira, dotados de dispositivos para rotação em torno de seu eixo horizontal, com porta na superfície lateral para carga e descarga das peles, bem como para adição dos produtos químicos.

identificação e avaliação de impactos ambientais em curtumes através dos métodos RIAM e MAASPI, previamente selecionados devido a sua aplicabilidade aos curtumes visitados.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo geral

Identificar e avaliar impactos ambientais em curtumes, através dos métodos RIAM e MAASPI.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Estudar o mercado do couro no Piauí e no Brasil;
- Identificar e compreender os métodos de avaliação de impactos ambientais aplicados a indústrias de pequeno e médio porte;
- Realizar estudo comparativo da localização dos curtumes avaliados, através do método Coppe-Cosenza;
- Identificar os impactos ambientais gerados pela atividade coureira, através dos métodos RIAM e MAASPI.

## **1.2 Relevância do trabalho**

A originalidade e importância do trabalho está na avaliação de impactos ambientais em indústrias de grande porte, através de metodologias simplificadas desenvolvidas para indústrias de porte menor que não fazem medição de seus *inputs* e *outputs*.

## 2 ESTADO DA ARTE

### 2.1 O processamento do couro

Conforme a Lei Federal nº 11.211/2005, Art. 7º, I, “couro é o produto oriundo exclusivamente de pele animal curtida por qualquer processo, constituído essencialmente de derme”. De acordo com o Art. 8º, “é proibido o emprego, mesmo em língua estrangeira, da palavra "couro" e seus derivados para identificar as matérias-primas e artefatos não constituídos de produtos de pele animal” (BRASIL, 2005).

Tecnicamente, a diferença entre couro e pele está relacionada com a fonte (animal) da matéria-prima a ser curtida. Conforme Shreve e Brink Jr (2012), o termo couro se aplica às peles dos animais maiores, como touros, cavalos, vacas e bois; o termo pele é pertinente às peles de cabras, carneiro, novilhas e animais menores. Além desses, podem ser curtidas ainda as peles de lhamas, vicunhas, camelos, porcos, cobras, cavalos, búfalos, cangurus, crocodilos, peixes, rãs e aves como o avestruz.

Para Sundar (2002), o objetivo do curtimento é estabilizar a pele frente ao calor, a umidade, ao ataque enzimático e às tensões termomecânicas. Estas propriedades podem ser obtidas através de tratamentos com agentes minerais-curtentes como sais básicos de cromo, alumínio, zircônio e agentes orgânicos-curtentes tais como taninos vegetais, aldeídos e etc. Comparado ao curtimento vegetal, o curtimento ao cromo é de origem mais recente.

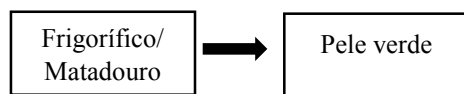
Segundo Lunk (2015), sais de cromo (III), especialmente sulfato de cromo (III) e potássio dodecahidratado (alúmen de cromo),  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , e sulfato de cromo (III) dodecahidratado,  $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$ , são usados no curtimento do couro. O cromo (III) estabiliza o couro por reticulação das fibras de colágeno. O couro curtido ao cromo contém entre 4 e 5% deste metal estritamente ligado às proteínas. Embora a forma do cromo para o curtimento não seja a variedade tóxica, hexavalente, há um interesse no uso cada vez menor deste metal, devido aos seus impactos ambientais potenciais.

Conforme Campos (2006), a classificação mais usual dos produtos ou subprodutos da indústria do couro é: *Wet Blue*, *Crust* e acabado. Para o couro *Wet Blue*, produto imediato do processo de curtimento, há reduzida agregação de valor e necessita de pouca mão de obra para sua execução; o *Crust* é o couro semiacabado e utiliza o *Wet Blue* como matéria-prima; o couro acabado, por sua vez, é o resultado da última etapa da transformação das peles em couros e consiste no produto final de maior valor agregado desse processo produtivo, empregando grandes contingentes de mão de obra.

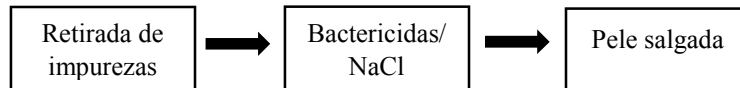
Segundo Pacheco (2005), o processo de transformação de peles em couros é normalmente dividido em três etapas principais, conhecidas por ribeira, curtimento e acabamento. O acabamento, é usualmente dividido em “acabamento molhado”, “pré-acabamento” e “acabamento final”. Na Figura 1 é apresentado um esquema ilustrativo desintegrado das principais etapas da produção do couro.

Figura 1 - Etapas da produção do couro

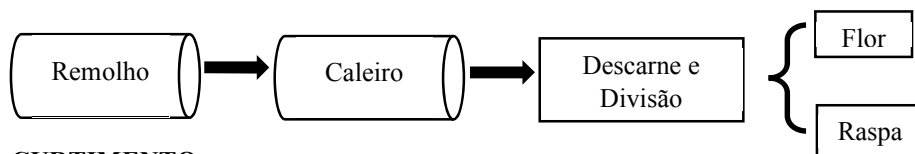
#### ABATE E ESFOLA



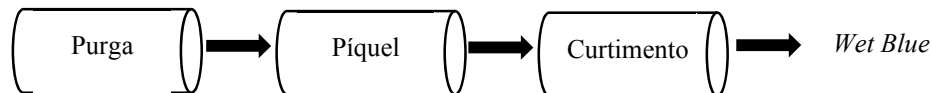
#### CONSERVAÇÃO



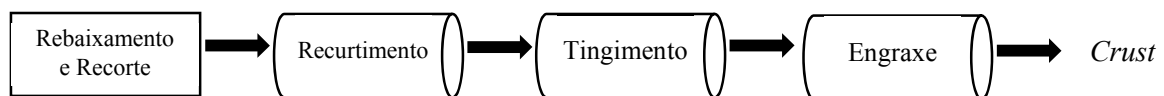
#### RIBEIRA



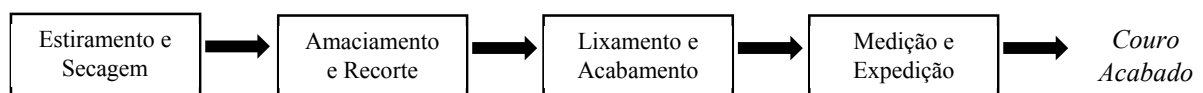
#### CURTIMENTO



#### ACABAMENTO MOLHADO



#### ACABAMENTO FINAL



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Cassano et al. (2001) e Moreira e Teixeira (2003), o processamento do couro ocorre da seguinte forma:

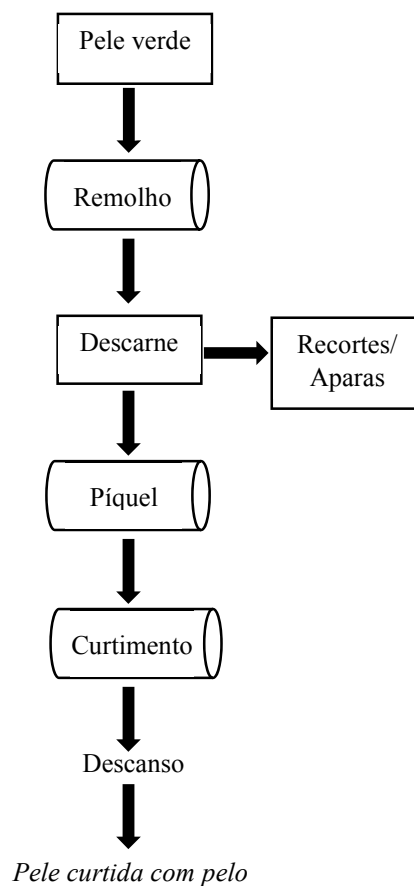
1. As etapas de abate e esfola são as que se referem à matança e retirada da pele do animal. Normalmente, ocorrem no frigorífico ou no matadouro. A pele recém tirada do animal é denominada de pele fresca, crua, ou “*in-natura*”. Todavia é mais comum a denominação “verde” para este tipo de pele. Após a esfola a pele bovina, que possui cerca de 60% de água, está sujeita à ação das bactérias que existem no meio e à decomposição provocada pelas enzimas nela existentes, as quais são capazes de provocar a sua autólise. A decomposição da pele, que passa a ser significativa decorrida 3 a 4 horas do “*post-mortem*” (tempo médio), provoca perda da matéria-prima que será transformada em couro, o que refletirá na qualidade do couro pronto. Alguns fatores externos, como a temperatura e a umidade do meio, podem acelerar ou retardar a decomposição das peles frescas ou verdes. A retirada de impurezas como sangue e fezes, minimiza o ataque bacteriano e facilita a etapa seguinte de conservação. O emprego de bactericidas nas peles verdes preserva a qualidade das mesmas. Este sistema tem efeito por tempo relativamente curto, 2 ou 3 dias (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 19);
2. A conservação tem como principal finalidade a preservação da pele, interrompendo o seu processo de decomposição, que tem início logo após o abate e esfola do animal. Os sistemas de conservação atualmente mais utilizados, além do uso de bactericidas, são os que empregam o cloreto de sódio. Este sal é um produto de elevada solubilidade em água e causa efeito de desidratação nas peles, além de um efeito bactericida secundário. Neste sistema são criadas condições adversas à proliferação de bactérias, mas não a sua eliminação. A quantidade de sal empregada é elevada, devendo ser de no mínimo 30 a 40 % sobre a massa da pele (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 20);
3. As peles cruas são tratadas com água e substâncias intumescedoras com o objetivo de hidratar e solubilizar as proteínas desnaturadas, eliminar os sais usados na etapa de conservação, abrir as fibras das peles secas e eliminar os resíduos aderidos às peles (sangue, excrementos, terra) (CASSANO, 2001, p. 112-113);
4. Em seguida, ocorre a retirada dos pelos na fase chamada de caleiro, onde há a eliminação de componentes das peles que não são transformados em couro, como a epiderme e a camada adiposa subcutânea. Simultaneamente, à abertura da estrutura fibrosa da derme, a reatividade do colágeno é melhorada. No caleiro ocorre ainda a saponificação parcial de gorduras naturais, degradação e eliminação de mucosas e intumescimento da derme. Nesta fase do processamento comumente se usam a cal e o sulfeto de sódio (CASSANO, 2001, p. 112-113);
5. Na etapa de pós-caleiro o excesso de cal é removido das peles usando sais ácidos e/ou básicos. Em seguida, as peles são tratadas com enzimas proteolíticas com a finalidade de abrir a estrutura fibrosa da derme assim aumentando a maciez (CASSANO, 2001, p. 116);
6. A etapa seguinte é denominada de desengraxe onde as gorduras naturais são removidas das peles. Esta operação é comumente realizada para peles de carneiros, cuja percentagem de substâncias gordurosas é cerca de 30 a 40% em peso. A presença de grande quantidade de gordura pode originar dureza, perda de propriedades físicas e imperfeições na cor da pele processada (CASSANO, 2001, p. 117);
7. Após o desengraxe ocorre a piquelagem ou a fase de piquel. A mesma é uma operação do ciclo de curtimento na qual o residual da cal na pele é eliminado por meio de acidificação ou desidratação das fibras. Estes objetivos são alcançados usando soluções ácidas (sulfúrico, clorídrico, fórmico e láctico) na presença de sais como o cloreto de sódio. Como consequência, sais de cromo atravessam a pele muito rapidamente. Em seguida a pele estará pronta para o curtimento (CASSANO, 2001, p. 118);
8. Após o curtimento, a pele curtida já denominada couro irá para o enxugamento, que consiste em operação mecânica para eliminação do excesso de líquido dos couros curtidos. Após a operação, os couros ficam em repouso

- para que estes readquiram a espessura normal (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 28);
9. Em seguida, o couro segue para a classificação, que consiste na separação dos couros conforme a qualidade dos mesmos, isto é, maior ou menor incidência de defeitos. A classificação é realizada de acordo com o fim a que se destinam os couros, podendo ser realizada antes da operação anterior (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 28);
  10. Após isto, o couro seguirá para o rebaixamento, cuja operação é a responsável por conferir ao produto a espessura indicada em todo o couro (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 28);
  11. Depois o couro irá para a etapa de remoção dos resíduos (lavagem e condicionamento) do couro provenientes da operação de rebaixamento e preparação para as etapas subsequentes. É considerada a primeira etapa de acabamento molhado (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 28);
  12. Em seguida, o couro vai para a desacidulação ou neutralização, a qual é um processo de natureza alcalina que tem como função ajustar a carga elétrica do couro (pH) para as etapas posteriores. Tal ação é necessária para que haja compatibilidade entre a carga do couro e a dos agentes aniônicos de recurtimento, tingimento, engraxe (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 28);
  13. O recurtimento é realizado antecedendo a etapa de desacidulação ou em continuação à mesma, de acordo com as características finais desejadas no couro. Com o recurtimento se consegue definir parte das características do couro, como por exemplo, maciez, elasticidade, resistência físico-mecânica, enchimento e algumas características da flor como toque, tamanho e desenho do poro (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 28-29);
  14. Após isto, o couro segue para o tingimento, que é um processo empregado principalmente para conferir ao couro a coloração desejada (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 29);
  15. Logo após o tingimento o couro vai para o engraxe, que interfere, diretamente, em características como maciez, elasticidade, flexibilidade, resistência à tração e ao rasgo e impermeabilidade. Com esta etapa são encerradas as etapas de acabamento molhado (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 29);
  16. Em sequência às etapas de acabamento molhado, encontram-se as operações que envolvem a redução do teor de água no couro, seja de modo natural ou forçado (secagem e condicionamento). A secagem reduz a umidade dos couros desde 55% até 15%, em média. Uma vez atingidos os valores pré-fixados de umidade no couro, esses são submetidos a um condicionamento que consiste na reposição de água visando atingir a quantidade adequada à execução do trabalho mecânico de amaciamento sem afetar o sistema fibroso do couro (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 29);
  17. O amaciamento tem como principal objetivo soltar os feixes de fibras internas, de forma a permitir que estes percam seu estado de aglutinação, característico das etapas de secagem (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 29);
  18. Como decorrência da eliminação de água ocorre um encolhimento da estrutura fibrosa do couro e um enrugamento da superfície, sendo necessário o estiramento após a secagem e o amaciamento do couro. Pode ser realizada, também, antecedendo o amaciamento, como a secagem de atanados (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 29-30);
  19. Com o lixamento são executadas as devidas correções na flor ou no carnal, visando eliminar certos defeitos e melhorar o aspecto do material. O lixamento poderá ser leve, ou profundo, dependendo dos defeitos do couro ou do efeito desejado no mesmo. Através do lixamento podem ser realizados artigos como couros tipo “*noubuck*” (de aspecto aveludado), camurças, camurções e raspas luvas. Após o lixamento deverá ser feita a eliminação do pó em uma máquina de desempoar (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 30);
  20. A finalidade primeira do acabamento é a de melhorar o aspecto e servir ao mesmo tempo de proteção para o couro. Esta etapa é constituída de aplicações de tinta de fundo e cobertura e das prensagens intermediária e final. Após esta etapa o couro acabado é recortado, medido e segue para a expedição (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p. 30).

Vale ressaltar que, quando o frigorífico possui um curtume integrado; elimina-se a etapa de conservação; pois após o abate e a esfolagem, a pele verde está apta a ser lavada ao caleiro, necessitando apenas da remoção de impurezas numa etapa de remolho simples. Essa integração tem efeitos ambientais positivos, haja vista a redução no consumo de NaCl e, conseqüentemente de água.

Para Moreira e Teixeira (2003) o processamento de couros com pelos possui modificações no fluxograma (Figura 2) e são realizadas com a não execução das etapas de depilação e caleiro e, conseqüentemente, a de desencalagem. Além disto, o remolho é realizado com produtos ácidos. As peles bovinas curtidas com pelos, ou lã, mesmo após o curtimento, recebem a denominação de peles curtidas.

Figura 2 - Processo de curtimento de peles com pelos



Fonte: Moreira e Teixeira (2003), adaptado pelo autor.

Já os curtumes, de acordo com Santos et al. (2002), podem ser caracterizados de acordo com as etapas de processamento do couro:

- Curtume de *Wet Blue* – Logo após o abate, o couro salgado ou em sangue é despelado, graxas e gorduras são removidas e há o primeiro banho de cromo e o couro passa a exibir um tom azulado e molhado, daí o nome *Wet Blue*;
- Curtume de Semi acabado – Utiliza como matéria-prima o couro *Wet Blue* e o transforma em couro *Crust* (semi acabado);
- Curtume de Acabamento – Transforma o couro *Crust* em couro acabado;
- Curtume Integrado – Realiza todas as operações, processando desde o couro cru até o couro acabado.

O tipo de curtume também poderá variar conforme a matéria-prima disponível na região. Haverá curtumes que trabalharão apenas com couro e outros com peles. Um exemplo disto é a especialização de alguns curtumes no nordeste brasileiro no curtimento de peles de caprinos. Já outros exploram as peles de animais “exóticos”, tais como cobras, avestruzes, jacarés, javalis e até mesmo peixes.

Conforme Ruppenthal (2001), pode-se dividir as atividades industriais dentro da *filière* estudada em três grandes grupos, como pode ser observado abaixo:

- Indústria do couro, que engloba as indústrias ligadas à valorização do couro: pecuária, abatedouros, frigoríficos, curtumes, fábricas de insumos químicos, de equipamentos;
- Indústria de calçados, artefatos, vestuário e estofados, que engloba as indústrias ligadas à valorização desses produtos, assim como fábricas de componentes, insumos químicos, máquinas e equipamentos;
- Rede de distribuição, que engloba as atividades ligadas à distribuição do couro e de seus produtos manufaturados: agentes exportadores e importadores, atacadistas e distribuidores domésticos, redes de lojas dos fabricantes, lojas de departamento e especializadas.

## 2.2 O mercado do couro brasileiro e piauiense

Os países desenvolvidos têm focado sua produção no acabamento da matéria-prima importada dos países subdesenvolvidos (*Wet Blue* ou *Crust*), ou seja, a parte mais poluidora do processo industrial acaba sendo realizada em países periféricos. Segundo Freitas e Melnikov (2006), países desenvolvidos vêm apresentando a tendência de não aceitar tecnologias "incômodas" em seus territórios, mas estas estão, muitas vezes, sendo deslocadas para países em desenvolvimento. A Europa, por exemplo, tem introduzido regulamentações e



recomendações que estão promovendo a transferência da etapa de produção de couro com o uso de cromo, mais poluente, para países em desenvolvimento, enquanto a parte lucrativa das operações, produtos com maior valor agregado, permanece sendo realizada nos países da Comunidade Européia.

Conforme Bain e Company (2014), observa-se também que alguns países impõem fortes barreiras tarifárias à entrada de couros de maior valor agregado em seus territórios. Um exemplo disso é o realizado pelos países da União Europeia, que aplicam uma sobretaxa de 6,5% às importações dos semiacabados e acabados, e de até 17% no caso dos produtos manufaturados de couro. As políticas tarifárias vigentes nos diversos países visam proteger os setores de bens finais, favorecendo a importação de matérias-primas e produtos com menor valor agregado.

De acordo com Gutterres (2006), o mercado de peles e couro cresceu notavelmente no período de 1970 a 2000. A produção de couro aumentou, sobretudo, nos países em desenvolvimento. Santos et al. (2002) afirma que o motivo para o deslocamento desse mercado para regiões como a América do Sul reside na busca de mão de obra de menor custo e as restrições mais severas das políticas ambientais dos países produtores tradicionais.

Segundo Gutterres (2004), o deslocamento do mercado europeu para os países em desenvolvimento citado por Santos et al. (2002) é um fenômeno irreversível e se dá por uma combinação de fatores, como: disponibilidade de matéria-prima e recursos naturais, custo de produção e menor rigor na legislação e no controle da poluição ambiental.

O Brasil, por exemplo, possui um dos maiores rebanhos bovinos da atualidade. Conforme dados da *United States Department of Agriculture* (2015), o efetivo brasileiro de bovinos, em cabeças, até outubro de 2015, era de 213 milhões, ocupando a segunda posição no *ranking* mundial, ficando atrás somente da Índia e na frente dos efetivos da China, Estados Unidos da América e da União Europeia.

Observa-se também, mesmo em menor escala, um deslocamento interno do mercado coureiro. Segundo Câmara e Gonçalves Filho (2007), a maior parte das empresas que atuam no setor de couros localiza-se no sul e sudeste do país, havendo tendência atual de deslocamento para um novo pólo no centro-oeste, em função da localização dos rebanhos e frigoríficos, assim como os incentivos e outras condições favoráveis que deslocam a produção para a região Nordeste.

Nesta perspectiva, novos estados brasileiros configuraram-se como grandes produtores, tais como Ceará e Bahia. Além disso, mercados consumidores também foram constituídos e

consolidados, como o setor automotivo, moveleiro, bolsas e artefatos, vestimentas e equipamentos de proteção individual (EPI), além do tradicional setor calçadista.

De acordo com Rey et al. (2007), o nordeste brasileiro tem tradição na caprinocultura, o que favorece *a priori* o desenvolvimento na produção de seus produtos e derivados. No Brasil, o aumento na produção de caprinos tem implicações para o acréscimo nas suas zonas produtoras, representando, assim, para o Nordeste, uma oportunidade de desenvolvimento social e econômico.

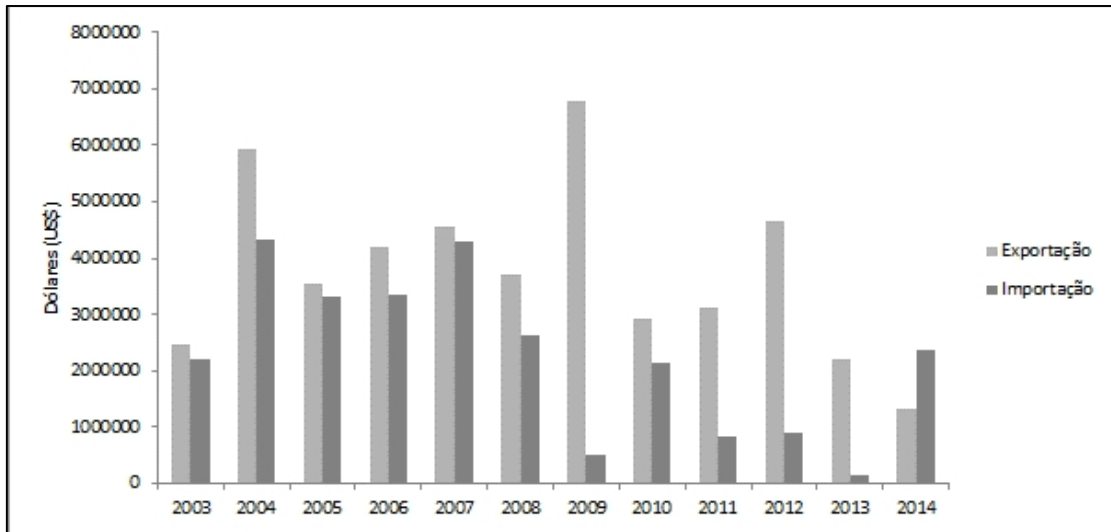
Conforme Araújo et al. (2007), o rebanho caprino do Piauí está entre os maiores do nordeste e concentra-se na região semiárida do Estado. Em função do baixo nível tecnológico empregado, a caprinocultura da região apresenta baixa rentabilidade, em contraposição ao alto potencial que a atividade apresenta como alternativa geradora de renda, sendo capaz de melhorar o nível econômico, sobretudo na agricultura familiar.

Segundo Rey et al. (2007), a desvalorização da pele, como produto, por parte do produtor e pela indústria, associada à desestruturação da produção, inexistência de uma cadeia produtiva e à carência de pesquisa que contribua para obtenção de um produto de qualidade, poderiam ser os pontos críticos do freio do desenvolvimento da indústria de transformação da pele caprina. Porém, esta matéria-prima alcança um alto valor no mercado internacional e nacional, como produto transformado, podendo ser uma fonte de renda nas zonas economicamente desfavorecidas como o Nordeste brasileiro.

No Estado do Piauí, existem dois curtumes de grande porte, registrados e em atuação. O primeiro beneficia couros e peles na capital Teresina, denominado neste trabalho de curtume A, já o segundo localiza-se em Parnaíba (litoral) e beneficia somente peles (curtume B). Os demais curtumes, de pequeno e médio porte, extinguiram-se devido às oscilações de mercado e especialmente à crise financeira internacional, que se iniciou em 2008. Em Teresina, existem ainda quatro matadouros de grandes e médios animais com serviços de inspeção municipal. Os mesmos também funcionam como salgadeiras de couro.

Segundo Martins e Moita Neto (2015), relatos de trabalhadores do setor, através de entrevista com os pesquisadores, dão conta de que no ano de 2008 os preços chegaram a níveis tão baixos que tornaram a venda do produto inviável, preferindo estocá-lo à espera de uma recuperação do mercado. Nessa época, somente os curtumes de maior porte conseguiram resistir. No Gráfico 1, é possível observar que houve uma retração das exportações no ano de 2008 e um crescimento “anormal” (fora da tendência) no ano de 2009.

Gráfico 1 - Balança comercial (US\$ FOB) do mercado do couro no Piauí

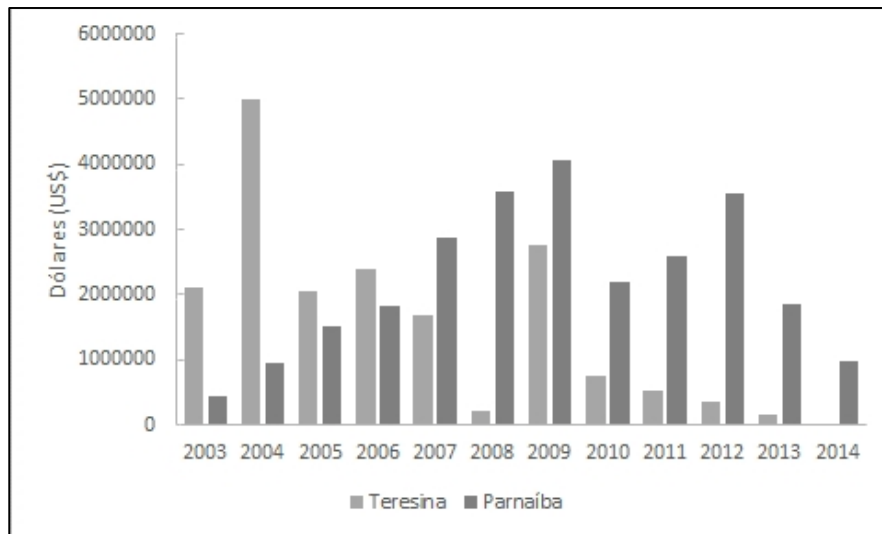


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Aliceweb (MDIC)<sup>2</sup>.

É possível observar que as exportações oscilaram bastante no período analisado, conforme Gráfico 1, o que mostra uma instabilidade no mercado do couro piauiense. Já as importações apresentaram uma tendência de decréscimo desde 2008, conforme Gráfico 1, o que pode representar uma melhora na cadeia de suprimento de matéria-prima por parte dos curtumes piauienses.

Observa-se, no Gráfico 2, que o mercado parnaibano é mais pujante que o teresinenense no que se refere à exportação de couro e que o efeito da crise econômica internacional pôde ser sentida nos dois municípios com efeitos semelhantes, porém intensidades diferentes.

<sup>2</sup> Em todas as pesquisas realizadas no AliceWeb (MDIC) utilizou-se o código **41 - Peles, exceto as peles com pelo, e couros**.

Gráfico 2 - Exportações de couro do mercado teresinense<sup>3</sup> e parnaibano

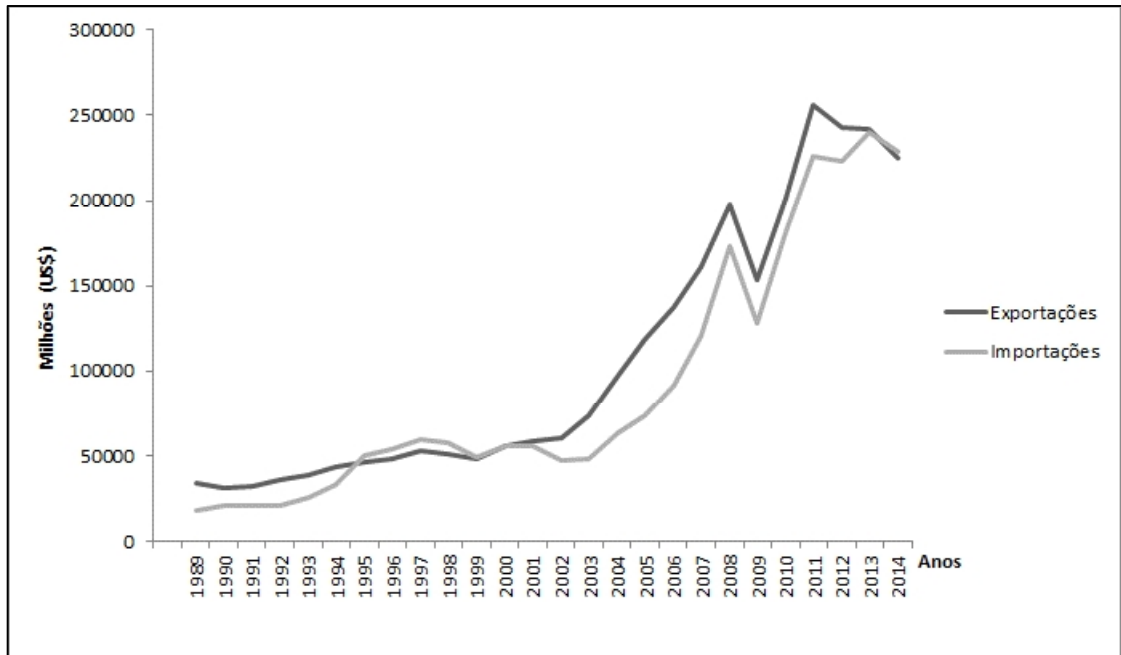
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Aliceweb (MDIC).

O mercado do couro tem grande importância na economia piauiense, mesmo com apenas duas indústrias. As mesmas estão entre as principais empresas exportadoras do Estado. Conforme CEPRO (2013), em 2011 o 4º produto com maior faturamento em exportação foram couros e peles (US\$ 3.133.157,00), atrás somente da soja (US\$ 90.923.204,00), cera de carnaúba (US\$ 44.096.763,00) e algodão (US\$ 7.991.871,00).

Após análise da balança comercial brasileira, no período de 1989 a 2014, é possível observar o efeito da crise no mercado financeiro brasileiro, inclusive no mercado coureiro (Gráficos 3 e 4). Há uma anomalia na linha de crescimento do mercado brasileiro no ano de 2009. Fato este que mostra que a retração do mercado piauiense do couro foi apenas reflexo do impacto que o país sofreu com a crise financeira internacional.

<sup>3</sup> Os dados de exportação de couro, no ano de 2014, para Teresina não estavam disponíveis no momento da consulta ao AliceWeb (01/11/2015).

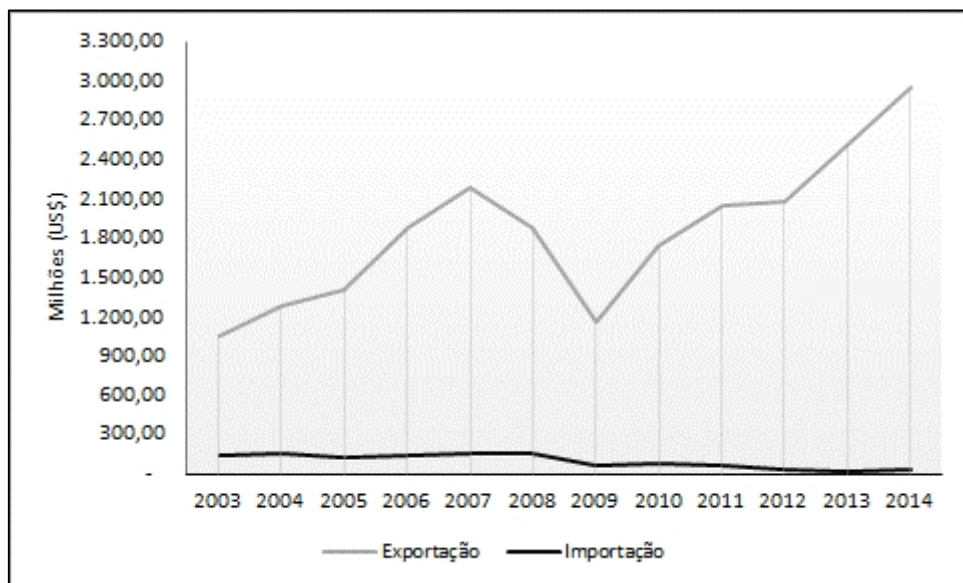
Gráfico 3 - Balança comercial brasileira (1989-2014)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Aliceweb (MDIC).

Considerando os valores monetários acumulados no ano de 2014, a exportação brasileira de couro atingiu a cifra de, aproximadamente, US\$ 2,94 bilhões que resultou no seguinte desempenho apresentado no Gráfico 4.

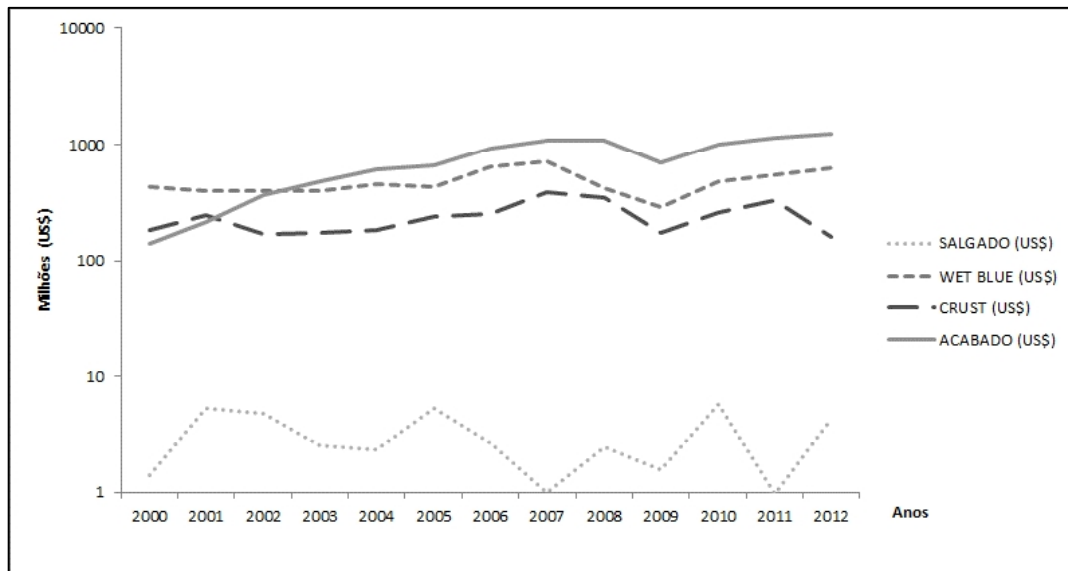
Gráfico 4 - Balança comercial (US\$ FOB) do mercado coureiro brasileiro



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Aliceweb (MDIC).

A partir de 2002 o couro *Wet Blue* deixou de ser o principal tipo de couro exportado, perdendo o lugar para o couro acabado (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Série histórica das exportações brasileiras de couros bovinos (2000-2011)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SECEX/CICB.

Conforme CICB (2015), o perfil da exportação brasileira por tipo de couro, em 2014, considerando valor exportado, foi o seguinte: acabado 57,4%, *Wet Blue* 28,5%, *Crust* 6,7% e raspa de *Wet Blue* 7,3% e 0,2% salgado. Os principais destinos do couro brasileiro exportado no primeiro semestre de 2014 foram: China e Hong Kong com 36,3%, Itália com 16,0%, EUA 10,2% e outros países 37,5%. Vale ressaltar o aumento na exportação de couro salgado e raspa de *Wet Blue* no período de 2012 a 2014 (Tabela 1).

Tabela 1 - Exportações brasileiras de couro bovino por tipo de couro

| TIPO DE COURO            | VALOR FOB (US\$) |               |               | VARIACÃO (%) |           |
|--------------------------|------------------|---------------|---------------|--------------|-----------|
|                          | Jan-Jul/2012     | Jan-Jul/2013  | Jan-Jul/2014  | 2014/2013    | 2014/2012 |
| <b>Salgado</b>           | 1.675.493        | 7.697.476     | 6.611.899     | -14,1        | 294,6     |
| <b>Wet Blue</b>          | 311.094.610      | 457.614.768   | 552.861.923   | 20,8         | 77,7      |
| <b>Raspa de Wet Blue</b> | 57.044.171       | 67.658.300    | 133.409.145   | 97,2         | 133,9     |
| <b>Crust</b>             | 95.961.977       | 84.321.939    | 84.938.036    | 0,7          | -11,5     |
| <b>Acabado</b>           | 702.438.828      | 759.771.540   | 928.057.560   | 22,1         | 32,1      |
| <b>TOTAL</b>             | 1.168.215.079    | 1.377.064.023 | 1.705.878.563 | 23,9         | 46,0      |

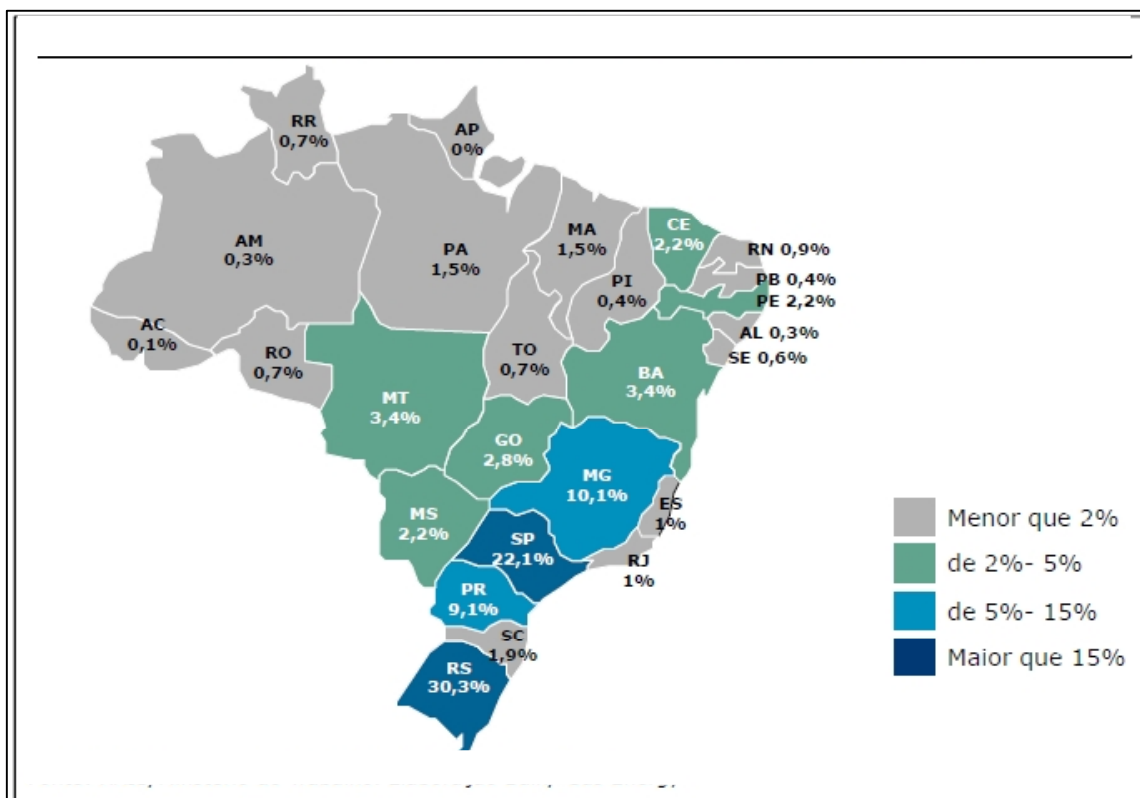
Fonte: SECEX/CICB.

Segundo o CICB (2014), o Brasil é o segundo maior produtor e o terceiro maior exportador mundial de couro. Ao todo são 310 plantas curtidoras em todo o país. Suas indústrias são as que mais possuem certificações ambientais internacionais. Mais de 70% da produção nacional é vendida ao mercado externo, em sua maioria, na forma acabada, com maior valor agregado, cujos os principais clientes são as indústrias calçadista, automotiva e moveleira.

De acordo com o CICB (2015), os principais Estados exportadores no primeiro semestre de 2014 foram Rio Grande do Sul, São Paulo e Goiás com participação de 19,7%, 18,9% e 14,3% respectivamente, somando juntos 52,9%, o Piauí aparece apenas na 17ª colocação.

Conforme Bain e Company (2014), geograficamente os curtumes estão localizados no Brasil conforme a Figura 3.

Figura 3 - Disposição geográfica dos curtumes brasileiros



Fonte: Bain e Company (2014).

Segundo Campos (2006), o desenvolvimento dos curtumes esteve bastante atrelado ao crescimento da indústria calçadista, especialmente pelo seu direcionamento ao mercado externo, onde preço e qualidade são fatores determinantes de competitividade. Quando a

indústria calçadista nacional reduziu sua produção em função da valorização do real, os curtumes ampliaram sua exportação. A estratégia adotada para substituir o mercado interno desaquecido foi, justamente, expandir a exportação de couros da fase inicial (*Wet Blue*) e intermediária (*Crust*) de processamento, produtos de menor valor agregado. A consequência acabou sendo o acirramento da disputa entre esses segmentos da cadeia produtiva.

Corrêa (2001) antecipando a situação descrita por Campos (2006), afirma que uma saída seria o incremento da produção de couro acabado e também explorar os mercados de estofamento residencial e automotivo. Porém, esses mercados exigem couro de qualidade superior, extenso e com pouco ou nenhum defeito. Investimentos nesses setores gerariam mais empregos diretos e indiretos no Brasil e aumentariam os valores das exportações brasileiras de couro.

Em 2015, o cenário apontado por Corrêa (2001), já pode ser considerado uma realidade. Desta forma, percebe-se que o mercado coureiro brasileiro tem passado por mudanças significativas, afetando direta ou indiretamente os que dependem da matéria-prima produzida.

Conforme Ruppenthal (2001), do ponto de vista interno da economia, podem ser identificados como principais fatores, as desigualdades tarifárias, em que há distintas tarifas de exportação e importação de couro em vários estágios de produção e mecanismos de *drawback*, resultando em exportação de produtos de baixo valor agregado e falta de matéria-prima para a indústria local de calçados e artefatos. Outra dificuldade enfrentada pelo setor é a baixa inovação tecnológica que inicia com a pecuária (qualidade genética, métodos de criação, transporte inadequado). Apesar do grande número de abates, os mesmos apresentam indicadores de baixa qualidade em relação às peles produzidas, gerando desperdícios de matéria-prima, mão-de-obra, energia e resíduos.

Segundo Bain e Company (2014), do ponto de vista dos fatores de produção, o ambiente regulatório pouco efetivo relacionado ao sistema de *drawback* e aos créditos de tributos, atrelado ainda à necessidade de importação de matérias-primas e aos demais fatores referentes ao “Custo Brasil” têm levado diversas empresas do segmento a fecharem unidades produtivas locais, priorizando regiões mais competitivas em custo, como países asiáticos. Os *players* remanescentes apresentam capacidade parcialmente ociosa e dificuldades crescentes na concorrência com produtos importados.



É fato que a indústria do couro tem experimentado um crescimento nas últimas décadas, porém a sua adequação às novas tendências de mercado e exigências ambientais é que garantirão a sua sobrevivência e sua resistência às oscilações de mercado.

O desafio de produzir dentro de um conceito de desenvolvimento sustentável é importante para a indústria do couro, a fim de que possa ampliar suas perspectivas de atuação no mercado interno e externo, além de maior acesso a linhas de financiamento.

Os investimentos em pesquisas, infraestrutura para o escoamento da produção e formação de mão de obra especializada poderão fomentar o desenvolvimento da caprinocultura no Nordeste brasileiro, especialmente no Piauí, contribuindo assim na produção de carne e peles de maior qualidade, tornando a integração frigorífico/curtume uma realidade, além de alavancar um mercado em potencial numa região desfavorecida economicamente.

### **2.3 O ensino das técnicas de curtimento no Brasil**

Conforme Ruppenthal (2001), na segunda metade dos anos 60 surgiram Escolas de Curtimento de Couros e de Fabricação de Calçados, que formaram os recursos técnicos e de base de fundamental importância para o desenvolvimento das indústrias do couro e do calçado.

No Rio Grande do Sul estão as mais antigas e tradicionais escolas e centros de formação do país ligadas ao setor. Entre elas, destacam-se o Centro Tecnológico do Couro, Calçados e afins, que desenvolve pesquisas e projetos para o complexo calçadista, funcionando como suporte para a implantação de novas técnicas e sistemas. Por sua vez, as Escolas Técnicas de Curtimento e do Calçado, ambas vinculadas ao SENAI, formam profissionais de nível médio; a Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha atua na formação de técnicos em química e mecânica; e a FEEVALE, instalada em Novo Hamburgo, possui cursos regulares ao nível de graduação e de especialização nas áreas de tecnologia e estilismo.

Vale ressaltar ainda que a Universidade Federal do Rio Grande do Sul possui um Programa de Pós-Graduação em nível de Mestrado e Doutorado em Engenharia Química com linha de pesquisa para o couro, a qual possui o Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO), liderado pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Mariliz Guterres Soares, que tem produzido a literatura científica mais importante atualmente no país. Vale ressaltar ainda a existência de outros grupos de pesquisa no país, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Grupos de pesquisa que trabalham com couro no Brasil registrados no CNPq

| <b>Grupo de Pesquisa</b>                         | <b>Linhas de Pesquisa</b>   | <b>Instituição</b>                                 | <b>Líderes</b>  |
|--|---|--|---|
| Bovinocultura de Corte Intensiva                 | Produção e avaliação da qualidade de peles e couros de bovinos  | EMBRAPA Pecuária Sudeste                           | Mauricio Mello de Alencar<br>Alexandre Berndt               |
| Couro e Meio Ambiente                            | Aproveitamento de resíduos industriais de couro<br><br>Desenvolvimento de produtos químicos para couro<br><br>Incineração de resíduos de curtume<br>Pele como matéria-prima e atividade agropecuária<br><br>Processos de produção de couro e sustentabilidade ambiental<br><br>Tratamento avançado de efluentes de curtumes | Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  | Mariliz Gutterres Soares                                    |
| Grupo de Pesquisa em Produção Animal             | Qualidade de couro de bovinos   | Universidade Católica Dom Bosco - UCDB             | Luís Carlos Vinhas Ítavo                                    |
| Materiais e aplicações                           | Compósitos de serragem de couro bovino  | Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul - UEMS | Aguinaldo Lenine Alves<br>Antonio Aparecido Zanfolim        |
| Materiais e tecnologias aplicados ao setor couro | Materiais e processos na cadeia produtiva do couro  | Universidade Feevale - FEEVALE                     | Patrice Monteiro de Aquim<br>Fernando Dal Pont Morisso      |
| Núcleo de estudos em tecnologia do pescado       | Curtimento de peles de peixes   | Universidade Federal da Amazônia - UFAM            | Antonio José Inhamuns da Silva<br>Pedro Roberto de Oliveira |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Ovinocultura de corte na região sudeste             | Qualidade da pele e do couro de animais domésticos de interesse econômico  | Departamento de Descentralização do Desenvolvimento – DDD, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), vinculada a Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) do estado de São Paulo. | Wignez Henrique                                       |
| Produção e Avaliação da Qualidade de Peles e Couros | Produção e avaliação da qualidade de peles e couros de bovinos<br><br>Produção e avaliação da qualidade de peles e couros de répteis, peixes, aves e anfíbios<br><br>Produção e avaliação da qualidade de peles e couros ovinos e caprinos<br><br>Sistema de Classificação de Peles e Couros | EMBRAPA Pecuária Sudeste  | Manuel Antonio Chagas Jacinto                         |
| Reciclagem de resíduos sólidos                      | Aproveitamento de resíduos de borracha e raspa de couro em matrizes poliméricas  | Universidade Federal de Campina Grande - UFCG   | Gelmires de Araujo Neves<br><br>Heber Carlos Ferreira |

\* Foram citados apenas aqueles que possuem os termos “couro” ou palavra similar que denote a atividade na linha de pesquisa descrita nos Diretórios do CNPq.

Fonte: CNPq (2015), adaptado pelo autor.

Verificando a tabela de títulos obrigatórios do Conselho Regional de Química – 4ª Região (<http://www.crq4.org.br>) observa-se que há vários títulos vinculados ao mesmo, a saber: Técnico em Análises Químicas Industriais em Curtimento e Couro, Técnico em Curtimento, Tecnólogo de Produção de Couros, Tecnólogo em Curtume e Tanantes, Tecnólogo de Produção c/ ênfase em Plásticos. No entanto, não se observa a oferta dos mesmos nas instituições de ensino com frequência.

Em consulta ao Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, conforme BRASIL (2012), verificou-se apenas o cadastro do curso Técnico em Curtimento e no Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia não foi encontrado nenhum curso específico da área, segundo BRASIL (2010). As habilidades do Técnico em Curtimento são descritas a seguir:

Auxilia e atua na coordenação e controle das diferentes etapas do processo de curtimento de couros e peles. Coleta amostras. Seleciona, desenvolve e executa análises, minimizando o impacto ambiental dos processos relacionados ao curtimento. Realiza operações e processos de acabamento molhado, secagem, pré-acabamento e acabamento para a produção de couros. Realiza o controle de qualidade em insumos, banhos residuais e couros. Desenvolve produtos acabados (BRASIL, 2012, p. 123).

O baixo número de profissionais no mercado e em formação, sem dúvidas, prejudica o desenvolvimento do setor, ainda mais com a aprovação da norma ABNT NBR 16346:2015 - Diretrizes para auditoria em curtumes - Procedimentos de auditoria - Critérios de qualificação para auditores de curtumes, elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Processos de Produção de Couros – Sustentabilidade (ABNT/CEE-208).

Conforme Bain e Company (2014), devido à instabilidade do mercado do couro no Brasil, muitos profissionais, passaram a atuar em outros mercados como México, Estados Unidos, Austrália, Europa e Ásia. Nessas regiões, há maior participação do couro acabado na produção, fase que requer aplicação de melhores técnicas e prevalece o desenvolvimento tecnológico.

## **2.4 Os desafios ambientais da indústria coureira**

### **2.4.1 Legislação Ambiental**

Geralmente, graves problemas ambientais estão associados à instalação e operação de curtumes, como as desagradáveis emissões de maus odores e efluentes líquidos. Nos efluentes são encontrados uma grande diversidade de produtos químicos, tais como: surfactantes, ácidos, corantes, taninos, óleos sulfonados e sais, dentre outros. Estes são aplicados durante as etapas do processo de curtimento do couro para transformar a pele animal em produto inalterável e imputrescível. Cooper et al. (2011), afirmam que os principais desafios ambientais da indústria do couro são o tratamento dos efluentes e o gerenciamento de resíduos sólidos.

A crescente discussão sobre os impactos ambientais advindos da atividade dos curtumes tem levado a uma maior fiscalização e controle por parte dos órgãos ambientais, principalmente no que concerne à qualidade dos efluentes líquidos e gasosos e geração e disposição de resíduos sólidos.

A diversidade de curtumes e de substâncias químicas utilizadas requer uma constante atualização e adaptação de tecnologias utilizadas no controle da poluição ambiental. Portanto,

não haverá uma estação de tratamento de efluentes modelo, tampouco um único método de disposição de resíduos.

Segundo a EEN-PACT PROJECT (2014), a indústria européia estima que os custos de proteção ambiental ascenderam a 5% dos custos operacionais totais e que para se manterem competitivas, no mercado global, os produtores de couro europeus deverão explorar mais eficientemente suas matérias-primas a fim de evitar a geração de resíduos, além de buscar sempre a reutilização ou a reciclagem da matéria não aproveitada.

A saída pode estar na adoção dos conhecimentos da P + L (Produção mais Limpa), a qual é capaz de identificar em cada processo a adoção de melhorias capazes de dar um retorno não somente ambiental, mas econômico. Segundo Pacheco (2005), o uso de tecnologias menos poluidoras, tais como reciclagem de banhos residuais, recuperação ou substituição de insumos químicos, e os chamados banhos “curtos”, já vêm sendo adotadas por muitas indústrias de peles e couros.

O Brasil não possui uma Lei Federal específica que trate sobre os aspectos ambientais da indústria do couro. Porém, existem Resoluções CONAMA que dispõem direta ou indiretamente sobre a atividade coureira, tais como:

- Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997 – Dispõe sobre o licenciamento ambiental.

Nesta resolução há o enquadramento das atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental. No item “Indústria de Couros e Peles” estão incluídos:

- secagem e salga de couros e peles;
  - curtimento e outras preparações de couros e peles;
  - fabricação de artefatos diversos de couros e peles;
  - fabricação de cola animal.
- Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002 - Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.

Conforme art. 4, inciso I, as atividades relacionadas com a preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados são obrigadas a prestar informações sobre geração, características, armazenamento, transporte e destinação de seus resíduos sólidos aos órgãos ambientais responsáveis.

- Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 - Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- Resolução nº 385, de 27 de dezembro de 2006 - Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental.

Além das Resoluções CONAMA, outras Leis Federais acessórias deverão ser observadas, sempre quando necessário, tais como: 6.938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente); 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais); 9.433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos) e 12.305/10 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).

Na legislação internacional merecem destaque as normas criadas pela União Européia, como a *Industrial Emissions Directive (IED) 2010/75/EU* e a *Commission Implementing Decision 2013/84/EU*, ambas do Parlamento e Conselho Europeu. A primeira relativa às emissões industriais e a segunda estabelece as conclusões sobre as melhores técnicas disponíveis para o curtimento de couros e peles nos termos da *Directive 2010/75/EU* (Quadro 2). Além dessas, a *United States Environmental Protection Agency* detém no seu *Industry Effluent Guidelines* um capítulo para a indústria de curtimento denominado *Leather Tanning and Finishing Point Source Category* onde apresenta os padrões de lançamento de efluentes oriundos de curtumes nos recursos hídricos norte-americanos.

Outras normas influenciam a produção de couro na Europa, seja direta ou indiretamente, conforme mostrado no Quadro 2. Conforme EEN-PACT PROJECT (2014), não há nenhuma Diretiva específica para a indústria do couro, fato este que dificulta a harmonização da rotulagem para produtos derivados dos curtumes.

Quadro 2 - Legislação europeia aplicáveis à indústria do couro

| <b>Norma</b>                | <b>Descrição</b>   |
|-----------------------------|--|
| <i>Directive 76/769/EEC</i> | Limitações referente à colocação no mercado e da utilização de algumas substâncias e preparações perigosas.                    |
| <i>Directive 96/61/EC</i>   | Relativa à prevenção e ao controle da poluição.  |
| <i>Directive 2000/60/EC</i> | Estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.   |
| <i>Directive 2002/61/EC</i> | Limitações referente à colocação no mercado e da utilização de algumas substâncias e preparações perigosas (corantes azóicos). |

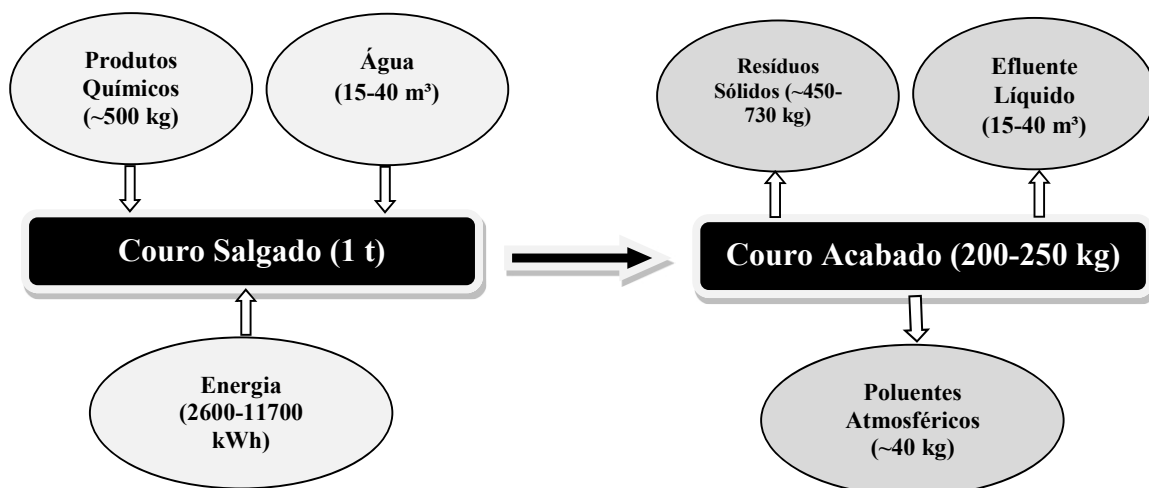
|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <i>Directive</i> 2003/53/EC         | Limitações referente à colocação no mercado e da utilização de algumas substâncias e preparações perigosas (nonilfenol, etoxilato de nonilfenol e cimento/argamassa). |
| <i>Directive</i> 2010/75/EU         | Relativa às emissões industriais.   |
| <i>Decision</i> 2013/84/EU          | Estabelece as conclusões sobre as melhores técnicas disponíveis para o curtimento de couros e peles nos termos da <i>Directive</i> 2010/75/EU.                        |
| <i>Regulation</i> (EC) n° 1774/2002 | Estabelece regras sanitárias relativas aos subprodutos animais não destinados ao consumo humano.  |
| <i>Regulation</i> (EC) n° 1907/2006 | Relativa ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH) que cria a Agência Europeia dos Produtos Químicos.                              |

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 2.4.2 Resíduos gerados no processo produtivo do couro

A indústria coureira é poluente, tanto pela matéria orgânica inerente a matéria-prima quanto pela quantidade de produtos químicos utilizados no processo de beneficiamento de peles e couros, tornando seus efluentes, sejam eles líquidos ou gasosos e resíduos sólidos complexos, de difícil tratamento. Um balanço de massa da produção de 200 a 250 kg, aproximadamente, de couro acabado, mostra todo o potencial poluidor, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Balanço de massa e energia em curtume



Fonte: *Integrated Pollution Prevention and Control - IPPC* (2003).

Segundo o IPPC (2003) caracteriza ainda todas as emissões/efluentes para a produção do couro acabado mostrado na Figura 4, conforme Tabela 2.

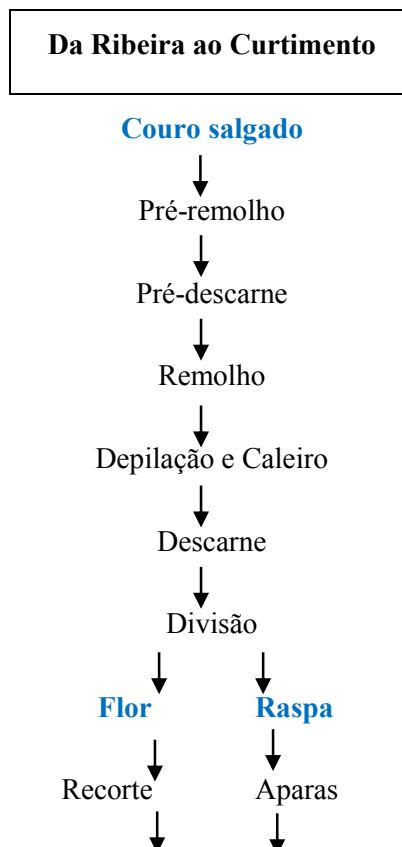
Tabela 2 - Caracterização das emissões para a produção do couro acabado

| <b>Emissões</b>        | <b>Quant.</b>        | <b>Tipologia</b>            | <b>Emissões</b>                            | <b>Quat.</b>     |
|------------------------|----------------------|-----------------------------|--|------------------|
| Efluente líquido       | 15-40 m <sup>3</sup> | -                           | DQO  | 130-250 kg       |
|                        |                      |                             | DBO  | 55-100 kg        |
|                        |                      |                             | SS   | 30-150 kg        |
|                        |                      |                             | Cromo                                      | 4-6 kg           |
|                        |                      |                             | Sulfeto                                    | 3-10 kg          |
| Resíduos sólidos       | ~450-730 kg          | Não Curtido                 | aparas e raspas                            | ~120 kg          |
|                        |                      |                             | carnaça                                    | ~70-350 kg       |
|                        |                      | Curtido<br>Tingido/ Acabado | rebarba e pó de rebaixadeira<br>pó (lixas) | ~225 kg<br>~2 kg |
|                        |                      |                             | Aparas                                     | ~30 kg           |
|                        |                      | Lodo da ETE                 | ~30-40% mat. seca                          | ~500 kg          |
| Poluentes atmosféricos | ~40 kg               | Solventes orgânicos         | -  | -                |

Fonte: *Integrated Pollution Prevention and Control* (2003).

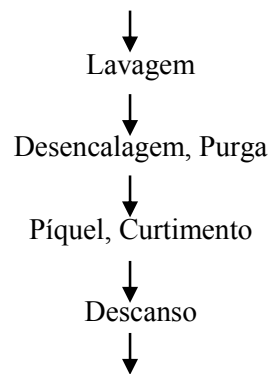
Já Moreira e Teixeira (2003), apresentam os principais pontos de geração de resíduos no processamento das peles em um curtume completo, conforme Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo do couro num curtume completo



Continua...



**Tripa caleada****Couro curtido****Do Recurtimento ao Acabamento Molhado****Couro “Wet Blue”**



Fonte: Moreira e Teixeira (2003), adaptado pelo autor.

O efluente de curtume é bastante complexo, requerendo diferentes processos de tratamento para o atendimento à legislação ambiental vigente (Resolução CONAMA nº 430/11), principalmente no que se refere à remoção de compostos orgânicos e nitrogenados, além de metais como o cromo e sólidos. A composição média de um efluente deste tipo de atividade industrial é mostrado no Tabela 3.

Tabela 3 - Composição média de um efluente de curtume

| Parâmetro                          | Ribeira              | Caleiro /Depilação | Desencalagem /Purga   | Píquel       | Curtimento ao Cromo | Tingimento/ Recurtimento |
|------------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|--------------|---------------------|--------------------------|
| [1] Cor                            | Acastanhado - Escuro | Esbranquiçado      | Creme - Esbranquiçado | -            | Azul escuro         | Escuro-Preto             |
| pH                                 | 7,5                  | 12,5               | 8,8                   | 2,8          | 3,5                 | 4,5                      |
| [2] T (°C)                         | 10-30                | 10-25              | 25-35                 | -            | -                   | 20-60                    |
| [1] Condutividade elétrica (mS/cm) | 19±1,0               | 13±1,2             | 12±1,0                | -            | 295±15              | 142±10                   |
| Alcalinidade Total (mg/l)          | 2.500±500            | 17.500±500         | 12.000±500            | -            | -                   | -                        |
| Acidez Total (mg/l)                | -                    | -                  | -                     | 3.500±100    | 2.500±100           | 2.000±100                |
| DBO <sub>5,20</sub> (mg/l)         | 1.850±50             | 7.500±150          | 2.500±120             | 600±50       | 650±50              | 1.450±50                 |
| [2] DBO <sub>5,20</sub> (mg/l)     | 2.000-5.000          | 5.000-20.000       | 1.000-4.000           | 100          | 250                 | 6.000-15.000             |
| DQO (mg/l)                         | 4.600±150            | 18.600±150         | 6.300±150             | 1.550±50     | 1.700±50            | 3.650±50                 |
| [2] DQO (mg/l)                     | 5.000-11.800         | 20.000-40.000      | 2.500-7.000           | 800          | 400                 | 15.000-75.000            |
| [2] Óleos e Gorduras (mg/l)        | 1.700-8.400          | 1.700-8.300        | 0-5                   | -            | -                   | 5.000-10.000             |
| Sólidos Totais (mg/l)              | 45.000±1.500         | 36.000± 1.500      | 9.000±1.500           | 52.000±1.500 | 46.000± 1.500       | 12.000±1.500             |
| Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)  | 36.500±1500          | 25.000± 1500       | 5.800±500             | 49.500±1500  | 44.000±1.500        | 10.500±1.500             |
| Sólidos Suspensos (mg/l)           | 8.500±500            | 9.000±500          | 3.200±500             | 2.500±500    | 2.000±500           | 1.500±500                |
| Cloretos como Cl (mg/l)            | 19.250±1.500         | -                  | -                     | 23.500±1.500 | -                   | -                        |
| Sulfetos como S (mg/l)             | -                    | 380±50             | -                     | -            | -                   | -                        |
| [2] Surfactantes (mg/l)            | 0-400                | 0-300              | 0-500                 | -            | -                   | 500-2.000                |
| [2] Cr <sup>3+</sup>               | -                    | -                  | -                     | -            | 4.100               | 3.000                    |
| [3] NH <sub>3</sub> -N (mg/l)      | 850                  | 380                | 3.800                 | -            | 670                 | 530                      |

Fonte: Islam *et al.* (2014); [1] Chowdhury *et al.* (2015); [2] Cassano *et al.* (2001); [3] Tünay *et al.* (1995).

Além dos constituintes mostrados na Tabela 3, os efluentes de curtumes, de acordo com Ganem (2007), podem apresentar muita espuma, pela presença de colóides e sabões. Tomando-se em consideração a carga orgânica dos efluentes, o potencial poluidor de um curtume que processe 3.000 peles/dia é equivalente ao de uma população de 85.600 habitantes (GANEM, 2007, p.8).

Segundo Gutterres (2006), as substâncias perigosas que podem ser detectadas em couros, cujo emprego merece atenção são: cromo hexavalente, aril-aminas, pentaclorofenol

(PCP), folmaldeído, produtos contendo tributilestanho (TBT), metais pesados (mercúrio, cádmio e zircônio), alcanos clorados C10-C13, compostos orgânicos voláteis (COV) e fungicidas alergênicos. Além disso, aminas aromáticas carcinogênicas, podem surgir da clivagem de certos corantes azóicos.

Mesmo numa situação de pleno atendimento aos padrões de lançamento de efluentes, previsto na resolução CONAMA 430/11, ainda assim há dificuldades de se eliminar os riscos ambientais potenciais inerentes aos efluentes da indústria do couro, pois parâmetros importantes como DQO (Demanda Química de Oxigênio) e COT (Carbono Orgânico Total) ainda não foram normatizados pela legislação federal. No entanto, alguns estados brasileiros, como o Rio Grande do Sul, já possuem Resoluções aprovadas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA/RS) que tornam os padrões de emissão de efluentes líquidos em águas superficiais mais rigorosos que os padrões nacionais, vide Resolução nº 128/2006 – CONSEMA/RS.

Mesmo monitorando os parâmetros previstos na Resolução CONAMA 357/05 e nas estaduais, ainda assim, análises de toxicidade são necessárias, conforme Art. 18 da Resolução CONAMA 430/11.

Por mais rigorosa que seja a legislação, não há como se normatizar todos os possíveis poluentes que possam existir num efluente. Segundo Lofrano et al. (2011), mais de 3.000 produtos químicos são utilizados em processos de curtimento de couro e maior parte deles são compostos de substâncias persistentes. Neste sentido, observa-se um descompasso que há na utilização de novas substâncias, o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento e a adoção das mesmas pela indústria.

Outro desafio está na disposição dos resíduos sólidos gerados. Conforme Rajamani et al. (2012), este desafio é comum aos demais países latino-americanos que se destacam no mercado do couro, como: Argentina, Uruguai e Colômbia. Contudo, já existem trabalhos na literatura sobre a disposição desses resíduos no solo para uso agrícola ou experimentos de aplicação em ração animal. Embora, ainda não sejam suficientes os estudos sobre o assunto correndo o risco dessas práticas serem consideradas equivocadas ou ilegais.

Conforme os dados da FEPAM (2002), que podem ser visualizados na Tabela 4, os curtumes estão entre as indústrias que mais produzem resíduos sólidos perigosos, portanto merecem uma gestão mais eficiente e um cuidado maior com a disposição final de seus resíduos e rejeitos.

Tabela 4 - Distribuição da geração de resíduos sólidos industriais perigosos por setor industrial no Rio Grande do Sul

| <b>Setor Industrial</b> | <b>Número de empresas inventariadas</b> | <b>Quantidade de resíduo gerado (t/ano)</b> | <b>Quantidade de resíduo perigoso gerado (t/ano)</b> | <b>Percentual de resíduo perigoso gerado</b> |
|-------------------------|---|---|--|--|
| Couro                   | 443                                     | 243.881,86                                  | 120.170,62   | 49,27  |
| Metalúrgico             | 537                                     | 277.914,17                                  | 19.451,69  | 7,00   |
| Químico                 | 230                                     | 283.585,89                                  | 17.725,61  | 6,25   |
| Mecânico                | 416                                     | 108.342,79                                  | 17.387,57  | 16,05  |
| Transporte              | 30                                      | 23.721,31                                   | 4.547,45   | 19,17  |
| Papel e Celulose        | 7                                       | 187.240,41                                  | 1.726,82   | 0,92   |
| Têxtil                  | 17                                      | 2.951,28                                    | 852,42   | 28,88  |
| Lavanderia Industrial   | 4                                       | 448,44                                      | 259,40   | 57,84  |
| Minerais Não Metálicos  | 23                                      | 983,81                                      | 48,62  | 4,94   |
| <b>Total</b>            | <b>1.707</b>                            | <b>1.129.068,94</b>                         | <b>182.170,21</b>                                    | <b>-</b>                                     |

Fonte: FEPAM (2002).

Ainda sobre a Tabela 4, IPEA (2012) informa que os setores industriais de couro, metalúrgico, químico e mecânico foram os que mais enviaram resíduos perigosos para destinação em aterros de resíduos sólidos industriais próprios ou de terceiros. Vale destacar que a quantidade de resíduo perigoso gerado pelo setor de couro foi cerca de sete vezes maior que a do mecânico.

A Lei Federal nº 12.305/10, atribui ao gerador a adequada disposição final do seu resíduo produzido. Vale ressaltar que grande parte deles vem impregnados de corantes, metais pesados e outros contaminantes, assim são enquadrados como resíduos perigosos. Exemplos desses resíduos são o lodo do caleiro e as aparas do *Wet Blue*.

Além do alto teor de sólidos nos efluentes, a *United Nations Industrial Development Organization* (2011) aponta o tratamento e a disposição do lodo, como um dos grandes desafios da indústria coureira, especialmente no que tange ao desenvolvimento de soluções de baixo custo.

Dentre os resíduos sólidos mais poluentes gerados no processo curtidor, Pacheco (2005) destaca as aparas caleadas e não-caleadas, que são provenientes dos recortes feitos na pele manualmente para retirar rebarbas; a carnaça, que são raspas retiradas do couro fresco não utilizáveis no processo; o farelo e pó de rebaixadeira, que são resíduos azulados lançados após a prensa do couro, e o lodo proveniente dos sistemas de tratamento dos efluentes líquidos. O pó

gerado pelo rebaixamento e também o lodo possuem teores de cromo (III), que podem ser oxidados a cromo (VI), prejudicando seriamente o ambiente.

Conforme Ganem (2007), os lodos provenientes dos curtumes têm aspecto desagradável e odor repugnante. Os restos animais (carneças, pelos, peles e fibras), se não tratados, depositam-se nas margens dos córregos e atraem ratos e moscas. Os extratos oriundos do curtimento podem provocar o envenenamento de peixes.

Os curtumes que tem buscado implementar em suas práticas o reuso agrícola do lodo do caleiro tem enfrentado dificuldades, pois não há previsão legal para tal, mesmo apresentando laudos técnicos que comprovem a sua viabilidade. Há regulação apenas, através das Resoluções CONAMA nº 375 e 380 de 2006, do uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgotos sanitários, predominantemente de origem doméstica, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária.

A indústria coureira, também é uma grande emissora de efluentes gasosos. Conforme o *Integrated Pollution Prevention and Control* (2003), para cada 1 tonelada de couro salgado há uma produção de, aproximadamente, 40 kg de poluentes atmosféricos no formato de solventes orgânicos. Porém, estes poluentes são mais difíceis de serem monitorados e fiscalizados, pois não dispõem de uma legislação específica nacional para este fim.

De acordo com Pacheco (2005), são geradas substâncias voláteis em grande parte do processo curtidor que muitas vezes dissipam-se para os arredores das indústrias afetando a comunidade local. Quando a pele é armazenada em espécies de barracas para a conservação em sal, elas emitem amônia devido à decomposição das proteínas. Na fase de ribeira até o pré-acabamento, também são eliminados gases, como o sulfídrico, de odores desagradáveis. No acabamento também são emitidas partículas de água em suspensão e no lixamento material com partículas sólidas.

Segundo Cassano et al. (2001), os solventes orgânicos são os produtos mais amplamente usados no desengraxe. Eles produzem um considerável aumento da poluição ambiental pelas emissões de compostos voláteis. Além disso, podem originar problemas nas plantas de tratamento biológico de efluentes.

Conforme SENAI/RS (2003), para o controle do processo poluidor estão disponíveis as seguintes soluções depuradoras, para o gás sulfídrico, amônia e Compostos Orgânicos Voláteis (COVs):

- “*scrubbing*<sup>4</sup>” úmido para a remoção de amônia e H<sub>2</sub>S da descalcinação, do píquél e do tingimento;
- “*scrubbing*” úmido, absorção, uso de bio-filtros, remoção criogênica ou incineração para remover carbonos orgânicos voláteis (COV) da secagem e do acabamento;
- “*scrubbing*” úmido, absorção ou utilização de bio-filtros na remoção de várias emanações geradas no tratamento depurador de efluente líquido;
- “*scrubbing*” úmido para o tratamento de uma combinação de aerossóis, solventes orgânicos e odores.

De acordo com Gutterres (2004), a experiência demonstra que, para se obter sucesso em uma produção ambientalmente correta, é necessário trabalhar no próprio processo produtivo industrial através de uma utilização mais cuidadosa da água e dos produtos químicos e de uso de tecnologias e produtos alternativos menos poluentes, antes de se recorrer às tecnologias de depuração de efluentes.

Ainda há outros grandes desafios ambientais a serem vencidos pelos curtumes que merecem destaque: primeiro, a substituição da matéria-prima proveniente de salgadeiras; segundo, a redução das quantidades de produtos químicos usados na fase de depilação/caleiro; terceiro, a substituição do agente curtente à base de sais de cromo por reagente com potencial poluidor reduzido.

#### 2.4.3 Substituição da matéria-prima proveniente de salgadeiras

O sal utilizado para conservar o couro é removido na fase de ribeira, produzindo um efluente com concentrações elevadas de sólidos e cloretos, inviabilizando o reuso direto do mesmo. Com a eliminação do processo de salga, o couro poderia receber tratamento semelhante ao dado às carnes para armazenamento e transporte sob refrigeração. Isto implica em modificações logísticas e um possível aumento de custos, mas ampliaria as possibilidades para tratamento e disposição de efluentes líquidos e resíduos sólidos. Do ponto de vista ambiental e econômico há um ganho na redução de água e energia pela retirada da etapa de remolho.

Com relação a refrigeração para a conservação de couro SENAI/RS (2003) e Pacheco (2005) sugerem o processo de conservação de couro de curta duração por “*Flo-Ice*”, a qual usa salmoura com 3-5% de sal, criando um líquido com temperatura entre 0 e -10 °C e a suspensão

---

<sup>4</sup> Dispositivos de controle da poluição do ar usado para remoção de poluentes em emissões industriais.

de cristais microscópicos de gelo pode alternativamente ser obtida em uma solução de glicol. Esta técnica, empregada pela indústria da pesca em alguns países, permite conservar os couros por até três dias.

Além das técnicas já apresentadas SENAI/RS (2003) ainda mostra que os couros “verdes” podem ser esterilizados por feixe de elétrons de alta velocidade, poucas horas após a remoção da carcaça. Couros assim esterilizados poderiam ser considerados durante até seis meses, mantendo as características de couro “em sangue”.

Conforme Lofrano et al. (2011), a presença do cloreto e sulfeto de sódio no efluente é claramente uma das formas mais difíceis de poluição a serem tratadas na indústria do couro, pois são muito solúveis em água e são quimicamente estáveis.

Segundo Moreira e Teixeira (2003), o uso do cloreto de sódio apresenta restrições técnicas, como o desenvolvimento nas peles de bactérias halofílicas (que se desenvolvem na presença do sal). Com certeza o fator limitante para o emprego do cloreto de sódio nos próximos anos é a quantidade de resíduo sólido gerado e o efluente líquido a ser tratado. Como a salga provoca desidratação é necessário maior consumo de água para remover o sal e provocar a reidratação das peles. O excesso de cloreto de sódio também se configura como um problema para o tratamento biológico realizado na estação de tratamento de efluentes. Além disso, o seu excesso também inviabiliza o uso direto como água de irrigação.

Conforme SENAI/RS (2003), sempre que possível, o processamento de peles frescas (“verdes” ou “em sangue”), logo após sua remoção da carcaça animal, constitui-se na melhor solução para diminuir o impacto ambiental por sal. Outrossim, pode-se eliminar até 10% do sal adicionado ao couro para sua conservação, pela agitação manual do mesmo, escovação mecânica ou em fulão tipo “mixer”. Este sal pode ser reutilizado no píquiel.

#### 2.4.4 Redução da quantidade de produtos químicos usados no caleiro

De acordo com Cassano et al. (2001), o efluente líquido do caleiro é poluente, devido à presença de sulfetos, amins e subprodutos vindos da degradação do pelo e epiderme, além da alta concentração de álcalis. Frequentemente, o efluente líquido do caleiro é reutilizado no processo, na tentativa de amenizar os impactos ambientais do seu descarte imediato.

Segundo Moreira e Teixeira (2003), os depilantes mais comumente empregados são o sulfeto de sódio, o sulfidrato de sódio, os compostos aminados e os complexos enzimáticos.



Explica-se o fato pela elevada carga residual do sulfeto remanescente no banho e pela presença dos compostos resultantes da hidrólise da queratina (compostos de média biodegradabilidade, que conferem a este efluente elevada carga orgânica poluidora). Para SENAI/RS (2003), em algumas situações pode ser feito uso de tióis, que são redutores em meio alcalino, em substituição ao sulfeto como agente depilante.

O processo de depilação é imprescindível para manter a qualidade do couro, porém há um inevitável excesso de reagentes gastos no processo de difícil remoção e aproveitamento posterior. A depilação mecânica é uma alternativa, porém atuaria superficialmente e não trabalharia no intumescimento e separação das fibras e fibrilas do colagênio e nem modificaria estas moléculas. A solução estaria no desbaste mecânico dos pelos ao tamanho mínimo que não comprometesse a qualidade do couro. Desta forma, esta técnica poderia ser usada como etapa preliminar a depilação, pois gastaria menos reagentes químicos que inevitavelmente aderem aos pelos e melhoraria o acesso desses reagentes ou enzimas ao sítio de reação. No entanto, esta etapa traz aumento de mão de obra e exigiria tecnologia apropriada para um corte uniforme dos pelos.

Moreira e Teixeira (2003) sugerem o emprego de tecnologias limpas e apontam para a reutilização do banho residual, mediante reciclagem do banho e, também, para sistemas sem destruição dos pelos, do tipo “*hair-saving*”, além do emprego de sulfeto de sódio comercial em cerca de 1,2 -1,5%, no máximo.

SENAI/RS (2003) afirma que um bom nível de controle no curtume é necessário para a reutilização direta do banho residual de caleiro. Pode-se obter economias de até 40% de sulfeto de sódio e de até 50% de cal. Concomitantemente, podem ser obtidas reduções de 30 a 40% de DQO e de 35% de nitrogênio no efluente homogeneizado.

Gutterres (2006) e Andrioli et al. (2015) concordam que os processos enzimáticos de depilação são boas alternativas ao uso do sulfeto de sódio. Segundo Guterres (2006), os processos com enzimas dão aumento de área ao couro, melhor retorno financeiro e menores contaminações no efluente. Além disso, podem ser usadas no tratamento de resíduos, seja na biodegradação de gorduras e músculos ou na hidrólise enzimática de aparas e farelos de couro.

#### 2.4.5 Substituição do agente curtente à base de sais de cromo

Quanto ao curtimento, os curtumes ainda utilizam sais de cromo como principal agente curtente, devido ao custo-benefício ser positivo. Porém, o cromo hexavalente ainda é um risco

iminente ao qual não foi extinto. Freitas e Melnikov (2006), verificaram que as emissões de cromo de efluentes tratados, dos curtumes estudados, podem chegar a níveis ecologicamente perigosos.

Além do uso nos curtumes, conforme Lunk (2015), compostos de cromo ainda são utilizados em corantes e tintas e são encontrados frequentemente em solos e águas subterrâneas de zonas industriais abandonadas.

Bacardit et al. (2014) desenvolveram um couro branco, livre de cromo, aldeídos, precursores de aldeídos e solventes orgânicos denominado de *Wet Bright*, que cumprem os requisitos para o uso em estofamento automotivo (*Directive 2000/53/CE*). Este processo, quando comparado com os de produção do *Wet Blue* e *Wet Withe* é mais vantajoso economicamente e ambientalmente, Bacardit et al. (2015). Além disso, apresentam uma redução de 43% de compostos voláteis comparado ao *Wet White* e 8% comparado ao *Wet Blue*.

Tabela 5 - Comparativo entre os efluentes gerados na produção dos couros *Wet blue*, *Wet White* e *Wet Bright*

| <b>Teste</b>                              | <b><i>Wet Blue</i></b> | <b><i>Wet White</i></b> | <b><i>Wet Bright</i></b> |
|---|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 85.966                 | 78.315                  | 101.596                  |
| Sólidos Suspensos (mg/L)                  | 1.173                  | 288                     | 452                      |
| DQO (mg/L)                                | 9.300                  | 32.550                  | 3.800                    |
| N Kjeldahl (mg/L)                         | 470                    | 86                      | 165                      |
| Cromo (mg/L)                              | 3.219                  | 3,9                     | Não detectável           |

Fonte: Bacardit et al. (2015).

O curtimento sem cromo (*Chrome Free/ Metal Free*) ainda é um grande desafio para a indústria, no entanto a demanda já existe em determinados tipos de estofamento e calçado, para que sejam produzidos livres de metal.

Krishnamoorthy et al. (2012) mostram em seu trabalho que o curtimento livre de cromo pode apresentar uma redução significativa de sólidos e uma maior biodegradabilidade dos compostos orgânicos presentes no efluente quando comparados com os banhos de curtimento ao cromo.

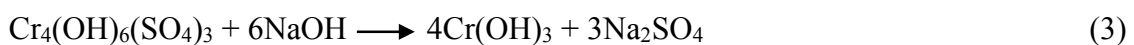
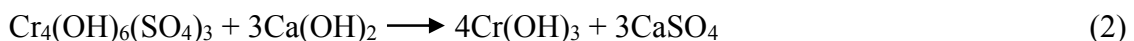
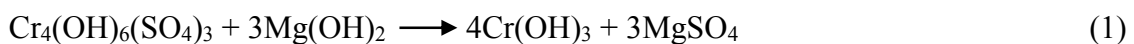
SENAI/RS (2003) mostra ainda como opção o processo “*Thru-Blu*”, que consiste na modificação nos complexos de cromo, para aumentar a exaustão do curtimento ao cromo pela maior facilidade da absorção dos complexos não-iônicos e aniônicos. O curtimento inicia em pH elevado, após a descalcinação e a purga. O pH baixa gradualmente a 3-4, em função da

acidez residual do curtente de cromo, permitindo a absorção dos complexos catiônicos. Não há necessidade de basificação nem de mascaramento. O curtimento é realizado com uma combinação de poliamida e agente curtente contendo cromo.

Daudt et al. (2007), mostraram que há possibilidades do cultivo em substratos contendo serragem de rebaixamento de couro (RR). De forma geral, as mudas de *Tagetes patula* L. “Aurora”, utilizadas, mostraram boa tolerância à presença de RR até fração volumétrica de 50% da mistura. Aumentando a proporção do resíduo, as plantas apresentaram tombamento e menor comprimento do sistema de raízes, diminuindo a estabilidade do torrão, demonstrando assim a necessidade de mais estudos para a consolidação dos resultados apresentados.

Outrossim Silva et al. (2012), mostraram a possibilidade do uso resíduos de couro *Wet Blue* na alimentação de ruminantes. Conforme os mesmos, o alto teor de proteína bruta dos resíduos de couro que são submetidos a extração de cromo indica que eles podem ser utilizados como suplemento de proteínas em alimentos para animais.

Conforme Moreira e Teixeira (2003), o tratamento do efluente dos couros curtidos ao cromo é feito mediante precipitação química do cromo sob a forma de hidróxido de cromo III, utilizando óxido de magnésio, hidróxido de cálcio, soda cáustica ou soda barrilha (Equações 1, 2, 3 e 4). Enquanto que o tratamento do efluente dos taninos vegetais é executado nas instalações de tratamento biológico.



Outra técnica para a remoção do cromo do efluente é a eletrocoagulação, conforme Belay (2010) e Mella et al. (2015). Segundo Mella et al. (2015), com a precipitação química se obteve uma remoção de cromo superior a 99%. Já com a eletrocoagulação os melhores resultados foram: 97,76% com eletrodo de alumínio (3,0 V por 110 min); 69,91% com eletrodo de cobre (2,0 V por 100 min); e, 90,27% com eletrodo de ferro (2,5 V por 100 min). Porém, a eletrocoagulação com eletrodos de cobre apresentou um custo 88,8% menor que a precipitação química, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Custos por tratamento para remoção de cromo

| <b>Método</b>        | <b>Custo (US\$/m<sup>3</sup>)</b> |
|----------------------|-----------------------------------|
| Precipitação Química | 4,14                              |
| Al-Al*               | 2,16                              |
| Cu-Cu*               | 0,49                              |
| Fe-Fe*               | 1,76                              |

Fonte: Mella et al. (2015).

\* Eletrocoagulação

Além das que já foram apresentadas, as tecnologias com membranas também são alternativas para a remoção de metais e sólidos, conforme pode ser visto nos trabalhos de Cassano et al. (2001) e Kiril e Kestioglu (2014). Existem ainda tecnologias alternativas com o uso de algas marinhas do gênero *Sargassum* para a remoção do cromo, conforme pode ser visto nos estudos de Aravindhan et al. (2004).

Outro agente curtente conhecido são os taninos. Os mesmos têm sido empregados como alternativa ao uso do cromo. Segundo SENAI/RS (2003), a recuperação de banhos de curtimento ao tanino vegetal, fazendo uso de ultrafiltração, é utilizado em alguns curtumes europeus. Os tanantes recuperados podem ser novamente empregados no processo em questão. Curtimento com tanante vegetal e com alumínio pode, em algumas situações também ser utilizado em substituição ao curtimento com cromo.

### 2.3.6 Medidas para uma produção mais limpa

Segundo Moreira e Teixeira (2003) e SENAI/RS (2003), várias medidas podem ser adotadas na busca por uma produção mais limpa, tais como:

1. Realização de pré-descarne em peles verdes, ou “*in natura*”, no próprio frigorífico, ou no curtume se a distância, ou o processo de conservação assim permitirem (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.70);
2. O uso de antisépticos com pequeno impacto ambiental ajuda a aumentar o tempo de armazenagem de couros “verdes” ou resfriados. São adequados, entre outros, os produtos de isotiazolona, dimetil-ditiocarbamato de potássio, clorito de sódio e sais quaternários de amônio. Alguns deles são também adequados para o remolho, o piquel, a conservação de couro “*wet-blue*” e em processos de pós-curtimento (SENAI, 2003, p.17);
3. A quantidade de água, referida sobre a massa das peles tem relação com o tipo de equipamento empregado. Desta forma, quanto maior o efeito mecânico de bombeamento sobre as peles, menor pode ser o volume de água. Outro fator importante para definir o volume de água é o estado da matéria-prima. Assim peles excessivamente sujas, desidratadas ou secas, necessitam de maior quantidade de água (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.43);
4. Uso de tensoativos biodegradáveis e o emprego de enzimas lipofílicas (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.41-42);

5. Controle rigoroso do uso de polifosfatos nos processos, cujo desequilíbrio pode levar ao excesso de fósforo no tratamento biológico, contribuindo para a eutrofização (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.42);
6. O descarte de peles “verdes” após o remolho, pois obtém-se uma massa menor de carnaça, em relação ao descarte de couro caleado. A carnaça resultante do “pré-descarte” apresenta pH praticamente neutro e melhores condições para obtenção de proteínas e graxas não contaminadas com produtos químicos (SENAI, 2003, p.17);
7. Emprego da carnaça em materiais nobres, tanto para a indústria alimentícia, na fabricação de gelatinas, invólucros comestíveis de embutidos e produtos para alimentação canina, “dog toy”, como na fabricação de produtos cosméticos e farmacêuticos (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.76);
8. Uso dos resíduos de aparas caleadas na fabricação de colas (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.76);
9. Emprego de descalcantes isentos de sais amoniacais reduz o impacto ambiental, por exemplo, para os organismos aquáticos, que sofrem com a ação tóxica deste íon, além da formação do hidróxido de amônio. Ésteres e ácidos carboxílicos, além do emprego de dióxido de carbono, podem ser alternativas, no entanto, este último deve ser avaliado com cautela (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.86);
10. Emprego de CO<sub>2</sub> na descalcinação pode ser considerado como tecnologia “mais limpa”, sendo mais facilmente aplicável em couros bovinos leves com espessuras menores que 3 mm (SENAI, 2003, p.18);
11. Emprego de compostos de purga isento de sais amoniacais (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.95);
12. Conforme Moreira e Teixeira (2003) e SENAI (2003), é importante verificar a viabilidade da piquelagem sem sal ou do curtimento sem píquel;
13. SENAI (2003) sugere a reciclagem dos banhos residuais de cromo;
14. O processo de produção em contra-corrente, em que o líquido esgotado de uma etapa seja colocado em contato com peles de menor concentração tanante é uma tecnologia limpa desde muito tempo aplicada pelos curtumes (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.143);
15. Se os taninos fenólicos fizerem parte dos extratos tanantes ou das fórmulas de curtimento deve-se dar preferência a compostos praticamente isentos de fenóis livres curtumes (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.143);
16. A aplicação de uma reciclagem eficiente dos banhos residuais de curtimento vegetal reduz, consideravelmente, a carga tóxica dos taninos no efluente (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.143);
17. Uso da serragem da rebaixadeira na fabricação de colas, gelatinas e produtos auxiliares para a indústria do couro, por descurtimento dos resíduos e desmineralização em resinas trocadoras de íons; produção de couro reconstituído a partir de resíduos curtidos ao vegetal ou ao cromo, destinados a calçados ou artigos de couro; carga para concreto, para estruturas submetidas somente a esforços de compressão, visando diminuir a condutibilidade térmica dos mesmos; embalagens para cargas marítimas (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.150);
18. Quanto ao pré-acabamento deve-se minimizar e/ou otimizar o consumo de energia nos processos de secagem de couros: utilização de equipamentos de secagem que trabalham a baixas temperaturas (secadores a vácuo e/ou estufas) com a utilização de bombas de calor; minimizar e/ou otimizar a geração de resíduos sólidos (aparas e recortes, pó da lixa); executar uma melhor abertura e lisura da superfície do couro nos processos de secagem (utilização de sistemas de chapas, tais como, vácuo, pasting, etc.) proporcionando um maior aproveitamento/rendimento de área do material (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.210);
19. Desenvolver produtos de acabamento, isentos de metais pesados e com um baixo teor de AOX (“Adsorbable Organic Halogen” – compostos orgânicos halogenados adsorvidos). Os metais pesados que eram usados inicialmente em formulações de pigmentos são agora conhecidos por ter uma concentração muito baixa de TGC (“Technical Guide Concentration”), que é a concentração

de uma substância perigosa que pode ser atingida e na qual as precauções de segurança são baseadas. Alguns destes metais pesados são também classificados como carcinogênicos. Além disso, os emulsificantes devem ser facilmente biodegradáveis e os produtos como um todo deveriam, se possível, não ter teores de AOX (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.217);

20. No acabamento molhado deve-se empregar materiais e produtos químicos menos agressivos, como por exemplo, a eliminação de compostos de AOX (materiais com halogênio adsorvível de combinação orgânica, especialmente existentes em engraxantes clorados), a redução do emprego de tanantes com fenóis livres, o controle do emprego de produtos a base de metais como os sais de alumínio e sais de cromo, além da redução de compostos nitrogenados e fosforados nos processos de acabamento molhado, são imposições que vêm se desenhando no mercado de produção de couros. A recuperação dos solventes orgânicos, quando o emprego se fizer necessário, e a eliminação de corantes com metais pesados também são de grande importância (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.193-194);
21. Minimizar os requisitos para extração de solventes do ambiente de trabalho pela utilização das unidades de extrações tão limpas e eficientes quanto possíveis, e pela redução da geração dos resíduos, evitando o máximo possível o excesso de pulverização (MOREIRA E TEIXEIRA, 2003, p.218).

Além das medidas já citadas, Lofrano (2011) informa que a separação dos efluentes na indústria pode contribuir significativamente no tratamento dos mesmos, haja vista as diferenças químicas entre eles. Ademais, conforme Cassano et al. (2001), a segregação poderia contribuir no reuso ou reciclo de efluentes e na recuperação de materiais.

O modelo de economia circular citado por Hu et al. (2011), pode ser uma ferramenta na busca pela P + L, pois o mesmo concentra-se na produtividade e melhoria da eco-eficiência, especialmente na otimização da estrutura industrial de desenvolvimento de novas tecnologias e aplicação, além da renovação de equipamentos e gestão. Destarte, o modelo trabalha com os princípios da redução, reutilização, reciclagem e recuperação de efluentes que podem ser aplicados em curtumes.

## **2.5 A avaliação de impactos ambientais**

Segundo Sánchez (2008), a avaliação de impacto ambiental (AIA) configura-se como um instrumento de identificação, descrição e análises dos impactos ambientais decorrentes de um empreendimento ou atividade potencialmente poluidor, com o fim de prevenir e/ou mitigar os impactos ambientais adversos e potencializar os benéficos.

A origem deste instrumento está ligada à criação da *National Environmental Policy Act* nos EUA em 1969 e da *Loi Relative à Protection de la Nature* em 1976 na França. Ambas buscaram definir procedimentos metodológicos e técnicos que possam servir de instrumentos para equipes multidisciplinares na produção de conhecimentos técnicos e científicos para

avaliação de impactos ambientais decorrentes de empreendimentos e/ou atividades (VERDUM E MEDEIROS, 2006).

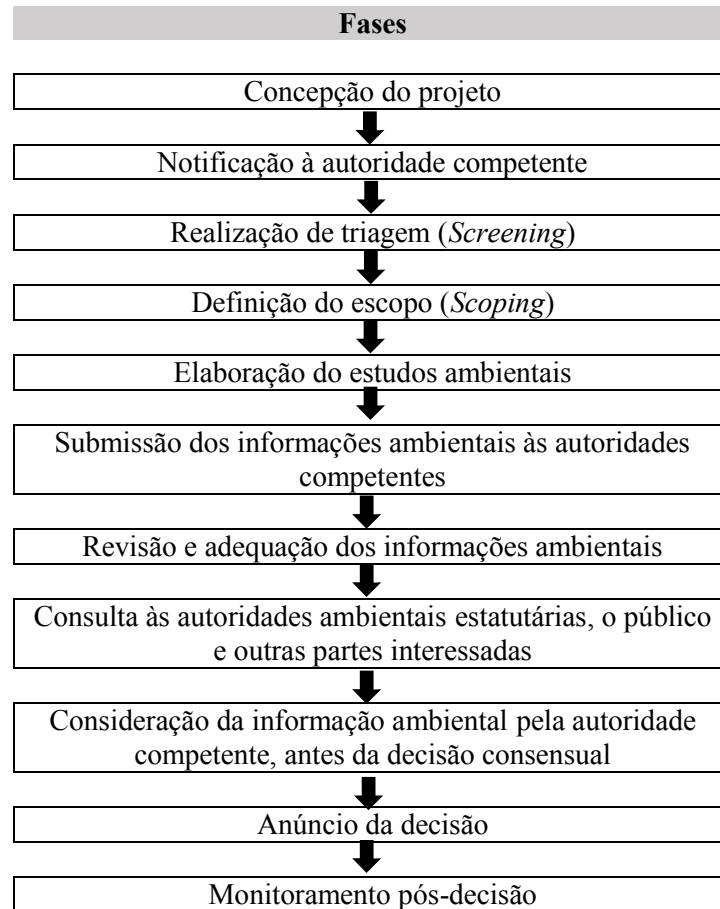
Conforme Verdum e Medeiros (2006), no Brasil a discussão iniciou, ainda nas décadas de 1970 e 1980, a partir do momento em que o país passou a usar recursos financeiros internacionais, especialmente do Banco Mundial, para obras como grandes barragens, pois uma das prerrogativas para a aquisição desses empréstimos era a avaliação de impactos ambientais desses empreendimentos.

Somente, em 1981, o Brasil aprovou a Lei Federal nº 6.938 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, cujo artigo 9º apresenta os instrumentos desta política ao qual a avaliação de impactos ambientais (AIA) foi elencada no inciso 3º. Posteriormente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, criado através da PNMA, em 1986 aprovou a sua Resolução de nº 01, ao qual dispõe sobre as definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da AIA.

Vale destacar que a Resolução CONAMA nº 01/86 traz no seu escopo as diretrizes para a elaboração do estudo ambiental mais completo e complexo denominado de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/Rima). Os empreendimentos e/ou atividades ao qual é exigido a apresentação do EIA/Rima são apresentados no artigo 2º da referida Resolução.

A AIA é um procedimento exigido nos termos das Diretivas da União Europeia 85/337/CEE e 97/11/CE. Ambas relativas à avaliação dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente. As mesmas definem diretrizes semelhantes aos processos de licenciamento ambiental no Brasil, conforme Figura 6. Neste sentido, alguns documentos de orientação foram criados pela União Europeia com o fim de orientar os interessados (autoridades, consultores, pesquisadores, sociedade civil), tais como: *Guidance on EIA: Screening* (European Union, 2001a), *Guidance on EIA: Scoping* (European Union, 2001b), *Guidance on EIA: EIS Review* (European Union, 2001c).

Figura 6 - Processo de avaliação de impacto ambiental



Fonte: *European Union* (2001, a, b e c), adaptado pelo autor.

A Diretiva da União Européia 85/337/CEE, objetiva:

A redução das disparidades entre as legislações em vigor nos diferentes Estados-Membros em matéria de avaliação dos efeitos no ambiente dos projetos públicos e privados, pois podem criar condições de concorrência desiguais e ter, por esse fato, uma incidência direta no funcionamento do mercado comum. Além disso, visa fornecer às autoridades competentes informações adequadas que lhes permitam tomar decisões sobre projetos específicos com pleno conhecimento dos seus possíveis impactos significativos no ambiente (EUROPEAN UNION, 1985, p.1).

Vale ressaltar que a Diretiva da União Européia 85/337/CEE ainda foi alterada com o surgimento da Diretiva 2003/35/CE do Parlamento Europeu e do Conselho ao qual prevê a participação do público na elaboração de determinados planos e programas relativos ao ambiente (EUROPEAN UNION, 2003) e codificada pela Diretiva 2011/92/EU, a qual também já foi alterada pela Diretiva 2014/52/EU (EUROPEAN UNION, 2014).

Conforme *European Union* (2014), a Diretiva 2014/52/EU, na última década, questões ambientais como a eficiência e sustentabilidade na utilização dos recursos naturais, a proteção



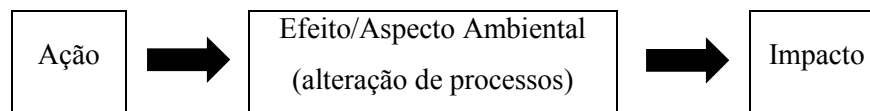
da biodiversidade, as alterações climáticas e os riscos de acidentes e catástrofes, ganharam importância na concessão das políticas. Essas questões deverão por conseguinte constituir elementos importantes na avaliação e nos processos de tomada de decisões. Portanto, foi necessário alterar, segundo a *European Union* (2014), a Diretiva 2011/92/UE a fim de melhorar a qualidade do processo de avaliação do impacto ambiental, harmonizá-lo com os princípios da regulamentação inteligente e aumentar a coerência e as sinergias com outra legislação e outras políticas da União, assim como com as estratégias e políticas concebidas pelos Estados-Membros nos domínios da competência nacional.

Para efeitos da Resolução CONAMA nº 01/86, art 1º, impacto ambiental significa:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam (BRASIL, 2015):  
 I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;  
 II - as atividades sociais e econômicas;  
 III - a biota;  
 IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;  
 V - a qualidade dos recursos ambientais.

Conforme Sánchez (2008) as ações ou atividades são as causas, enquanto os impactos são as consequências sofridas (ou potencialmente sofridas) pelos receptores ambientais (os recursos ambientais, os ecossistemas, os seres humanos, a paisagem, o ambiente construído). Os mecanismos ou os processos que ligam uma causa a uma consequência são os efeitos, os aspectos ou processos ambientais, conforme se prefira empregar um ou outro termo, conforme Figura 7.

Figura 7 - Esquema básico das relações entre causa e consequência para identificação de impactos ambientais



Fonte: Sánchez (2008).

Mesmo com a normatização da avaliação de impacto ambiental, o Brasil, ainda assim, não possuía um instrumento legal que tratasse do Licenciamento Ambiental, ao qual foi surgir somente em 1997 através da Resolução CONAMA nº 237.

Para a Resolução CONAMA nº 01/86, Art. 6º, II, o estudo de impacto ambiental desenvolverá a análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de

identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

Porém, segundo Sánchez (2008), a Resolução CONAMA nº 01/86 não fornece uma orientação a cerca do entendimento que deva ser dado a esses atributos. Portanto, interpreta os mesmos da seguinte forma:

Expressão: este atributo descreve o caráter positivo ou negativo (benéfico ou adverso) de cada impacto; note-se que, embora a maioria dos impactos tenha nitidamente um caráter positivo ou negativo, alguns impactos podem ser ao mesmo tempo positivos e negativos, ou seja, positivos para um determinado componente ou elemento ambiental e negativos para outro (SÁNCHEZ, 2008, p.292);

Origem: trata-se da causa ou fonte do impacto, direto ou indireto; impactos diretos são aqueles que decorrem das atividades ou ações realizadas pelo empreendedor, por empresas por ele contratadas, ou que por eles possam ser controladas; impactos indiretos são aqueles que decorrem de um impacto direto causado pelo projeto em análise, ou seja, são impactos de segunda ou terceira ordem; os indiretos são mais difusos que os diretos e se manifestam em áreas geográficas mais abrangentes (onde os processos naturais ou sociais ou os recursos afetados indiretamente pelo empreendimento também podem sofrer grande influência de outros fatores) (SÁNCHEZ, 2008, p.292);

Duração: impactos temporários são aqueles que só se manifestam durante uma ou mais fases do projeto e que cessam na sua desativação. São impactos que cessam quando acaba a ação que os causou, como a degradação da qualidade do ar devido a emissão de poluentes atmosféricos; impactos permanentes representam uma alteração definitiva de um componente do meio ambiente ou, para efeitos práticos, uma alteração que tem duração indefinida, como a degradação da qualidade do solo causada por impermeabilização devido à construção de um centro comercial ou de um estacionamento; são impactos que permanecem depois que cessa a ação que os causou (SÁNCHEZ, 2008, p.292);

Escala temporal: impactos imediatos são aqueles que ocorrem simultaneamente à ação que os gera; impactos a médio ou longo prazo são os que ocorrem com uma certa defasagem em relação à ação que os gera; uma escala arbitrária poderia definir prazo médio, como da ordem de meses, e o longo, da ordem de anos (SÁNCHEZ, 2008, p.292);

Reversibilidade: esta característica é representada pela capacidade do sistema (ambiente afetado) de retornar ao seu estado anterior caso (i) cesse a externa, ou (ii) seja implantada uma ação corretiva. A reversibilidade de um impacto depende de aspectos práticos; por exemplo, a alteração da topografia causada por uma grande obra de engenharia civil ou uma mineração é praticamente irreversível, pois, mesmo se tecnicamente exequível, é na maioria dos casos inviável economicamente recompor a conformação topográfica original; a extinção de uma espécie é um impacto irreversível (SÁNCHEZ, 2008, p.292);

Cumulatividade e sinergismo: referem-se, respectivamente, à possibilidade dos impactos se somarem ou se multiplicarem; impactos cumulativos são aqueles que se acumulam no tempo ou no espaço, e resultam de uma combinação de efeitos decorrentes de uma ou diversas ações (SÁNCHEZ, 2008, p.292).

Agra Filho (2008) descreve ainda a distribuição dos ônus e benefícios sociais como um dos atributos que devem ser levados em consideração. O mesmo refere-se a socialização dos ônus e concentração dos benefícios de um empreendimento, portanto estão relacionados diretamente aos impactos sociais. A análise em cima desta perspectiva é importante, pois há uma omissão em geral de procedimentos de cálculos consistentes para dimensionar os aspectos sociais. Na fase de análise dos impactos ambientais os aspectos sociais favoráveis são exacerbados e os desfavoráveis são geralmente subdimensionados. Exemplos típicos de exacerbção são as possibilidades de geração de empregos e de elevação da arrecadação de tributos. As informações se restringem a indicar estimativas da ordem de grandeza sem considerar um procedimento técnico específico (AGRA FILHO, 2008).

Além dos já citados, Sánchez (2008) considera que a avaliação da escala espacial e a avaliação da probabilidade de ocorrência podem ser de grande importância, pois nem todos os impactos se restringem a uma determinada localidade e nem todos são de ocorrência certa. O mesmo define-os conforme abaixo:

Escala espacial: (i) impactos locais são aqueles cuja abrangência se restrinja aos limites das áreas do empreendimento; (ii) impacto linear é aquele que se manifesta ao longo das rodovias de transporte de insumos ou de produtos; (iii) abrangência municipal é usada para os impactos cuja área de influência esteja relacionada aos limites administrativos municipais; (iv) escala regional é empregada para os impactos cuja área de influência ultrapasse as duas categorias anteriores, podendo incluir todo o território nacional; e (v) escala global para os impactos que potencialmente afetem todo o planeta (SÁNCHEZ, 2008, p.294).

Probabilidade de ocorrência: refere-se ao grau de incerteza a cerca da ocorrência de um impacto; os impactos podem ser classificados, por exemplo, de acordo com a seguinte escala de probabilidade de ocorrência (i) certa, quando não há incerteza sobre a ocorrência do impacto; (ii) alta, quando, baseado em casos similares e na observação de projetos semelhantes, estima-se que é muito provável que o impacto ocorra; (iii) média, quando é pouco provável que se manifeste o impacto, mas sua ocorrência não pode ser descartada; (iv) baixa, quando é muito pouco provável a ocorrência do impacto em questão, mas, mesmo assim, essa possibilidade não pode ser desprezada. A lógica por trás desse raciocínio é de que impactos de baixa probabilidade poderiam ser julgados como menos importantes que os de alta probabilidade, mas tal raciocínio só faz sentido se a probabilidade de ocorrência for de alguma forma associada à magnitude do impacto, conforme conceito de risco ambiental (SÁNCHEZ, 2008, p.295).

De acordo com a Diretiva 2014/52/EU, os potenciais efeitos significativos dos projetos no ambiente devem ser avaliados conforme as características abaixo:

- a) A magnitude e extensão espacial do impacto (tal como a zona geográfica e dimensão da população suscetível de ser afetada);
- b) A natureza do impacto;
- c) A natureza transfronteiriça do impacto;

- d) A intensidade e complexidade do impacto;
- e) A probabilidade do impacto;
- f) A ocorrência esperada, duração, frequência e reversibilidade do impacto;
- g) A acumulação dos impactos com os de outros projetos existentes e/ou aprovados;
- h) A possibilidade de redução do impacto de maneira eficaz.

Conforme Braga et al. (2005), os métodos correntemente disponíveis para a avaliação de impactos ambientais, em sua maioria, resultaram da evolução de outros já existentes, como por exemplo a análise de potencialidade de utilização do solo e de usos múltiplos de recursos naturais, análises de custo e benefício, modelos matemáticos, etc. Outros foram concebidos no sentido de considerar os requisitos legais envolvidos, como são o caso dos Métodos de Matrizes e das Redes de Interação. Apesar dessa origem, os métodos passaram a tornar-se cada vez mais específicos à medida que o aprofundamento do conhecimento permitiu tipificar causas e correspondentes efeitos em diferentes segmentos do ambiente, em face de intervenções também específicas.

Um dos grandes desafios a serem superados quando se trata de avaliação de impactos ambientais é o grau de subjetividade existente nas análises. Como fim de minimizá-la e tornar a avaliação mais precisa possível, as equipes multidisciplinares tendem a utilizar mais de um método numa mesma AIA.

Segundo Sánchez (2008), há diversos tipos de ferramentas que auxiliam uma equipe na tarefa de identificar os impactos ambientais. Tais instrumentos foram desenvolvidos para facilitar o trabalho dos analistas, mas não se trata de “pacotes” acabados. São, na verdade, métodos de trabalho cuja aplicação demanda (i) um razoável domínio dos conceitos subjacentes; (ii) uma compreensão detalhada do projeto analisado e de todos os seus componentes; e (iii) um razoável entendimento da dinâmica socioambiental do local ou região potencialmente afetada.

Braga et al. (2005), descrevem os principais métodos de avaliação de impacto ambiental utilizados por equipes multidisciplinares. Dentre eles destacam-se:

- Método *Ad Hoc* – consiste na realização de reuniões com especialistas dirigidas de maneira a permitir uma visão integrada da questão ambiental, obtendo rapidamente

informações quanto aos impactos prováveis e possibilitam o cotejo e a classificação de alternativas;

- Métodos das Listagens de Controle (*Checklist*) – são uma evolução do Método *Ad Hoc*. Especialistas preparam listagens de fatores ambientais potencialmente afetáveis pelas ações propostas;
- Método da Superposição de Cartas (*Overlays*) – este método consiste na confecção de cartas temáticas relativas aos fatores ambientais potencialmente afetados pelas alternativas, tais como embasamento geológico, tipo de solo, declividade, cobertura vegetal, paisagem, dentre outros. Este método tem ganhado bastante atenção devido os avanços na computação gráfica, sensoriamento remoto e geoprocessamento;
- Métodos das Redes de Interação (*Networks*) – surgiram da necessidade de identificar os impactos diretos ou de ordem inferior, destacando-os dos impactos primários ou diretos;
- Método das Matrizes de Interação – este método é uma evolução das listagens de controle, podendo ser considerado listagem de controle bidimensional. Disposto em coluna e linha os fatores ambientais e as ações decorrentes de um projeto, é possível relacionar os impactos de cada ação nas quadriculas resultantes do cruzamento das colunas com as linhas, preservando as relações de causa e efeito. Uma das matrizes mais utilizadas foi concebida no artigo *A Procedure for Evaluating Environmental Impact* produzido por Leopold et al. (1971), e publicada no *Geological Survey Circular 645* do *US Geological Survey (United States Department of the Interior)* e é conhecida como Matriz de Leopold;

Segundo Sánchez (2008), umas das críticas mais usuais à matriz de Leopold e suas congêneres é que representam o meio ambiente como um conjunto de compartimentos que não se inter-relacionam.

- Método dos Modelos de Simulação – são modelos matemáticos com a finalidade de representar, o mais próximo possível da realidade, a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais, explorando as relações entre seus fatores físicos, biológicos e socioeconômicos. Eles são estruturados com base na definição de objetivos, escolha de variáveis e estabelecimento de suas inter-relações, discussão e interpretação dos resultados;
- Método da Análise Custo-Benefício – consiste em computar os custos e os benefícios de um projeto ou de suas alternativas, visando compará-los e ordená-los por meio da relação Benefício-Custo ou do Benefício-Líquido que lhes correspondem;

- Método da Análise Multiobjetivo – consiste na definição dos objetivos a serem considerados em uma determinada situação decisória. Um problema multiobjeto pode ser estruturado na forma de hierarquia, com metas, objetivos, atributos.

Outro método bastante conhecido é o de *Battelle* ou *Environmental Evaluation System (EES)* que foi desenvolvido no Laboratório *Battelle-Columbus* nos EUA, conforme Dee et al. (1973). Segundo Sánchez (2008), o método parte de uma divisão do meio ambiente em 74 parâmetros descritivos ou componentes, cobrindo quatro grandes campos: ecologia, poluição ambiental, paisagem (*aesthetics*) e interesse humano. O método pressupõe que cada um desses parâmetros, que representa um aspecto da qualidade ambiental, pode ser expresso em termos numéricos, em uma escala de 0 a 1, respectivamente, ambiente extremamente degradado e alta qualidade ambiental. Cada um dos parâmetros tem um peso e a soma total dos pesos é 1000. Vale ressaltar que a alocação dos pesos foi feita por uma comissão de especialistas.

Na literatura científica é possível se verificar a aplicação do Método de *Battelle* na avaliação de impactos ambientais em curtumes, como pode ser observado nos trabalhos de Azom et al. (2012) e Hasnat et al. (2013).

Além desses, outros autores criaram métodos de avaliação de impactos ambientais, tais como o Método GAIA – Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LERÍPIO, 2001), o Modelo Econômico de Controle e Avaliação de Impactos Ambientais - MECAIA (KRAEMER, 2002) e a Metodologia para Avaliação de Impactos e Custos Ambientais em Processos Industriais - MAICAPI (SILVA e AMARAL, 2006). O primeiro busca avaliar a sustentabilidade ambiental da empresa, sensibilizando seus gestores e mapeando sua cadeia de produção. O segundo tem como objetivo tratar impactos e custos ambientais inserindo-os na estrutura do modelo *Balance Scorecard (BSC)*. O terceiro contempla a avaliação de impactos globais, associada à análise de impactos locais e regionais.

O método GAIA, desenvolvido por Lerípio (2001), tem sido abordado na literatura com grande versatilidade de aplicações, como na avaliação de impactos ambientais em hospitais por Pfitscher et al. (2007) e empresa metalúrgica por Stadler et al. (2014), na análise de sustentabilidade ambiental no setor de refrigerantes por Miranda et al. (2011), em uma fábrica de estofados por Coelho et al. (2012) e no setor elétrico por Silveira e Pfitscher (2012).

Já o método Modelo Econômico de Controle e Avaliação de Impactos Ambientais (MECAIA), foi desenvolvido por Kraemer (2002) em sua tese de doutorado. O mesmo fornece subsídios para o desenvolvimento de melhorias e inovações ambientais, direcionadas para as

metas estratégicas da empresa, através da indicação e mensuração de suas principais fragilidades ambientais, desde que respeitada a relação custo-benefício associada. Para tanto, o modelo baseia-se, principalmente, nos fundamentos do *Balanced Scorecard* e no método do Custeio Baseado em Atividades, para sua operacionalização. A fim de validar este modelo, relata-se sua aplicação em uma situação real – um curtume.

O MECAIA é um modelo microeconômico de mensuração e avaliação dos impactos ambientais gerados pela indústria, no entanto depende de informações que não são habitualmente produzidas por empresas, especialmente, de pequeno porte devido ao seu baixo nível organizacional. Um exemplo da aplicação do referido método pode ser visto no trabalho de Vanzin et al. (2009), cujo objetivo geral foi analisar a viabilidade ambiental relacionado à geração de energia elétrica, com a utilização do biogás, proveniente da decomposição anaeróbica de resíduos em aterros sanitários.

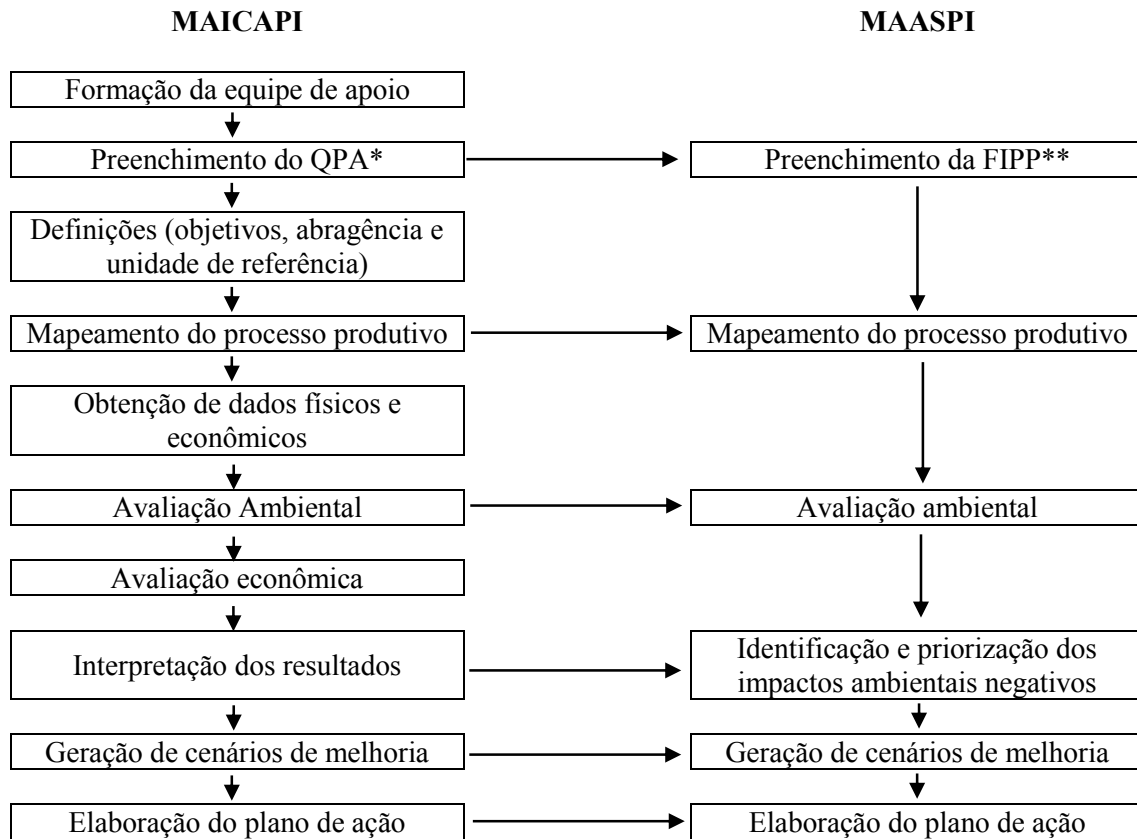
Silva e Amaral (2011) fazem uma crítica à aplicação das metodologias GAIA, MECAIA e MAICAPI, pois acredita que envolva grande esforço, mobilização de pessoas, complexidade de análises e, em alguns casos, ao inserir a questão ambiental dentro de um contexto mais amplo, ocorre a perda de foco da avaliação de impactos ao meio ambiente propriamente dita. Isto torna tais modelos ou ferramentas impróprios para uso em empreendimentos de pequeno porte, ou ainda, em situações em que se deseja obter uma análise prévia dos impactos ambientais associados a um processo produtivo, como, por exemplo, em fiscalizações realizadas por órgãos ambientais.

Segundo Silva e Amaral (2006) a MAICAPI foi desenvolvida para suprir a necessidade de uma abordagem capaz de avaliar, simultaneamente, impactos e custos ambientais em processos industriais. Para isso, foram empregados como bases teóricas a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment – LCA*), o Modelo Econômico de Controle e Avaliação de Impactos Ambientais – MECAIA, a Metodologia para a Contabilidade de Gerenciamento Ambiental (*Environmental Management Accounting – EMA*), o Método de Custeio Baseado em Atividades (*Activity Based Costing – ABC*) e a Matriz de Riscos, amplamente utilizada em avaliações de riscos industriais.

Silva e Amaral (2011) recentemente apresentaram um novo método denominado de “Modelo para Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais – MAASPI” cujo objetivo é permitir a realização de uma análise ambiental simplificada e focada em micro e

pequenas empresas, capaz de ser implementado em um curto espaço de tempo, com custos reduzidos. As diferenças entre os métodos MAICAPI e MAASPI é apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Comparação entre os métodos MAICAPI e MAASPI



Fonte: Silva e Amaral (2011).

\*Questionário de Pré-Análise

\*\*Ficha de Identificação do Processo Produtivo

Conforme Silva e Amaral (2011), a avaliação ambiental de um processo produtivo inicia-se com a identificação de suas atividades, produtos ou serviços que interagem com o meio ambiente. Todavia é necessário selecionar aqueles que possuem maior impacto ambiental negativo.

A avaliação ambiental adotada no MAASPI é semelhante à proposta por Siracusa, La Rosa e Sterlini (2004), cuja modelo baseia-se em calcular um índice de proteção ambiental que é atribuído para cada um dos aspectos ambientais identificados no processo produtivo.

Conforme Silva e Amaral (2011), o MAASPI está estruturado em 6 etapas: preenchimento da Ficha de Identificação do Processo Produtivo (FIPP), mapeamento do



processo produtivo, avaliação ambiental, identificação e priorização dos impactos ambientais negativos, geração dos cenários de melhoria e elaboração do plano de ação.

*a) Preenchimento da Ficha de Identificação do Processo Produtivo*

A aplicação do modelo MAASPI inicia-se com o preenchimento da (FIPP), pela qual são obtidos dados preliminares sobre: o consumo de matérias-primas, insumos e energia; operações desenvolvidas no processo; potenciais e reais fontes de geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas; tipo de produto fabricado; existência de certificações ou licenças ambientais e indicadores para medição de desempenho ambiental (SILVA E AMARAL, 2011, p. 44).

*b) Mapeamento do processo produtivo*

A partir das informações obtidas durante o preenchimento da FIPP e com base nas observações feitas durante visita às instalações da empresa, deve ser elaborado um diagrama de blocos contendo as principais operações envolvidas no sistema produtivo analisado. O diagrama de blocos deve seguir o fluxo de produção, desde a entrada de matérias-primas até a saída dos produtos, destacando os pontos de geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas. Também precisa contemplar o destino de cada um, ou seja, se existir estação de tratamento de efluentes, área para a armazenagem de resíduos sólidos, sistemas de controle de emissões gasosas, eles devem constar no esboço do diagrama de blocos (SILVA E AMARAL, 2011, p. 44).

*c) Avaliação ambiental*

A partir das informações apresentadas no diagrama de blocos, pode ser dado início à avaliação ambiental. Primeiramente devem ser listadas todas as intervenções ambientais, conforme Tabela 8, identificadas no processo produtivo, bem como a operação em que cada uma é gerada. Nesse ponto é importante identificar o meio diretamente impactado pela intervenção ambiental (solo, recursos hídricos, atmosfera), a sua origem (matéria-prima, insumo, produto intermediário, limpeza do processo produtivo) e as condições de geração (normais – durante funcionamento contínuo dos equipamentos; anormais – apenas na partida, na parada de máquinas ou durante limpeza das instalações) (SILVA E AMARAL, 2011, p. 45).

Tabela 7 - Avaliação prévia das intervenções ambientais

| <b>Operação</b> | <b>Intervenção ambiental</b> | <b>Meio de impacto direto</b> | <b>Origem</b> | <b>Condição de geração</b> |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------|---------------|----------------------------|
|                 |                              |                               |               |                            |

Fonte: Silva e Amaral, 2011, p. 45.

Na sequência, deve ser preenchida a Matriz de Avaliação Ambiental, a qual é composta por duas partes: potenciais impactos negativos causados pela intervenção ambiental e avaliação quantitativa associada à intervenção ambiental.

Na avaliação quantitativa das intervenções ambientais, a intenção é utilizar alguns índices que permitam distinguir intervenções críticas daquelas com baixo efeito sobre o meio ambiente. Essa distinção é importante, pois irá auxiliar na determinação dos prazos para a execução das melhorias ambientais. Intervenções críticas exigem ação mais rápida para corrigi-las do que intervenções com baixo efeito sobre o meio ambiente (SILVA E AMARAL, 2011, p. 45). Assim, os índices adotados no Modelo MAASPI são os seguintes:

**Índice de gravidade (G):** relacionado com a magnitude real ou potencial de impacto ao meio ambiente associada à intervenção ambiental analisada. Assume valores de 1 a 4, de acordo com as seguintes classes: (1) desprezível, (2) marginal, (3) crítico, (4) catastrófico. Para a sua determinação, podem ser considerados os efeitos locais e globais associados à intervenção ambiental ou a ultrapassagem de limites técnico-legais estabelecidos na legislação, por exemplo: atende à legislação – desprezível; ultrapassa em até 20% os limites técnico-legais – marginal; ultrapassa em até 80% os limites técnico-legais – crítico; ultrapassa 80% do limite técnico-legal – catastrófico. Os limites 20% e 80% citados acima são meramente ilustrativos e servem apenas para demonstrar uma forma de raciocínio que pode ser empregada para atribuir valores ao índice de gravidade. Poderiam ser adotados outros limites, tais como 10% e 90% ou 30% e 70%. O importante é que, uma vez estabelecidas essas diretrizes, elas sejam mantidas ao longo de toda a avaliação (SILVA E AMARAL, 2011, p. 45);

**Índice de frequência de ocorrência (FO):** é determinado a partir do quão frequente é a ocorrência da intervenção ambiental analisada no processo produtivo. Para sua determinação, pode ser feita a seguinte pergunta ao responsável pelo processo produtivo: Em um mês de produção, em média, qual é o percentual de ocorrência dessa intervenção? Assume valores de 1 a 5, conforme a seguinte escala: 1-0 a 20%, 2-21 a 40%, 3-41 a 60%, 4-61 a 80%, 5-81 a 100% (SILVA E AMARAL, 2011, p. 46).

**Índice de magnitude de controle (MC):** está relacionado com a existência ou não de sistemas de controle para minimizar os efeitos negativos da intervenção ambiental. Assume valores de 1 a 3, conforme a seguinte escala: 1 – há sistema de controle que opera adequadamente; 2 – há sistema de controle que possui operação falha ou está subdimensionado; 3 – não há sistema de controle para a intervenção ambiental (SILVA E AMARAL, 2011, p. 47).

A partir do produto entre esses três índices tem-se a pontuação (P), conforme descrito pela Equação 8 (SILVA E AMARAL, 2011, p. 47).

$$P = G \times FO \times MC \quad (8)$$

O valor do índice P pode variar entre 1 e 60. Com base nesse índice, tem-se uma escala de priorização das intervenções ambientais do processo produtivo (SILVA E AMARAL, 2011, p. 47), conforme ilustrado na Figura 15. Logo após, a AIA é realizada utilizando-se a Matriz apresentada na Tabela 9.

Figura 9 - Escala de priorização das intervenções ambientais do processo produtivo

|                         |   | Potenciais valores de pontuação (P)     |    |    |    |    |   |                                   |
|-------------------------|---|---|----|----|----|----|---|-----------------------------------|
| Índice de Gravidade (G) | 4 | 12                                      | 24 | 36 | 48 | 60 | 3 | Índice de Magnitude Controle (MC) |
|                         | 3 | 9                                       | 18 | 27 | 36 | 45 |   |                                   |
|                         | 2 | 6                                       | 12 | 18 | 24 | 30 |   |                                   |
|                         | 1 | 3                                       | 6  | 9  | 12 | 15 |   |                                   |
|                         | 4 | 8                                       | 16 | 24 | 32 | 40 | 2 |                                   |
|                         | 3 | 6                                       | 12 | 18 | 24 | 30 |   |                                   |
|                         | 2 | 4                                       | 8  | 12 | 16 | 20 |   |                                   |
|                         | 1 | 2                                       | 4  | 6  | 8  | 10 | 1 |                                   |
|                         | 4 | 4                                       | 8  | 12 | 16 | 20 |   |                                   |
|                         | 3 | 3                                       | 6  | 9  | 12 | 15 |   |                                   |
|                         | 2 | 2                                       | 4  | 6  | 8  | 10 |   |                                   |
|                         | 1 | 1                                       | 2  | 3  | 4  | 5  |   |                                   |
|                         |   | 1                                       | 2  | 3  | 4  | 5  |   |                                   |
|                         |   | Índice de frequência de ocorrência (FO) |    |    |    |    |   |                                   |

| <b>Legenda</b> |               |
|----------------|---------------|
| 41-60          | Crítico       |
| 21-40          | Significativo |
| 11-20          | Reduzido      |
| 1-10           | Desprezível   |

Fonte: Silva e Amaral, 2011, p. 46.

Tabela 8 - Matriz de avaliação ambiental adotada no Modelo MAASPI

| Operação | Intervenção Ambiental | Impacto |        | Legislação | Matriz de Risco |    |    |   | Efeito |
|----------|-----------------------|---------|--------|------------|-----------------|----|----|---|--------|
|          |                       | Local   | Global |            | G               | FO | IC | P |        |
|          |                       |         |        |            |                 |    |    |   |        |

Fonte: Silva e Amaral, 2011, p. 47.

#### *d) Identificação e priorização dos impactos ambientais negativos*

Essa etapa é uma consequência do preenchimento da Matriz de Avaliação Ambiental. Analisando-se essa matriz é possível identificar quais as operações do processo produtivo que apresentam mais intervenções críticas ou significativas e, por consequência, que requerem atenção especial por parte dos responsáveis pela empresa. Além disso, a partir da priorização dos impactos ambientais, é possível estabelecer uma diretriz para determinar os prazos para implementar as ações de adequação a serem consideradas na geração de cenários de melhoria e incluídas no plano de ação. No Quadro 4 são apresentados os prazos para implementação de ações de melhoria de acordo com a priorização das intervenções ambientais adotados nesse modelo. Tal perspectiva de criticidade e dos prazos de implementação foram estabelecidos com base nas necessidades de auditorias ambientais, para poder-se vislumbrar prazos factíveis da resolução dos problemas detectados. Estes prazos não devem ser considerados como determinísticos e absolutos, mas indicativos de como enfrentar o problema em curto, médio e longo prazo. Contudo, sem, deixar o problema se eternizar. Neste caso, a importância destas relações implica em gerar um comprometimento para a implementação da ação, resolvendo os problemas considerados mais críticos de forma prioritária (SILVA E AMARAL, 2011, p. 47).

Quadro 3 - Relação entre a priorização das intervenções ambientais e prazo para implementar as ações de melhoria

| <b>Efeito da intervenção</b> | <b>Prazo de implementação</b> |
|------------------------------|-------------------------------|
| Crítico                      | Máximo de 30 dias             |
| Significativo                | Máximo de 45 dias             |
| Reduzido                     | Máximo de 60 dias             |
| Desprezível                  | Máximo de 90 dias             |

Fonte: Silva e Amaral, 2011, p. 47.

#### *e) Geração de cenários de melhoria*

No modelo MAASPI a ideia é propor algumas possibilidades de ações para controlar e minimizar os impactos negativos das intervenções ambientais. A prioridade na geração de cenários são as intervenções e operações classificadas como críticas ou

significativas, embora aquelas categorizadas como reduzidas ou desprezíveis possam ser contempladas (SILVA E AMARAL, 2011, p. 47).

Na geração de cenários, podem ser investigadas, junto com o responsável pela empresa, a possibilidade de modificações de matérias-primas, mudanças em ajustes de parâmetros operacionais e troca ou instalação de equipamentos, se for necessário. Além disso, para as operações classificadas como críticas, em que alguma ação de melhoria deve ser tomada até 30 dias, dependendo da complexidade da solução para o problema, pode ser avaliada a possibilidade de implementar alguma mudança provisória no processo até que um sistema de controle mais adequado seja implantado em definitivo (SILVA E AMARAL, 2011, p. 47).

#### f) Plano de ação

O plano de ação é a etapa final da implementação do Modelo MAASPI. Por meio dele são estabelecidas diretrizes para implantação das melhorias previstas na etapa anterior. Para isso é fundamental que o plano de ação contenha as seguintes informações (SILVA E AMARAL, 2011, p. 47):

- O que deve ser feito (*What?*), ou seja, quais aspectos e impactos ambientais serão tratados, inclusive estabelecendo metas, se for o caso;
- Quando deve ser feito (*When?*), isto é, o prazo estabelecido para a realização de cada atividade planejada;
- Onde serão executadas as ações programadas (*Where?*), ou seja, para quais operações e em que situações se aplica aquela ação;
- Por que essas ações serão executadas (*Why?*), isto é, que requisitos técnico-legais ou corporativos determinam a realização dessas atividades;
- Quem tem a responsabilidade por realizar a ação (*Who?*);
- Como será realizada a ação necessária para atingir a meta estabelecida (*How?*); e
- Em termos de custo, qual o investimento necessário para a adequação ambiental da empresa (*How much?*).

Além dessas, as normas da *International Organization for Standardization* (ISO), devem ser consultadas pelas indústrias, especialmente as da série 14000, que visam avaliar a empresa e o produto de modo a promover a melhoria contínua. Esta apresenta diretrizes para a auditoria ambiental, rótulos e declarações ambientais, avaliação do desempenho ambiental e avaliação do ciclo de vida. Conforme Santos (2011), as normas ISO surgiram com a missão de promover o desenvolvimento da normalização mundial com o objetivo de facilitar o comércio internacional de bens e serviços e desenvolver a cooperação de atividades científicas, tecnológicas e econômicas.

Conforme EPA (2006), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ou *Life Cycle Assessment* (LCA), é uma abordagem "do berço ao túmulo" para avaliar sistemas industriais. "Berço ao túmulo" começa com a coleta de matérias-primas da natureza para criar o produto e termina no momento em que todos os materiais são devolvidos para a mesma. ACV avalia todas as fases da vida de um produto a partir da perspectiva de que eles são interdependentes, o que significa

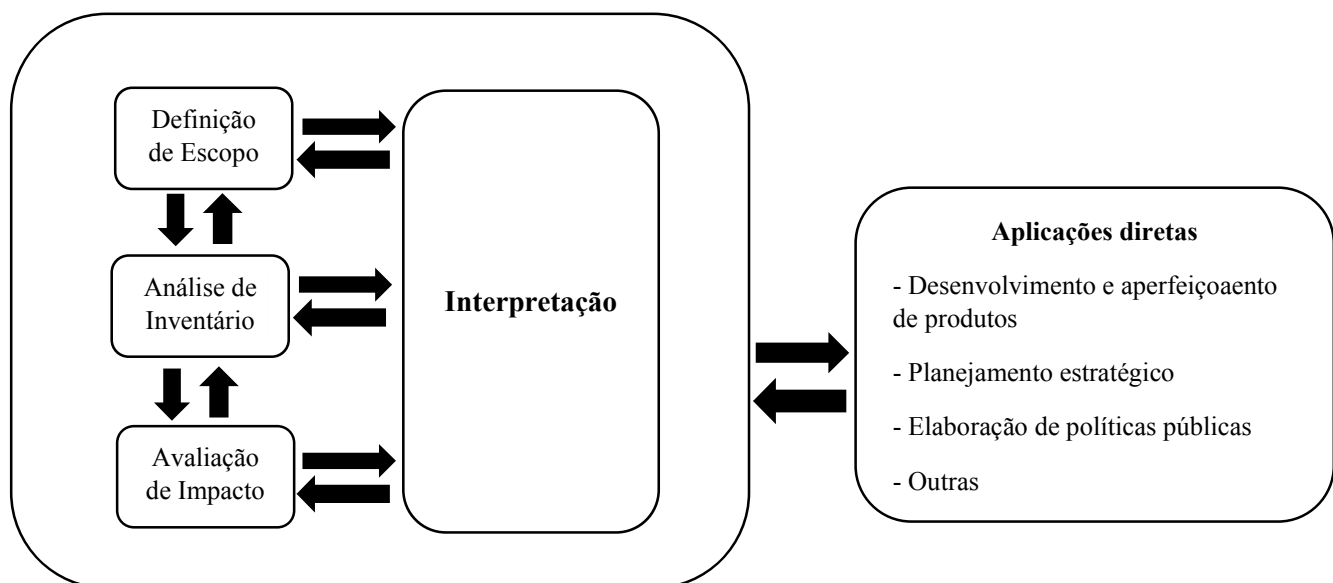
que uma operação leva ao próximo. ACV permite a estimativa dos impactos ambientais cumulativos resultantes de todas as fases do ciclo de vida do produto, incluindo muitas vezes impactos não considerados em análises mais tradicionais (por exemplo, extração de matéria-prima, transporte material, eliminação do produto final, etc.). Ao incluir os impactos durante todo o ciclo de vida do produto, ACV oferece uma visão abrangente dos aspectos ambientais do produto ou processo e um quadro mais preciso das verdadeiras compensações ambientais em produto e processo de seleção.

A estrutura metodológica da ACV é padronizada pela ISO, da série ISO 14000 e as suas similares brasileiras ABNT/ISO são:

- ABNT NBR ISO 14040:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura;
- ABNT NBR ISO 14044:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações.

Segundo EPA (2006), a ACV é um método que utiliza uma abordagem sistemática, faseada e consiste em quatro componentes: definição de escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e a interpretação, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 10 - Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida



Fonte: NBR ISO 14040 (2009).

Em curtumes, a ACV, conforme Rivela et al. (2004), foi usada para a quantificação e avaliação do impactos do processo de curtimento ao cromo como base para propor novas ações de melhoria. Foi utilizado, também, em pesquisas que objetivaram em processos de otimização a recuperação de cromo de lodo de curtume, conforme Kiliç et al. (2011) e na avaliação multicritério de custo-benefício na produção de um curtume, conforme Giannetti et al. (2015).

A ACV está deixando um legado muito importante para o desenvolvimento de outros métodos de avaliação de impactos ambientais, haja vista a criação de métodos que embasaram a definição de pesos para os indicadores e as categorias de impacto ambiental, após a obtenção do perfil ambiental pela alocação dos dados do inventário ambiental. Conforme Santos (2011), esses métodos são: *Swiss Critical Volumes Approach*; *Dutch Problem Oriented Approach*; *Danish Environmental Design of Industrial Products (EDIP)*; *Environmental Priority System (EPS)*; *Dutch Ecoindicator 95 e Environmental Theme*; *Müller-Wenk Method*; *Swiss Ecopoints Methodology*; *Unilever's OBIA Approach*; *NOGEPA Methodology*; *Tellus Methodology*; *ICI Environmental Burden Approach (EB)*; *Dow Chemical Approach*; *European Uniform System for the Evaluation of Substances (EUSES)*; *Potentially Affected Fraction (PAF)*; *ExternE Methodology*; *BPEO Methodology*; *Total Environmental Potency Index (TEPI)*.

Outro método que merece destaque é a Avaliação do Desempenho Ambiental (ADA), previsto na ISO 14031/2004. O mesmo é um processo e ferramenta de gerenciamento interno, planejada para prover uma gestão com informações confiáveis e verificáveis, em base contínua para determinar se o desempenho ambiental de uma organização está adequado aos critérios estabelecidos por sua própria administração. Enquanto a ADA se concentra na descrição do desempenho ambiental de uma organização, a ACV é uma técnica para análise de aspectos ambientais e potenciais impactos associados com sistemas de produtos e serviços.

Conforme Santos (2011), na medida que a ACV vem sendo aceita, ocorre um maior desenvolvimento de *softwares* e banco de dados para facilitar o uso dessa ferramenta, muitos dos quais estão disponíveis para compra, tais como: *GaBi*; *SimaPro* e *Umberto*.

Santos (2011) desenvolveu o *software* SAAP (Sistema de Avaliação Ambiental de Processos – Versão 1.0) com o objetivo de padronizar e facilitar o uso de uma metodologia para avaliar a performance ambiental de processos industriais com base nas normas de ACV e na norma ISO 14031. A partir dos indicadores são construídos índices ambientais para cada categoria de impacto, de acordo com o atendimento à legislação ambiental. Por fim, o *software* calcula o Índice de Pressão Ambiental (IPA), resultante da agregação dos outros índices por

seus respectivos pesos. Diferentemente dos outros *softwares*, os pesos do SAAP são dinâmicos e variam conforme a pressão ambiental relativa de cada índice.

Portanto, conforme Santos (2011), o Índice de Pressão Ambiental é calculado pelo somatório do produto entre os elementos impactantes, os fatores de equivalência e os pesos das categorias de impacto.

Giannetti et al. (2015) mostraram que a avaliação de custo-benefício na produção de um curtume sugerem que a avaliação de impactos ambientais em escala local devem ser acompanhados por uma avaliação em escala global mais abrangente de impacto e desempenho, em apoio a decisões informadas sobre as estratégias de produção mais limpa.

Observa-se que o mapeamento do processo produtivo é condição *sine qua non* para a aplicação dos dois métodos (ACV e SAAP). Sánchez (2008) afirma que o licenciamento ambiental convencional de atividades industriais ou poluidoras focaliza essencialmente a etapa de operação, a avaliação de impacto ambiental deve, necessariamente, abordar o projeto do “berço ao túmulo”.

Para Sánchez (2008), a etapa de avaliação da importância dos impactos é uma das mais difíceis de qualquer estudo ambiental. Isso se deve ao fato de que atribuir maior ou menor grau de importância a uma alteração ambiental que depende não só de um trabalho técnico mas também de um juízo de valor.

Kuitunen et al. (2008) assim como Sánchez (2008), ressaltam a necessidade da participação de uma equipe multidisciplinar, pois a importância de um impacto é subjetiva, o que significa que apesar das fórmulas e orientações, a avaliação poderá produzir resultados variados dependendo do especialista.

Além dos já citados, existem métodos de avaliação de impactos ambientais mais rápidos e menos onerosos financeiramente. Um exemplo é o MAASPI, já citado, e um outro é o *The Rapid Impact Assessment Matrix* (RIAM).

Conforme El-Naqa (2005), o RIAM é um sistema de classificação que utiliza uma matriz para gravar julgamentos quantitativos com base em critérios pré-definidos. As pontuações na matriz podem ser transpostas para intervalos que descrevem os graus de impactos positivos e negativos atribuídos às alternativas em estudo. Este formato permite que uma equipe multidisciplinar analise os dados de diferentes componentes e perspectivas em relação aos importantes critérios de avaliação.

Conforme Pastakia e Jensen (1998), RIAM é uma ferramenta para organizar, analisar e apresentar os resultados de uma avaliação de impacto ambiental completa, fornecendo um registro permanente e transparente do processo de análise, reduzindo o tempo gasto na realização das AIA.

Segundo Gartner e Gama (2005), essa metodologia é especialmente aplicada a países em desenvolvimento, onde há frequentemente a impossibilidade de se obter dados sobre os aspectos ecológicos e sociais envolvidos nos projetos. Tal metodologia tem sido aplicada com êxito em diversos projetos, caracterizando-a como importante instrumento de apoio à avaliação ambiental.

No RIAM a avaliação de impactos é baseada na definição de componentes ambientais e critérios de avaliação. Os impactos das atividades dos projetos são avaliados em comparação com os componentes ambientais, com e sem a execução do projeto. Para cada componente é determinada uma pontuação, fornecendo uma medida do benefício ou impactos negativos da atividade no componente ambiental.

Os critérios de avaliação são divididos em dois grupos:

**Grupo A:** Critérios de importância para a condição e que podem mudar individualmente a contagem obtida. Esses critérios são subdivididos em:

A1: Importância da condição - de acordo com os limites espaciais ou interesses humanos afetados:

4 – Importante para os interesses nacionais/internacionais

3 – Importante para os interesses regionais/nacionais

2 – Importante para as áreas imediatamente fora da condição local

1 – Importante somente para a condição local

0 – Sem importância



A2: Magnitude das mudanças/efeitos - medida de escala de impactos negativos/benefícios do impacto:

- 3 – Grandes benefícios
- 2 – Significativa melhoria no estado geral
- 1 – Melhoria no estado geral
- 0 – Sem mudança
- 1 – Impactos negativos no estado geral
- 2 – Significativos impactos negativos no estado geral
- 3 – Grandes impactos negativos

**Grupo B:** Critérios que são importantes para a situação, mas individualmente não são capazes de provocar mudanças na contagem obtida. Esses critérios são subdivididos em:

B1: Permanência - define a temporalidade do impacto da condição:

- 1 – Sem mudança
- 2 – Temporária
- 3 – Permanente

B2: Reversibilidade - define se a condição pode ser mudada:

- 1 – Sem Mudança
- 2 – Reversível
- 3 – Irreversível

B3: Cumulatividade - define se o efeito terá impacto direto simples ou se será cumulativo no tempo ou tem efeito sinérgico com outras condições:

- 1 – Sem mudança/não aplicável
- 2 – Não cumulativa/simples

### 3 – Cumulativa/sinergística

O sistema de contagem requer a simples multiplicação das contagens dadas para cada um dos critérios no Grupo A. O uso do multiplicador para o Grupo A é importante porque assegura que o peso de cada contagem seja expresso considerando que a simples soma poderia fornecer resultados idênticos para diferentes condições.

As contagens para o critério de valor, Grupo B, são somadas para fornecer um resultado simples, assegurando que as contagens de valor individuais não possam influenciar a contagem global, mas que a importância coletiva de todos os valores seja integralmente levada em consideração.

O somatório de contagens do Grupo B é multiplicado pelo resultado das contagens do Grupo A, fornecendo a contagem de avaliação final (*Environmental Score – ES*) para a condição.

Em suma, Pastakia e Jensen (1998) expressam a relação descrita da seguinte forma (Equações 5, 6 e 7):

$$(a1) \times (a2) = aT \quad (5)$$

$$b1 + b2 + b3 = bT \quad (6)$$

$$(aT) \times (bT) = ES \quad (7)$$

Onde:

a1 e a2 são os valores dos atributos dos impactos, no grupo (A)

b1 até b3 são os valores dos atributos dos impactos, no grupo (B)

aT é o resultado da multiplicação das contagens de (A)

bT é o resultado do somatório de todas as contagens de (B)

ES é o resultado da agregação dos atributos no impacto ou contagem de avaliação final.

Os componentes ambientais do método RIAM são enquadrados nas seguintes áreas:

- Físico/Químicos (PC): Abrangem os aspectos físicos e químicos do meio ambiente, incluindo os recursos naturais não-renováveis e a degradação do meio ambiente físico pela poluição.

- **Biológico/Ecológicos (BE):** Abrangem os aspectos do meio ambiente, incluindo os recursos naturais renováveis, conservação da biodiversidade, interações entre as espécies e poluição da biosfera.
- **Sociológico/Culturais (SC):** Abrangem os aspectos humanos do meio ambiente, incluindo questões sociais que afetam indivíduos e comunidades, junto com aspectos culturais, incluindo a conservação da herança e desenvolvimento humano.
- **Econômico/Operacionais (EC):** Identificam qualitativamente as consequências econômicas da mudança ambiental, ambas temporárias e permanentes, bem como as complexidades do gerenciamento no projeto, dentro do contexto das atividades do empreendimento.

Uma vez que a contagem do ES é ajustada em uma faixa de escalas (Tabela 7), estes podem ser apresentados individualmente ou agrupados de acordo com o tipo de componente.

Tabela 9 - Conversão de índices ambientais no RIAM

| <b>Índice Ambiental</b> | <b>Faixa de escala alfabética</b> | <b>Faixa de escala numérica</b> | <b>Classe de Impacto Ambiental</b> |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| +72 a +108              | E                                 | 5                               | Extremamente Positivo              |
| +71 a +36               | D                                 | 4                               | Significativamente Positivo        |
| +35 a +19               | C                                 | 3                               | Moderadamente Positivo             |
| +10 a +18               | B                                 | 2                               | Pouco Positivo                     |
| +01 a +09               | A                                 | 1                               | Muito Pouco Positivo               |
| 0                       | N                                 | 0                               | Inalterado                         |
| -01 a -09               | -A                                | -1                              | Muito Pouco Negativo               |
| -10 a -18               | -B                                | -2                              | Pouco Negativo                     |
| -19 a -35               | -C                                | -3                              | Moderadamente Negativo             |
| -36 a -71               | -D                                | -4                              | Significativamente Negativo        |
| -72 a -108              | -E                                | -5                              | Extremamente Negativo              |

Fonte: Pastakia e Jensen (1998).

O resultado final da avaliação poderá ser apresentado na forma matricial ou na forma gráfica (histogramas), com o suporte do *RIAM Program* criado pelo *DHI Water & Environmental, Hørsholm, Denmark*, facilitando a visualização dos resultados.

Para Gartner e Gama (2005), no uso do RIAM, é produzida uma matriz de avaliação para cada alternativa de projeto, que é composta por células que mostram o critério utilizado, comparado com cada componente definido. Dentro de cada célula as contagens individuais dos critérios são estabelecidas.

Conforme Mondal e Dasgupta (2010), quando analisado analogamente com outros métodos de avaliação, a simples estrutura do RIAM permite ao usuário executar várias análises comparando as diferentes opções a uma base comparável. Isto pode ser seguido de reanálises e investigações aprofundadas dos componentes ambientais selecionados de uma forma rápida e precisa.

Vale ressaltar que o RIAM inclui em sua avaliação a existência de possíveis impactos cumulativos ou sinérgicos. Estes impactos, para Sánchez (2008), referem-se, respectivamente, à possibilidade de os impactos se somarem ou se multiplicarem.

As técnicas do RIAM tem sido utilizadas tanto em EIAs, nas mais diversas atividades, como aterros sanitários (El-Naqa, 2005; Mondal e Dasgupta, 2010), avaliação de impactos ambientais em derramamentos de petróleo, em plantas de dessalinização conforme Al Malek e Mohamed (2005), como em Avaliações Ambientais Estratégicas (AAE), conforme é mostrado nas pesquisas de Li et al. (2014), cuja aplicação está na avaliação de impactos ambientais em políticas, planos e programas (PPP). Ainda conforme Shakib-Manesh et al. (2014), o RIAM desmonstrou ser também um método adequado e recomendado para a avaliação de projetos de pequena escala.

No Brasil, Conforme Governo do Estado do Amazonas (2003), o RIAM foi escolhido como opção metodológica na geração dos cenários tendencial e de sucessão para a hierarquização de alternativas a partir da visualização gráfica da avaliação de impactos ambientais no âmbito do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (PROSAMIM).

Vale ressaltar que muito dos métodos já descritos se utilizam de outros já existentes para suas avaliações, dentre eles merecem destaque para o setor industrial os métodos de ponderação e as análises de riscos.

Para Sánchez (2008), os métodos de ponderação são muitos e suas variações compõem um conjunto imenso de possibilidades. Contudo, eles têm em comum o fato de transformarem

aspectos essencialmente qualitativos (e em larga medida, subjetivos) em dados quantitativos. Isso pode ser enganoso ao transmitir ao leitor desavisado a ideia de uma previsão matemática dos métodos de avaliação, o que definitivamente não é uma característica sua. Além disso, a quantificação pode induzir o analista e o leitor a cálculos matemáticos indevidos, pois são desprovidos de sentido físico. Vale lembrar, no entanto, que essas deficiências não desqualificam o emprego de métodos de ponderação, apenas expõem seus limites.

Em indústrias, as análises de riscos devem ser levadas em consideração no âmbito das avaliações de impacto ambiental. Segundo Sánchez (2008):

“O risco é conceituado como a contextualização de uma situação de perigo, ou seja, a possibilidade da materialização do perigo ou de um evento indesejado ocorrer. Uma substância perigosa não identificada e armazenada em recipientes mal vedados representa um risco maior do que uma situação em que há identificação clara da substância, quando as pessoas que a manuseiam conhecem sua periculosidade e há procedimentos de segurança para o manuseio. Assim, risco, como definido pela *Society for Risk Analysis*, é o percentual de realização de consequências adversas indesejadas para a saúde ou vida humana, para o ambiente ou para bens materiais. Risco pode ser definido de modo mais formal como o produto da probabilidade de ocorrência de um determinado evento pela magnitude das consequências” (SÁNCHEZ, 2008, p.319-320).

A avaliação da possível ou da atual localização de um curtume é de grande importância para o processo de licenciamento ambiental. Neste sentido, vale destacar o Modelo Coppe-Cosenza, utilizado por Cristellotti (2011), na avaliação da localização de curtumes.

O Modelo Coppe-Cosenza, utilizado por Cristellotti (2011), resume-se assim: sejam  $A = (a_{ij})_{h \times n}$  e  $B = (b_{jk})_{n \times m}$  matrizes que representam, respectivamente, a demanda industrial de  $h$  tipos de empresas relativamente a  $n$  fatores de localização e a oferta de fatores representada por  $m$  alternativas locais. Seja  $F = \{f_i | 1, \dots, n\}$  um conjunto finito de fatores gerais de localização denotado genericamente por  $f$ . Então, o conjunto *fuzzy*  $\tilde{A}$  em  $f$  é um conjunto de pares ordenados  $\tilde{A} = \{(f, \mu_{\tilde{A}}(f)) | f \in F\}$ .

$\tilde{A}$  é representação *fuzzy* da matriz de demanda  $A$  onde  $\mu_{\tilde{A}}(f)$  representa o grau de importância dos fatores:

Critico - Condicionante - Pouco Condicionante - Irrelevante

De forma análoga, seja  $\tilde{B} = \{(f, \mu_{\tilde{B}}(f)) | f \in F\}$  onde  $\tilde{B}$  é a representação *fuzzy* da matriz de oferta  $B$ , onde  $\mu_{\tilde{B}}(f)$  representa o grau de atendimento dos fatores ofertados pelas diversas alternativas de localização:

## Superior - Bom - Regular - Fraco

A matriz  $A$  (Figura 10) é uma matriz de requerimento, significando que o conjunto  $\tilde{A}$  não possui os fatores, apenas explicita os  $f_i$ 's desejados, pertencentes apenas ao conjunto  $\tilde{B}$ , definindo os seus contornos: escalas, níveis de qualidade, disponibilidade e regularidade de atendimento, etc.

Figura 11 - Matriz  $A$  - demanda de fatores por projetos

|       | $f_1$    | $f_2$    | $f_j$    | $f_n$    |
|-------|----------|----------|----------|----------|
|       | $w_1$    | $w_2$    | $w_j$    | $w_n$    |
| $A_1$ | $a_{11}$ | $a_{12}$ | $a_{1j}$ | $a_{1n}$ |
| $A_2$ | $a_{21}$ | $a_{22}$ | $a_{2j}$ | $a_{2n}$ |
| ....  | ....     | ....     | ....     | ....     |
| $A_i$ | $a_{i1}$ | $a_{i2}$ | $a_{ij}$ | $a_{in}$ |
| $A_m$ | $a_{m1}$ | $a_{m2}$ | $a_{mj}$ | $a_{mn}$ |

$A_1, A_2, \dots, A_m$ : conjunto de demanda dos projetos;

$f_1, f_2, \dots, f_n$ : conjunto de fatores;

$w_1, w_2, \dots, w_n$ : importância associada aos fatores;

$a_{ij}$ : Coeficiente *fuzzy* do projeto  $i$  com relação ao fator  $j$  (grau de importância do fator para o projeto).

Fonte: Cristellotti (2011).

A matriz  $B$  (Figura 11), que contém os  $f_i$ 's atende  $\tilde{A}$  por aproximação. O  $f_i$  do conjunto  $\tilde{A}$  não é necessariamente igual ao  $f_i$  disponível em  $\tilde{B}$ . Escolhida uma alternativa,  $\tilde{A}$  assume os valores dos elementos contidos em  $\tilde{B}$ .

Figura 12 - Matriz  $B$  - oferta de fatores pelas alternativas locais

|       |       | $B_1$    | $B_2$    | $B_k$    | $B_m$    |
|-------|-------|----------|----------|----------|----------|
| $f_1$ | $w_1$ | $b_{11}$ | $b_{12}$ | $b_{1k}$ | $b_{1m}$ |
| $f_2$ | $w_2$ | $b_{21}$ | $b_{22}$ | $b_{2k}$ | $b_{2m}$ |
| ....  |       | ....     | ....     | ....     | ....     |
| $f_j$ | $w_j$ | $b_{j1}$ | $b_{j2}$ | $b_{jk}$ | $b_{jm}$ |
| $f_n$ | $w_n$ | $b_{n1}$ | $b_{n2}$ | $b_{nk}$ | $b_{nm}$ |

onde,  $B_1, B_2, \dots, B_m$ : conjunto de alternativas locais;

$f_1, f_2, \dots, f_n$ : conjunto de fatores ofertados por B;

$w_1, w_2, \dots, w_n$ : nível de oferta dos fatores (capacidade de atendimento aos requerimentos dos projetos);

$b_{jk}$ : coeficiente *fuzzy* de alternativa  $k$ , com relação ao fator  $j$ .

Fonte: Cristellotti (2011).

Seja  $\tilde{A} = \{a_i | i=1, \dots, m\}$  o conjunto de demandas dos diferentes tipos de projetos por fatores gerais, ou comuns:

Considerando  $B = \{b_k | k=1, \dots, m\}$  o conjunto de alternativas locais onde está contido  $F = \{f_k | k=1, \dots, n\}$ , conjunto de fatores comuns a vários projetos ou empresas.

$a_{ij}$ : coeficiente *fuzzy* do projeto  $i$  com relação ao fator  $j$ .

Seja  $C = A \otimes B = (c_{ik})_{h \times m}$  a matriz representativa das possibilidades de localizações da empresa  $i$  na área  $k$  de planificação, tal que  $\max_k \{c_{ik}\} = \bar{c}_i$  indica a melhor localização do tipo de projeto  $i$  e o  $\max_i \{c_{ik}\} = \bar{c}_k$  indica o melhor tipo de projeto para a área alternativa  $k$ .

Ainda, conforme Cristellotti (2011), para contornar o problema clássico da distância assimétrica (DAS), que não possui uma hierarquização rigorosa, e aumentar a precisão do modelo, os dois elementos genéricos  $a_{ij}$  e  $b_{jk}$  o produto  $a_{ij} \otimes b_{jk} = c_{ik}$  é executado através da matriz básica apresentada na Figura 12.

Figura 12 – Modelo básico para operações de matrizes

|                     |   | Oferta por fatores |   |   |   |          |
|---------------------|---|--------------------|---|---|---|----------|
|                     |   | $a_{ij} \otimes$   | 0 | . | . | 1        |
|                     |   | $b_{jk}$           |   |   |   |          |
| Demanda por fatores | 0 | $0^+$              | . | . | . | $0^{++}$ |
|                     | . |                    | 1 |   |   |          |
|                     | . |                    |   | 1 |   |          |
|                     | . |                    |   |   | 1 |          |
|                     | 1 | 0                  | . | . | . | 1        |

Fonte: Cristellotti (2011).

Onde,  $c_{ik}$  é o coeficiente *fuzzy* da alternativa  $k$  com relação ao projeto  $i$  e,  $0^+ = 1/n!$  e  $0^{++} = 1/n$  (onde,  $n$  = número de fatores considerados), são as quantidades limites e definidos como ínfimos e pequenos valores ( $>0$ ). Na realidade há um infinito número de valores  $c_{ik}$  no intervalo  $[0, 1]$ .

Segundo Braga et al. (2005), a definição da metodologia a ser empregada para a avaliação dos impactos ambientais é tarefa específica de cada caso que se apresenta e deve partir da comparação entre métodos de aplicação correntes. A análise de cada um dos métodos evidencia os diferentes graus de subjetividade envolvidos na sua aplicação e as possíveis dificuldades de quantificação para cada situação.

Para Sánchez (2008), nem todos os impactos são passíveis de previsão quantitativa, e nem todos são suficientemente significativos para que se despenda tempo e dinheiro tentando quantificá-los, mas todos devem ser satisfatoriamente descritos e qualificados no EIA.

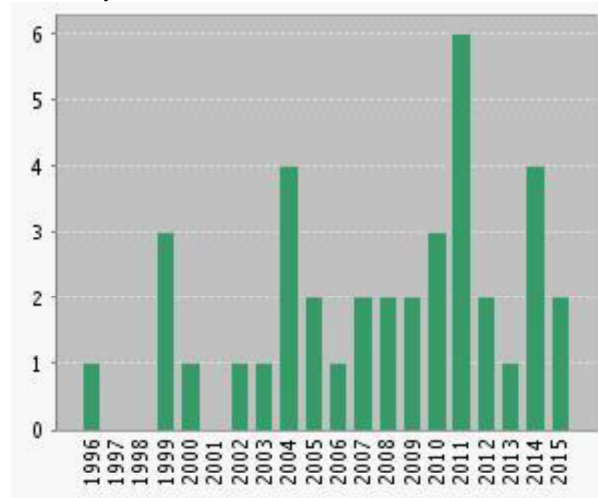
Segundo Braga et al. (2005), o diálogo entre o profissional com a formação ambiental e versado nessas metodologias e o especializado nas técnicas envolvidas no desenvolvimento do empreendimento (tanto na construção como na operação) ainda é o melhor caminho para a seleção dos métodos a serem utilizados na avaliação de impacto ambiental.

De acordo com Sánchez (2008), o método escolhido deve ser o adaptado ao problema que se pretende resolver, dentro de seu contexto – por exemplo, um sofisticado modelo matemático que necessite de um grande volume de dados, cuja obtenção é difícil, demorada e cara, será completamente inapropriado se uma aproximação grosseira seria baseada em experiência prévia ou em analogia sugerir que determinado impacto (por exemplo, alteração da qualidade do ar) será de pequena magnitude e importância. Como nas demais etapas da preparação de um estudo ambiental, os meios empregados devem ser proporcionais ao problema.

Em uma busca na base de dados *Web of Science*, em outubro de 2015, utilizando os tópicos “*environmental impact assessment*” e “*tannery*” mostrou-se que o número de publicações de 1996-2015 (Figura 13). no entanto, o número de citações cresce ano após ano (Figura 14), o que denota um interesse pela temática. Foram 38 artigos e 506 citações.

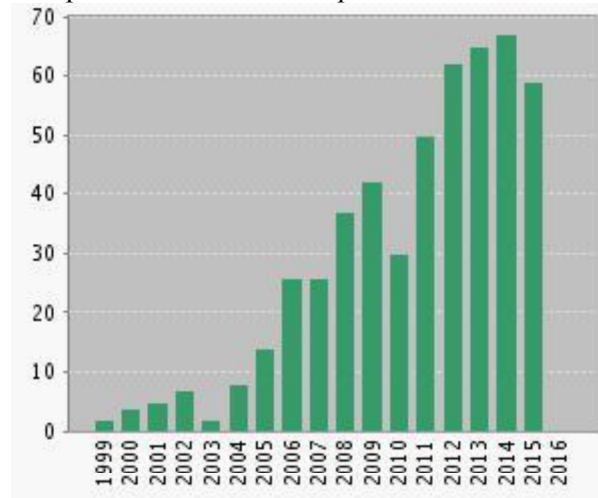


Figura 14 - Número de artigos publicados por ano que utilizaram os tópicos *environmental impact assessment* e *tannery*



Fonte: Web of Science (2015).

Figura 15 - Número de citações por ano que utilizaram os tópicos *environmental impact assessment* e *tannery*



Fonte: Web of Science (2015).

### 3 METODOLOGIA

Foram visitados três curtumes, entre os anos de 2011 e 2015, com o intuito de se conhecer as dificuldades encontradas no atendimento as prerrogativas ambientais (Quadro 3).

Quadro 4 - Perfis dos curtumes visitados

| <b>Curtime</b> | <b>Matéria-prima</b>                      | <b>Localização</b> | <b>Produtos</b>    | <b>Certificação</b>  |
|----------------|---|--------------------|--------------------|--|
| <b>A</b>       | Couro bovino e peles de ovinos e caprinos | Nordeste           | Couro Acabado      | Não possui   |
| <b>B</b>       | Peles de ovinos e caprinos                | Nordeste           | Couro Acabado      | Não possui   |
| <b>C</b>       | Couro bovino                              | Centro-Oeste       | Couro Semi-acabado | Sistema de Gestão da Qualidade (NBR ISO 9001:2008); <i>Gold Rated (Leather Work Group)</i> |

Fonte: elaborado pelo autor.

Inicialmente buscou-se avaliar a conformidade locacional de cada curtime, já instalados e em operação, utilizando o Modelo Coppe-Cosenza de localização industrial. O modelo proposto, conforme Cristellotti (2011), introduz as noções básicas para avaliação de alternativas locais usando conjuntos *fuzzy*. O primeiro passo é confrontar as situações de demanda industrial e as de oferta territorial de fatores gerais (basicamente infraestrutura).

Para a avaliação de impactos ambientais usou-se a ferramenta denominada *The Rapid Impact Assessment Matrix* (RIAM) desenvolvido por Pastakia e Jensen (1998) e o Modelo para Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais (MAASPI) desenvolvido por Silva e Amaral (2011), por serem métodos aplicáveis em atividades produtivas que não possuem as medidas das suas entradas e saídas.

O método RIAM foi utilizado para avaliação dos impactos mais comuns encontrados no curtime A, B e C, com o suporte do *RIAM Program* criado pelo *DHI Water & Environmental, Hørsholm, Denmark*.

O dimensionamento de ganhos e perdas em termos de qualidade ambiental da área de influência da indústria poderia considerar dois cenários, a saber: (i) o "tendencial", que supõe a manutenção no tempo das tendências atuais considerando-se a hipótese da não implementação das medidas mitigadoras e (ii) o "sucessão" ou delimitação, considerando-se a hipótese, mais plausível, da implantação dessas mesmas medidas, respeitadas as alternativas tecnológicas

formuladas. No entanto, como o intuito é avaliar a aplicação do método, o estudo focou o cenário “tendencial”.

Em seguida foi aplicado o método MAASPI, ao qual, conforme Silva e Amaral (2011), está estruturado em 6 etapas: preenchimento da Ficha de Identificação do Processo Produtivo (FIPP), mapeamento do processo produtivo, avaliação ambiental, identificação e priorização dos impactos ambientais negativos, geração dos cenários de melhoria e elaboração do plano de ação.

Nos curtumes em estudo foi feito somente a construção da FIPP, mapeamento do processo produtivo e avaliação ambiental, pois sucedeu o método RIAM e foi utilizado como método complementar na avaliação de impacto ambiental.

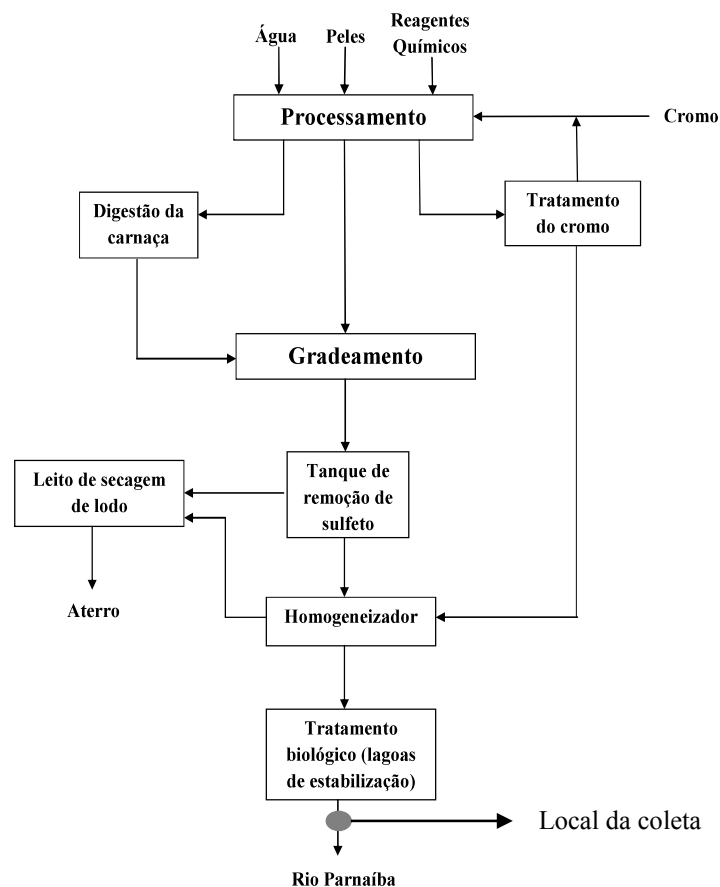
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de iniciar a apresentação dos resultados, vale mostrar todo o “caminho” percorrido com experimentos na tentativa de se avaliar métodos alternativos para o tratamento de efluentes da indústria do couro. A seguir será apresentada uma sinopse do trabalho desenvolvido no período de 2011 a 2013.

### 4.1 Análises experimentais

Primeiramente buscou-se analisar a aplicabilidade do processo foto-fenton em efluente tratado na ETE do Curtume A (Figura 16), com as seguintes características: pH = 8,4; condutividade = 116  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 11,5 °C; Turbidez = 111,75 NTU; e DQO = 1503,1 mg/L de O<sub>2</sub>.

Figura 16 - Processo de tratamento do efluente do curtume A



Na tentativa de remover a turbidez ainda existente no efluente, foi utilizado no trabalho um floculante comercial, utilizado como clarificante e auxiliar de filtração em águas de

piscinas, cuja composição (% P/V) era de 26,4% de cloreto básico de alumínio/policloreto de alumínio ( $Al_2Cl_6$ ) em água. A turbidez contribui para o espalhamento de luz prejudicando assim a ação da radiação como “catalisadora” da reação.

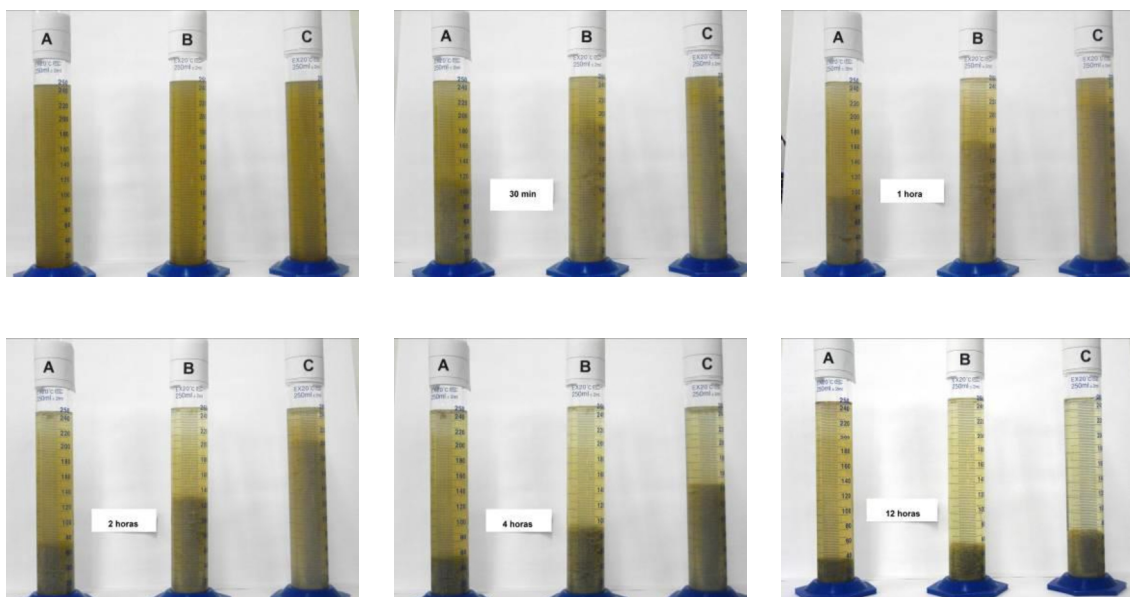
Neste sentido, fez-se uma análise qualitativa de 96 horas, adicionando o floculante, sem agitação, nas seguintes proporções: proveta A = 0,3 mL/100 mL de efluente, proveta B = 0,5 mL/100 mL de efluente, proveta C = 0,7 mL/100 mL de efluente.

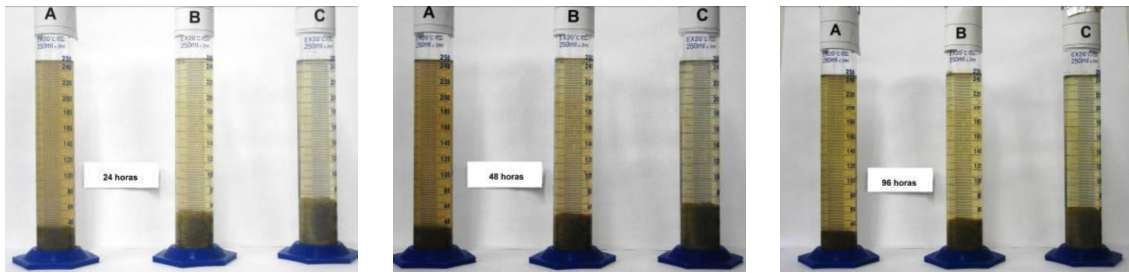
As análises mostraram que quanto menor o teor de floculante adicionado mais rapidamente é observado a distinção de fases (sobrenadante + lodo), como é possível observarmos em 1 hora de experimento. Porém, visualmente a remoção de turbidez é maior quando maior o teor de floculante adicionado (24 horas). Conforme Zamfiroiu e Masu (2007), a velocidade de coagulação é baixa quando há uma concentração baixa de partículas e vice-versa.

A avaliação da eficiência do processo de coagulação e floculação se deu a partir da análise do sistema de cores aditivas formado por Vermelho (*Red*), Verde (*Green*) e Azul (*Blue*) de campos da proveta utilizando algoritmo computacional criado para tal finalidade.

Os processos obtiveram sua eficiência máxima com 24 horas, sendo o experimento mais eficiente o que aplicou 0,7 mL de floculante em 100 mL de efluente (Figura 17). O percentual de lodo formado na mesma foi de 25%.

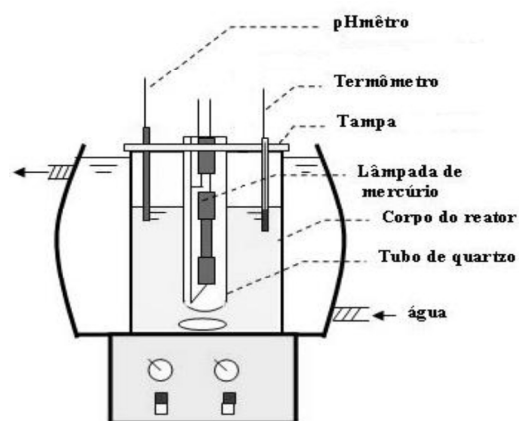
Figura 17 - Ensaio de coagulação/floculação do efluente com o floculante comercial, sem agitação





No sobrenadante do efluente da proveta C foi aplicado o processo foto-Fenton. O mesmo ocorreu em foto-reator, com capacidade de 1000 mL, cujo sistema de irradiação foi composto de uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão, 80 W, marca Philips, modelo HPLN80W, sem o bulbo original e encapsulada por um tubo de quartzo de 23 mm de diâmetro e 140 mm de altura (Figura 18).

Figura 18 - Esquema do foto-reator



Fonte: Simon et al. (2007), adaptado pelo autor

A homogeneidade da solução foi mantida através de um agitador magnético e para manter as condições isotérmicas em torno de  $25 \pm 2$  °C foi utilizado um banho termostatizado. As amostras foram coletadas em intervalos pré-estabelecidos, entre 0 e 120 minutos, medindo-se a demanda química de oxigênio (DQO) no início e no final da reação, através do método do refluxo fechado, conforme APHA (1999).

A concentração residual de peróxido de hidrogênio foi determinada pelo método iodométrico. A correção da interferência do peróxido residual na DQO final seguiram as indicações de Kang et al. (1999).

O processo oxidativo avançado foi aplicado no efluente de curtume em meio ácido (pH = 3), sendo ajustado com a adição de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{NaOH}$ , quando necessário. No processo foi utilizado  $\text{H}_2\text{O}_2$  (35% w/w) e  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  na razão  $\text{C}_{\text{H}_2\text{O}_2}:\text{C}_{\text{Fe}^{2+}} = 20$ , indicada por Martins et al. (2011), obtendo uma redução de 94% de DQO.

Esse primeiro resultado motivou a busca por novos métodos alternativos e a opção por estudar a aplicação de sistemas heterogêneos no tratamento de efluentes de curtumes. Pois, de acordo com Schrank et al. (2004) e Sauer et al. (2006), o sistema heterogêneo  $\text{TiO}_2/\text{UV}$  tem sido largamente estudado, entretanto pouco aplicado no tratamento de efluentes de curtume. Conforme Gogate e Pandit (2003), a maior vantagem em processos baseados na oxidação fotocatalítica é a possibilidade de se usar eficazmente a luz solar próximo da radiação UV, que deve resultar em consideráveis economias de custos para operações em grande escala.

Conforme Martins et al. (2013), os processos de fotocatalise tem ganhado destaque no meio científico, principalmente com o desenvolvimento de estruturas em escala nanométrica. As mesmas possuem grande área superficial, permitindo uma grande diversidade de aplicações que envolvem fenômenos de superfície. As estruturas nanométricas de carbono estão entre as mais estudadas no meio científico. Porém, o desenvolvimento de materiais nanométricos baseados em compostos inorgânicos tem atraído a atenção da academia. Dentre eles destacam-se as nanoestruturas baseadas em  $\text{TiO}_2$ , especialmente os titanatos.

O potencial de uso de nanotubos a base de titanato é apresentado por Viana et al. (2009). Os mesmos conseguiram 70% de remoção de Carbono Orgânico Total (COT) e 65% de cor em solução do corante têxtil Azul Reativo 19 utilizando nanotubos formado por titanato trocados com cério (TiNT-Ce).

Segundo Lee et al. (2007), nanotubos de titanato de sódio possuem potencial como adsorventes para remoção de corantes básicos a partir de uma solução aquosa por meio de mecanismos de troca iônica. Neste caso foi descoberto que a capacidade de adsorção pode atingir até 380mg/g de TNT.

Neste sentido, objetivou-se estudar o uso de nanotubos de titanato, trocados com Cério, Cobalto e Sódio, em processos fotocatalíticos para a remoção de matéria orgânica em efluentes de curtumes.

Os nanotubos de titanato foram preparados pelo método hidrotérmico descrito por Ferreira (2006). Na síntese, conforme Viana (2009), foram utilizados 2,00g (25mmol) de  $\text{TiO}_2$  (anatásio) e 60mL de uma solução aquosa de 10mol/L de NaOH. O  $\text{TiO}_2$  foi suspenso na solução aquosa de NaOH por 30min. A suspensão branca formada foi transferida para um recipiente de teflon com 90mL de volume e este foi colocado em uma autoclave de aço inoxidável, que foi mantida a  $165\pm 5^\circ\text{C}$  por 170h em um forno do tipo Mufla. Após as 170h de tratamento térmico a autoclave foi retirada do forno e resfriada naturalmente até a temperatura ambiente. Quando já resfriado, o sólido branco precipitado foi retirado e lavado várias vezes com água deionizada para retirar o excesso de íons sódio e outras impurezas da superfície do material, até atingir um pH entre 11 e 12.

Os nanotubos de titanato com Cério e Cobalto foram feitos a partir de reações de troca iônica dos nanotubos de titanato de sódio com nitratos de cério ( $\text{Ce}^{4+}$ ) e cobalto ( $\text{Co}^{2+}$ ).

As reações de troca iônica dos nanotubos de titanato com íons metálicos foram realizadas, conforme Viana (2009), através de uma suspensão de 100mg de TNT-Na numa solução aquosa (100mL) com concentração de 0,05mol/L do sal metálico. Foi utilizado o  $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$  para fazer a reação de troca iônica com os nanotubos de titanato de sódio com cério. Posteriormente, a suspensão foi agitada magneticamente por 24h a temperatura ambiente. O produto sólido foi isolado por centrifugação a 3000rpm, sendo lavado com água deionizada várias vezes para remover íons solúveis remanescentes ( $\text{Ce}^{4+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) do precursor. O produto sólido foi seco sob condições de vácuo durante 6h para em seguida obter-se os nanotubos de titanato intercalados com cério.

O efluente coletado para os experimentos possuía em estado natural um pH = 8,6. Depois de clarificado por um processo de coagulação e floculação, nas condições mais eficientes identificadas anteriormente, o meio acidificava chegando a 6,9. Este era o ambiente criado para o início do processo fotocatalítico. Em todos os experimentos utilizou-se a concentração 200mg TNT/L.

O processo de maior eficiência foi aquele que utilizou o TNT-Ce no processo fotocatalítico de degradação da matéria orgânica. O mesmo obteve 11% de remoção. Já os TNT-Co e TNT-Na obtiveram 5,2% e 2,5%, respectivamente. Ainda avaliou-se o uso de nanotubos de tungstato de neodímio, érbio e lantânio, na remoção de cor em solução dos corantes Melioderm Black AF p e Remacor Castanho ESC HEB, porém apresentaram resultados semelhantes aos primeiros titanatos utilizados.



Após as tentativas, sem sucesso, do uso de nanotubos de titanatos e tungstatos, nas condições propostas, como alternativas para o tratamento de efluentes da indústria do couro, decidiu-se estudar os diversos métodos e metodologias existentes para a avaliação de impactos ambientais em curtumes.

O presente trabalho objetivou identificar e avaliar impactos ambientais em curtumes, através dos métodos RIAM e MAASPI. Além disso, utilizou-se do método Coope-Cosenza, para avaliar a conformidade locacional das indústrias estudadas.

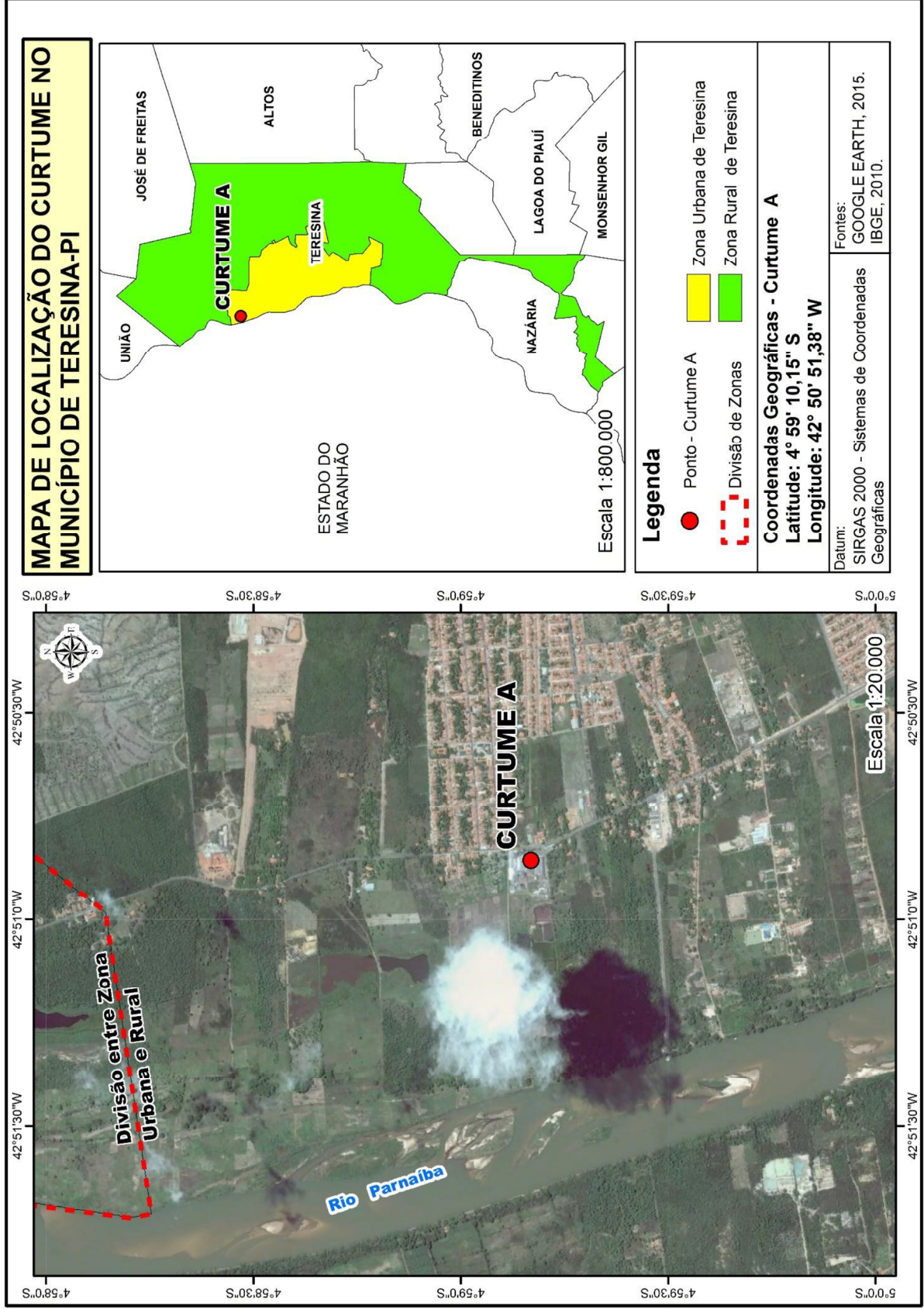
O uso desses métodos não exclui a possibilidade do uso de outros que detalham mais o processo produtivo e que avaliam os custos e os impactos ambientais paralelamente. A mesma foi idealizada para empresas de pequeno e médio porte, pois as mesmas frequentemente não medem seus *inputs* e *outputs* o que inviabiliza a adoção de métodos mais completos e mais complexos como a ACV.

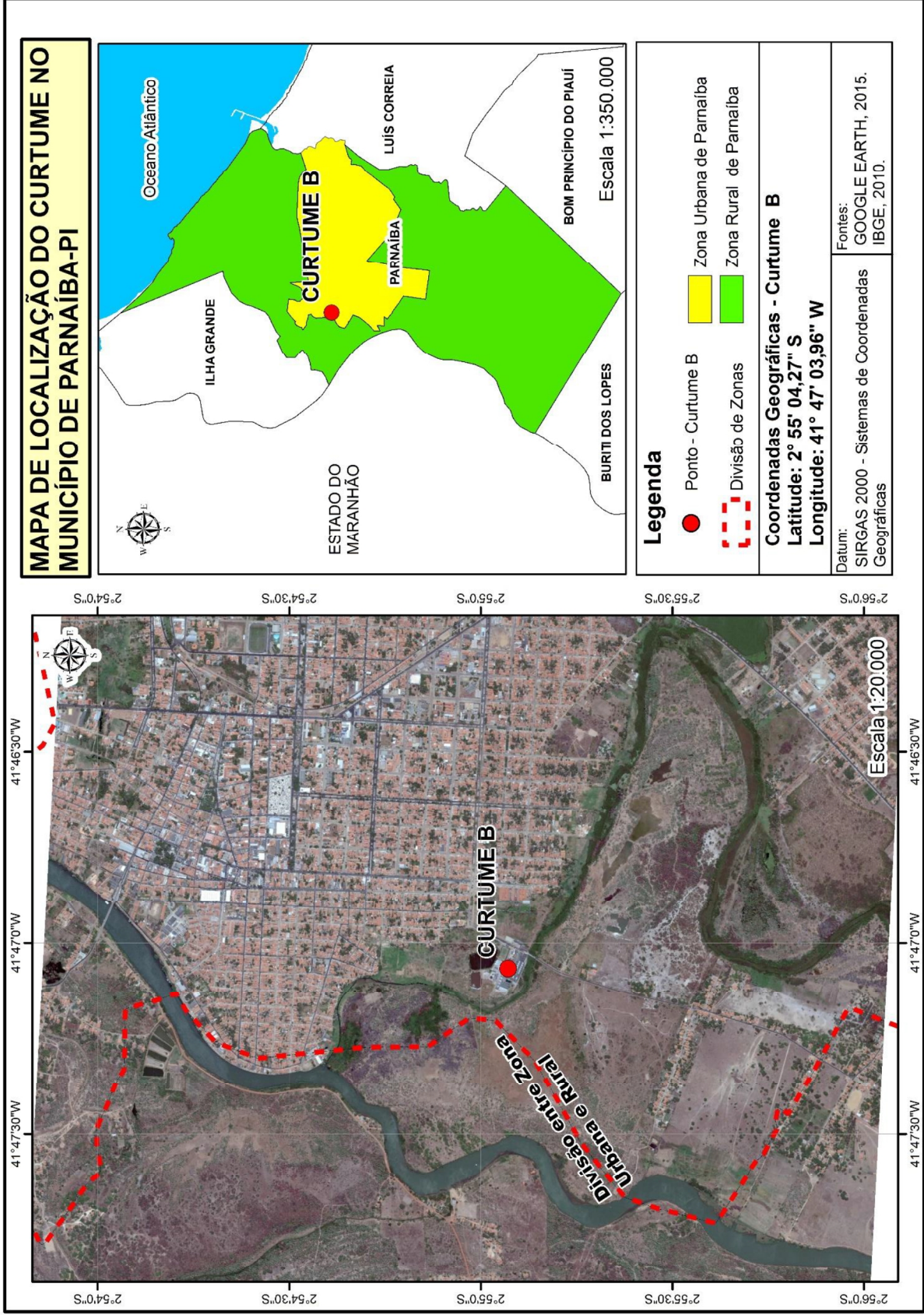
## **4.2 Diagnóstico dos curtumes**

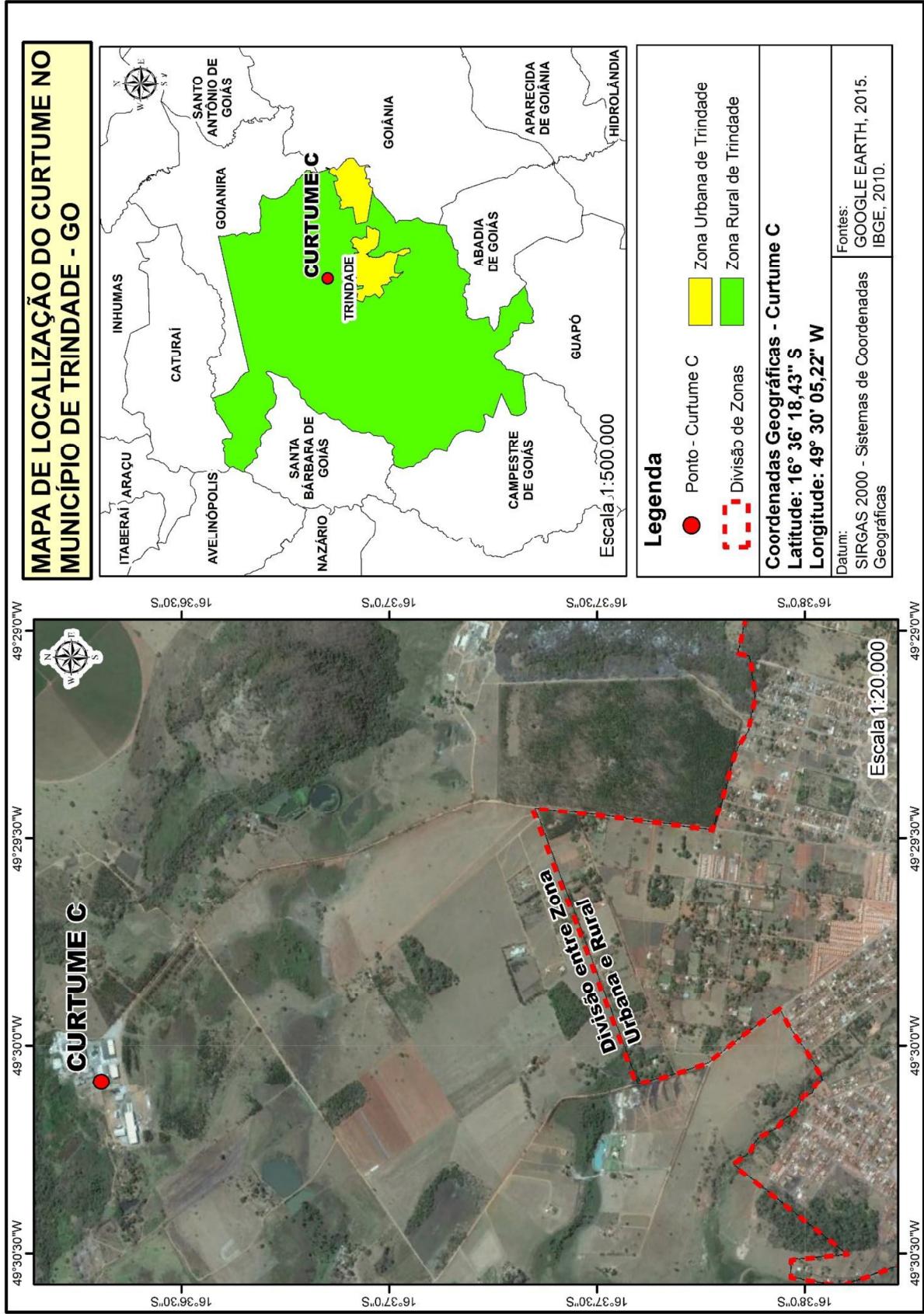
### **4.2.1 Quanto à localização**

Conforme a Figura 19, somente o curtume C encontra-se, atualmente, na zona rural de seu município. Os demais encontram-se dentro de bairros, na zona urbana das cidades que os abriga. Esta é uma situação que deve ser evitada, pois há um conflito entre os produtores de couro e a comunidade adjacente, especialmente quanto aos incômodos referentes a emissão de maus odores.

Figura 19 - Localização dos curtumes visitados







Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Souza e Muniz (2010), na indústria verifica-se que o processo de decisão do investidor orienta-se, cada vez mais, não apenas em função de fatores técnico-econômicos tradicionais (transporte, matérias-primas, energia, água etc.), mas também por fatores de natureza mais complexa, de caráter qualitativo, ligados às condições sociais e ambientais do território. No caso dos curtumes instalados dentro da zona urbana dos municípios de Teresina e Parnaíba, além de todos os problemas ambientais, há o problema relativo à qualidade de vida da população adjacente.

Cristellotti (2011) utilizando o método Coppe-Cosenza, baseado na avaliação de alternativas locacionais usando os conjuntos *fuzzy*, confrontando as situações de demanda industrial e as de oferta territorial de fatores gerais (basicamente infraestrutura) mostra que os insumos industriais e as características do processo de produção levam aos seguintes fatores como sendo considerados, em maior ou menor medida, relevantes para o êxito desta atividade, conforme Tabela 10:

- Proximidade aos rebanhos/frigoríficos;
- Proximidade aos curtumes de ribeira e *wet-blue*;
- Disponibilidade de água;
- Disponibilidade de energia elétrica;
- Infraestrutura sanitária;
- Infraestrutura de transporte;
- Disponibilidade de mão de obra comum e especializada;
- Proximidade aos clientes finais ou exportadores;
- Incentivos fiscais em vigor.

Tabela 10 - Matriz de demanda (D)

| <b>Curtumes/Fatores</b>                               | <b>Curtumes Integrados</b> | <b>Curtumes Wet-blue</b> | <b>Curtumes Acabados</b> | <b>Curtumes de Acabamento</b> | <b>Agregados</b> |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|
| Proximidade aos rebanhos/frigoríficos                 | Condicionante              | Crítico                  | Pouco condicionante      | Pouco condicionante           | 2,6              |
| Proximidade aos curtumes de ribeira e <i>wet-blue</i> | Pouco condicionante        | Pouco condicionante      | Crítico                  | Pouco condicionante           | 2,2              |
| Disponibilidade de água                               | Crítico                    | Crítico                  | Crítico                  | Pouco condicionante           | 3,4              |
| Disponibilidade de energia elétrica                   | Crítico                    | Crítico                  | Crítico                  | Condicionante                 | 3,8              |

|  |                     |                     |                     |                     |     |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----|
| Infraestrutura sanitária                             | Condicionante       | Condicionante       | Condicionante       | Condicionante       | 3,2 |
| Infraestrutura de transporte                         | Condicionante       | Condicionante       | Condicionante       | Condicionante       | 3,2 |
| Disponibilidade de mão de obra comum e especializada | Condicionante       | Condicionante       | Crítico             | Crítico             | 3,6 |
| Proximidade aos clientes finais ou exportadores      | Condicionante       | Crítico             | Crítico             | Crítico             | 3,8 |
| Incentivos fiscais em vigor                          | Pouco condicionante | Pouco condicionante | Pouco condicionante | Pouco condicionante | 1,6 |

\*grau de pertinência  $\mu_D(f)$ , de 0 a 1, atribuída a cada valoração linguística correspondente ao grau de importância daquele fator para aquela categoria de atividade industrial: crítico = 1; condicionante = 0,8; pouco condicionante = 0,4; irrelevante = 0.

Fonte: Cristellotti (2011)

Vale ressaltar que, para efeitos de entendimento, Cristellotti (2011) classifica os curtumes da forma como está descrito abaixo:

- **Curtumes Integrados**, que realizam todas as fases do processo, do início ao fim.
- **Curtumes de Wet-Blue**, que tratam o couro cru até a fase de curtimento ao cromo, *descanso e enxugamento*.
- **Curtumes Acabados**, que usam o couro *Wet Blue* como matéria-prima, chegando à fase *Crust* (engraxa ou cavalete ou estiramento) e/ou de couro acabado.
- **Curtumes de Acabamento**, que transformam o *Crust* em couro acabado.

Cristellotti (2011), através do método Coppe-Cosenza, mostra as matrizes de oferta (Tabela 11), bem como a de demanda/oferta (Tabela 13) utilizadas para os curtumes que estudou, a qual também foram utilizadas na presente tese.

Tabela 11 - Matriz de oferta (O)

| <b>Curtumes/Fatores</b>                        | <b>Curtume A</b> | <b>Curtume B</b> | <b>Curtume C**</b> |
|--|------------------|------------------|--------------------|
| Proximidade aos rebanhos/frigoríficos          | Bom              | Regular          | Bom                |
| Proximidade aos curtumes de ribeira e wet-blue | Regular          | Regular          | Regular            |
| Disponibilidade de água                        | Ótimo            | Ótimo            | Ótimo              |
| Disponibilidade de energia elétrica            | Ótimo            | Ótimo            | Ótimo              |

|  |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|
| Infraestrutura sanitária                             | Regular | Regular | Bom     |
| Infraestrutura de transporte                         | Ótimo   | Bom     | Regular |
| Disponibilidade de mão de obra comum e especializada | Regular | Regular | Regular |
| Proximidade aos clientes finais ou exportadores      | Regular | Regular | Regular |
| Incentivos fiscais em vigor                          | Bom     | Bom     | Ótimo   |
| Agregados  | 6,2     | 5,6     | 6,2     |

\*grau de pertinência  $\mu_O(f)$ , de 0 a 1, atribuída a cada valoração linguística correspondente ao grau de importância daquele fator para aquela categoria de atividade industrial: \*ótimo = 1; bom = 0,8; regular = 0,4; fraco = 0

\*\* Avaliação feita por Cristellotti (2011).

Tabela 12 - Matriz modelo para o cálculo de  $C_{ik}$

| $D_{ij} \otimes O_{jk}$    | Ótimo   | Bom     | Regular | Fraco |
|----------------------------|---------|---------|---------|-------|
| <b>Crítico</b>             | 1       | 0       | 0       | 0     |
| <b>Condicionante</b>       | $1+1/n$ | 1       | 0       | 0     |
| <b>Pouco condicionante</b> | $1+2/n$ | $1+1/n$ | 1       | 0     |
| <b>Irrelevante</b>         | $1-3/n$ | $1+2/n$ | $1+1/n$ | 1     |

Fonte: Cristellotti (2011)

A Resolução CONAMA nº 01/86 mostra que o resultado da avaliação de impacto ambiental pode ser um fator determinante na localização de um empreendimento. Assim, os resultados desta avaliação no método Coppe-Cosenza para a localização de um curtume devem ser considerados. Neste sentido, percebe-se que os curtumes A e C teoricamente possuem as melhores localizações, conforme resultado da Tabela 13, no entanto este resultado não mostra a realidade, pois um está em zona urbana e o outro na zona rural com o risco inferior de conflitos com a população. Vale ressaltar, que observações deste tipo não invalidam o método, porém mostra a necessidade de adaptação conforme o olhar do especialista.

Tabela 13 - Matriz de cruzamento entre demanda/oferta

| <b>Curtoques/Fatores</b>              | <b>Curtoque A</b> | <b>Curtoque B</b> | <b>Curtoque C</b> |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Proximidade aos rebanhos/frigoríficos | 1                 | 0                 | 1                 |

*Continua...*

|  |                |                |                |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Proximidade aos curtumes de ribeira e wet-blue       | 1              | 1              | 1              |
| Disponibilidade de água                              | 1              | 1              | 1              |
| Disponibilidade de energia elétrica                  | 1              | 1              | 1              |
| Infraestrutura sanitária                             | 0              | 0              | 1              |
| Infraestrutura de transporte                         | $1+1/n = 1,11$ | 1              | 0              |
| Disponibilidade de mão de obra comum e especializada | 0              | 0              | 0              |
| Proximidade aos clientes finais ou exportadores      | 0              | 0              | 0              |
| Incentivos fiscais em vigor                          | $1+1/n = 1,11$ | $1+1/n = 1,11$ | $1+2/n = 1,22$ |
| Agregados  | 6,22           | 5,11           | 6,22           |
| Média ponderada                                      | 0,69           | 0,57           | 0,69           |

\* o resultado será o cruzamento entre uma demanda (D), com uma oferta (O), e assim por diante foram calculadas as outras pontuações ou graus de pertinência.

Neste sentido, faz-se necessário a inclusão de mais duas características nas matrizes de demanda, oferta e na de cruzamento entre demanda/oferta, as quais seriam:

Tabela 14 - Características adicionadas a matriz de demanda (D)

| <b>Curtumes/Fatores</b>          | <b>Curtumes Integrados</b> | <b>Curtumes Wet-blue</b> | <b>Curtumes Acabados</b> | <b>Curtumes de Acabamento</b> | <b>Agregados</b> |
|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|
| Distância da zona urbana         | Crítico                    | Crítico                  | Condicionante            | Condicionante                 | 3,6              |
| Existência de estudos ambientais | Crítico                    | Crítico                  | Crítico                  | Crítico                       | 4,0              |

Tabela 15 - Características adicionadas a matriz de oferta (O)

| <b>Curtumes/Fatores</b>          | <b>Curtume A</b> | <b>Curtume B</b> | <b>Curtume C**</b> |
|----------------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| Distância da zona urbana         | Fraco            | Fraco            | Bom                |
| Existência de estudos ambientais | Bom              | Bom              | Ótimo              |
| Agregados finais                 | 7,0              | 6,4              | 8,0                |



Tabela 16 - Características adicionadas a matriz de cruzamento entre demanda/oferta

| <b>Curtumes/Fatores</b>          | <b>Curtume A</b> | <b>Curtume B</b> | <b>Curtume C</b> |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Distância da zona urbana         | 0                | 0                | 0                |
| Existência de estudos ambientais | 0                | 0                | 1                |
| Agregados finais                 | 6,22             | 5,11             | 7,22             |
| Média ponderada final            | 0,56             | 0,46             | 0,65             |

Portanto, após a análise com as novas características inseridas verificou-se que o curtume C encontra-se em uma localização mais adequada que os demais. No entanto, quando o objetivo for avaliar a melhor localização para um curtume que ainda será instalado o método Coppe-Cosenza deverá ser precedido de estudos ambientais. Assim, poderão surgir novas características que poderão ser inseridas no método e influenciar o resultado final.

#### 4.2.2 Quanto aos aspectos ambientais

A matéria-prima que abastece o curtume A provém de um frigorífico do próprio grupo, salvo raras exceções de grande demanda em que os mesmos se veem obrigados a comprar couros ou peles no mercado regional. Já o curtume B é abastecido a partir da compra de matéria-prima de salgadeiras e pequenos produtores rurais.

Nos curtumes A e B há uma insuficiente gestão de resíduos sólidos e tratamento de efluentes líquidos. Inexiste ou existe de forma precária tecnologia ou investimento para o tratamento de efluentes gasosos. Já no curtume C há uma gestão mais rigorosa dos resíduos produzidos, promovendo o reaproveitamento dos que ainda possuem vida útil e o descarte daqueles que esgotaram todas as possibilidades de uso. Porém, há falhas no tratamento de efluentes líquidos e gasosos. Embora tenha uma tecnologia mais avançada do que os demais curtumes, ainda assim não consegue atender a legislação ambiental, principalmente no que concerne aos padrões de emissão de compostos nitrogenados.

O curtume C mantém um Centro de Reciclagem de Subproduto Animal (graxaria) que utiliza os resíduos dos abatedouros, frigoríficos e açougues, transformando-os em matéria-prima para a fabricação de variados produtos, como farinha de carne e ossos, além de sebo. Desta forma, dentro da sua cadeia produtiva os mesmos encontraram uma forma de beneficiar

o que antes era descartado transformando-os em matéria-prima para as indústrias de ração animal, sabões e biodiesel.

Dentre os curtumes estudados, apenas o C possui Sistema de Gestão da Qualidade certificado segundo a NBR ISO 9001:2008 e pelas boas práticas ambientais no processo de industrialização do couro o referido curtume tem um *Gold Rated* certificado pela *LWG Environmental Stewardship Audit*, aferido por um rigoroso sistema de auditoria, conforme LWG (2012).

CICB (2012) afirma que os curtumes trabalham com três tipos de certificações, a ISO 9.000 focada na “gestão de qualidade” e as ISO 14.000 e LWG (*Leather Working Group*), ambas focadas na “gestão ambiental”. Cerca de 50% das grandes empresas possuem algum tipo de certificação, sendo a ISO 9.000 e a LWG, com as maiores representações, com 30,8% cada, em terceiro a ISO 14.000 com 15,4%. Já na micro e na pequena empresa os percentuais ficam em torno de 8% e 9%, respectivamente.

Segundo Guterres (2004), as certificações ambientais tendem a se tornar um importante fator de *marketing* e podem trazer benefícios econômicos para aqueles curtumes que realizaram investimentos para reduzir os impactos ambientais.

Neste sentido, foi criado pelo Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil (CICB), um padrão de certificação de sustentabilidade cujo objetivo é dar aos compradores e consumidores finais a certeza de que, desde a sua origem, passando pela produção e o produto final tiveram observados critérios sustentáveis. A certificação atenderá às diretrizes do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade – SBAC e será conduzida pelo INMETRO. Para o atendimento da Certificação de Sustentabilidade do Couro Brasileiro, as seguintes Normas devem ser consultadas:

- ABNT NBR 16.296:2014 – Couros – Princípios, critérios e indicadores para produção sustentável.
- ABNT NBR 16.297:2014 – Couros – Diretrizes para implementação da ABNT NBR 16.296, conforme Quadro 5.

Quadro 5 - Dimensões e princípios para implementação da ABNT NBR 16.296:2014

| <b>Dimensões</b>           | <b>Princípios</b>          |
|----------------------------|----------------------------|
| Gestão da Sustentabilidade | I – Sistema de gestão      |
| Dimensão Econômica         | I – Desempenho da produção |
|                            | II – Desempenho do produto |

|                    |   |
|--------------------|---|
|                    | III – Impactos econômicos                                   |
| Dimensão Ambiental | I – Cumprimento das requisitos legais aplicáveis            |
|                    | II – Rastreabilidade  |
|                    | III – Controle de substâncias restritas                     |
|                    | IV – Gerenciamento do consumo de água                       |
|                    | V – Gerenciamento do consumo de energia                     |
|                    | VI – Processos de produção                                  |
|                    | VII – Gerenciamento de resíduos (perigosos e não perigosos) |
|                    | VIII – Tratamento de efluentes líquidos                     |
|                    | IX – Gerenciamento de emissões atmosféricas                 |
| Dimensão Social    | I – Cumprimento dos requisitos legais aplicáveis            |
|                    | II – Público interno  |
|                    | III – Fornecedores  |
|                    | IV – Práticas leais de concorrência                         |
|                    | V – Clientes  |
|                    | VI – Envolvimento com a comunidade, governo e sociedade     |

Fonte: ABNT NBR 16.296:2014, adaptado pelo autor.

#### 4.2.3 Descrição do processo produtivo no curtume A

O curtume A recebe como matéria prima couros e peles salgadas, fornecidas por salgadeiras de Teresina, e cruas, também denominadas de verdes, fornecidas pelo frigorífico do grupo empresarial a qual pertence. Os couros e peles crus são tratados com antibióticos no frigorífico com o fim de retardar o seu processo de putrefação.

No setor de recepção da matéria-prima, classifica-se, aparam as patas, cabeças, caldas e se prepara as partidas de acordo com o tipo e o tamanho das peles, para entrar na produção. Em seguida, os couros e peles crus seguem direto para o processo de caleiro e depilação. Já os salgados passam pelo remolho, que consiste num banho em fulões com detergentes, para acelerar a reumectação, substâncias alcalinas com o fim de elevar o pH a 9 e substâncias antibióticas com o fim de retardar a degradação biológica do couro. O remolho dura em torno de 8 horas.

Após o remolho, os couros e peles, antes salgados, juntam-se aos couros e peles crus no processo de depilação e caleiro, com o fim de remover a epiderme e os pelos. Dentro de fulões os mesmos são banhados com sulfeto de sódio (substância depiladora), aminas, hidróxido de cálcio e detergentes. O processo de caleiro dura de 14 a 22 horas. Os couros e peles ao final do processo adquirem pH entre 12 e 13.

Após o caleiro, os couros e peles passam pela máquina descarnadeira, com o fim de remover restos de carne e gordura do carnal da pele (camada hipodérmica). A carnaça formada

é levada a ar comprimido ao digestor que fica na estação de tratamento de esgoto da indústria. Já, as aparas esverdeadas/pelancas são aproveitadas para preparação de gelatina, cola e ração. Geralmente o produto da escarnadeira é chamado de tripa. A mesma é então direcionada ao processo de curtimento.

A primeira etapa do processo de curtimento é a descalcinação. Nesta etapa são adicionados sulfato de amônio e ácidos fracos. O pH dos couros e peles caem para 8. Este processo tem duração de 5 horas.

A segunda etapa é a purga, a qual consiste na limpeza enzimática dos couros e peles através de lipases, proteases. Nesta etapa usam-se, também, detergente e desengraxantes.

A terceira etapa consiste na piquelagem (processo salino ácido), onde a matéria prima é banhada com clorito de sódio (alvejante), sais e ácidos sulfúricos e fórmicos, com o fim de evitar que a matéria prima perca a resistência e ocorra um inchamento ácido. O pH nessa etapa fica entre 2,5 e 3. O processo de piquelagem tem duração de 5 horas.

Após os couros e as peles passarem pelas etapas de descalcinação, purga e piquelagem é que vão para o curtimento, com o fim de converter as fibras da pele não curtido em produto estável, não putrescível com resistência à abrasão, ao calor e flexibilidade. Neste processo são adicionados, sulfato de cromo (curtimento mineral), complexante, formiato de sódio, fungicida, óxido de magnésio e bicarbonato de sódio. O processo dura em torno de 14 horas e o pH final fica entre 3 e 4.

Depois do curtimento os couros e peles vão para o processo de enxugamento e estiramento com o fim de eliminar o excesso de umidade e ganhar área, através de processos mecânicos. Em seguida, os couros e peles curtidos são classificados por qualidade, por tamanho, tipo, espessura e são embalados para serem comercializados em *Wet Blue*, ou são destinados ao rebaixe para serem recurtidos.

Os couros curtidos não vendidos como *Wet Blue* são divididos em flor e raspa, e rebaixados mecanicamente com o fim de igualar/uniformizar a espessura de acordo com o artigo a ser produzido. Nesta etapa há geração de resíduos de couro curtido como aparas e serragem.

Os couros rebaixados são recurtidos, através de substâncias naftalênicas, fenólicas e acrílicas, tingidos com corantes, geralmente azos e metálicos, e engraxados com óleos. Em seguida os couros são secos através de processo físico natural (secador aéreo natural) ou artificial (túnel de secagem artificial) onde deixa a umidade residual em níveis adequados com

característica de cada artigo (15 a 25% de umidade). Em seguida o couro é amaciado, através de processo mecânico que confere aos couros recurtidos, tingidos e engraxados o nível de maciez adequado para cada tipo de artigo produzido.

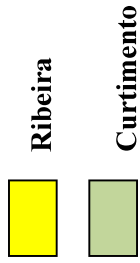
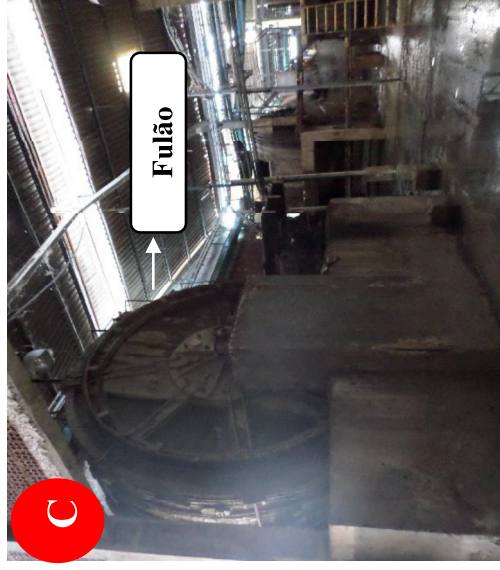
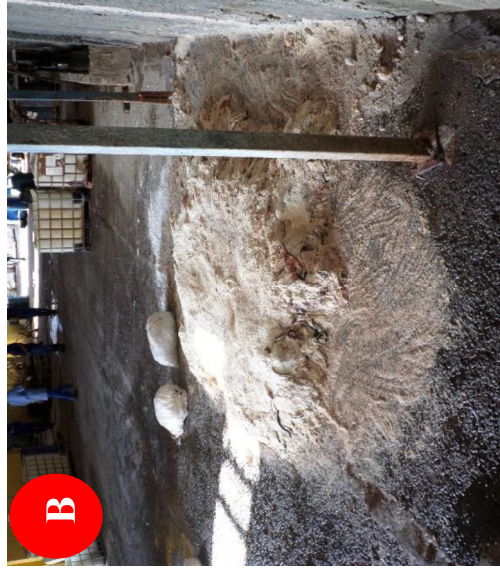
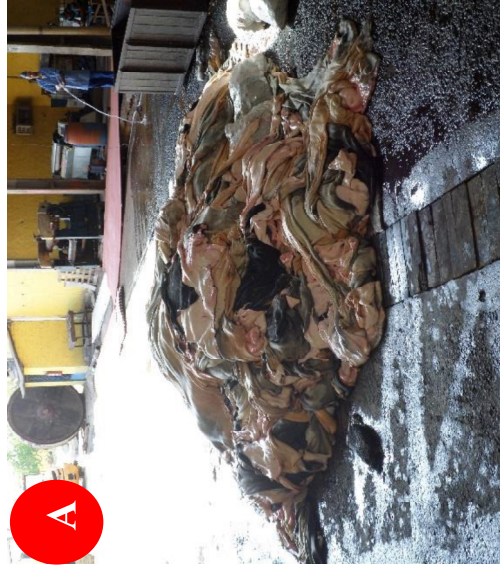
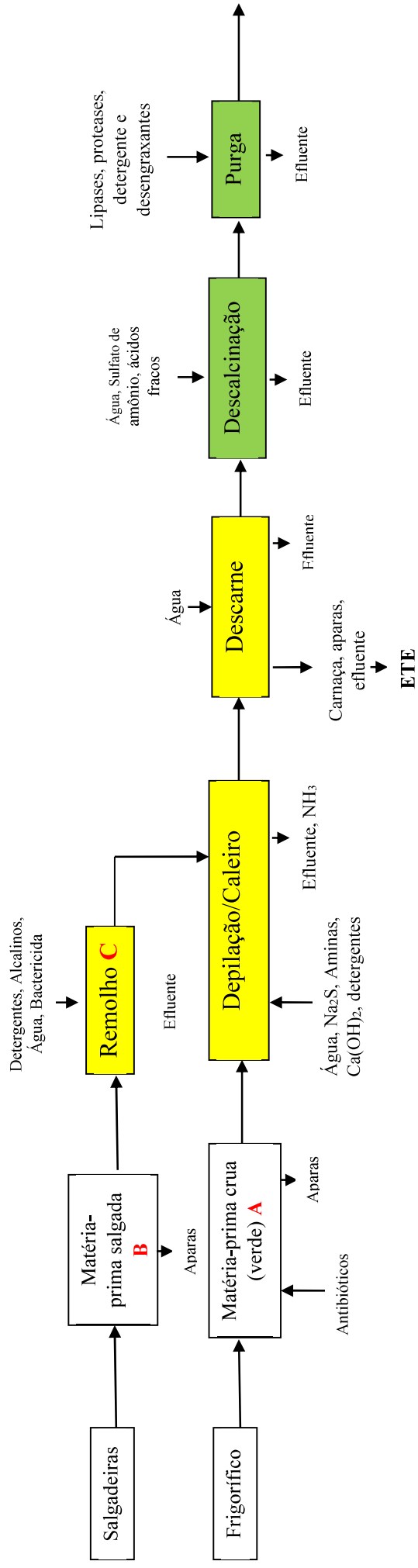
O couro amaciado é recortado por operação mecânica/manual (facas ou tesouras) onde são retiradas as partes defeituosas e não aproveitadas no acabamento final dos couros. O produto recortado é grampeado por processo mecânico com o objetivo de eliminar dobras e dar maior abertura aos couros com ganho de área. Por fim, os couros semiacabados são lixados (flor e carnal) para melhorar a classificação de flor e qualidade do carnal e em seguida o pó residual produzido é armazenado e depois encaminhado a aterro sanitário industrial localizado na cidade de Água Branca – PI.

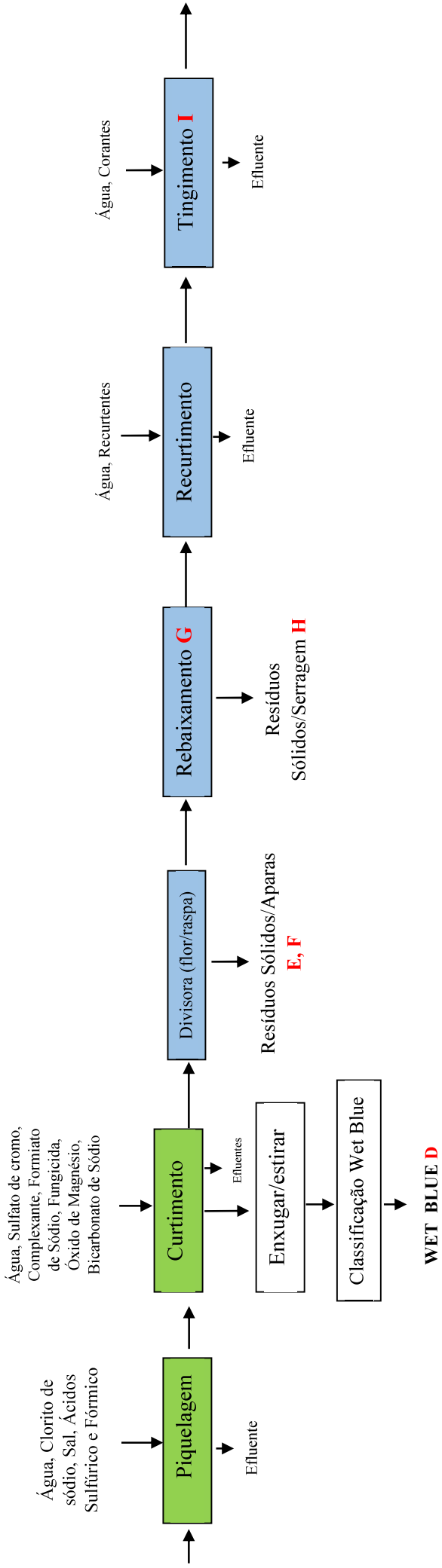
O couro semiacabado quando não vendido vai para o último processo, que é o acabamento final. Primeiramente, através de processo mecânico (pulverização/secagem) é aplicado tinta ao couro com o fim de dar cor e textura, conforme o artigo a ser produzido. Em seguida, o couro passa por uma aplicação laca (resina), que constitui em operação mecânica (pulverização/secagem) onde determina o efeito do brilho e resistência a umidade do acabamento final do couro.

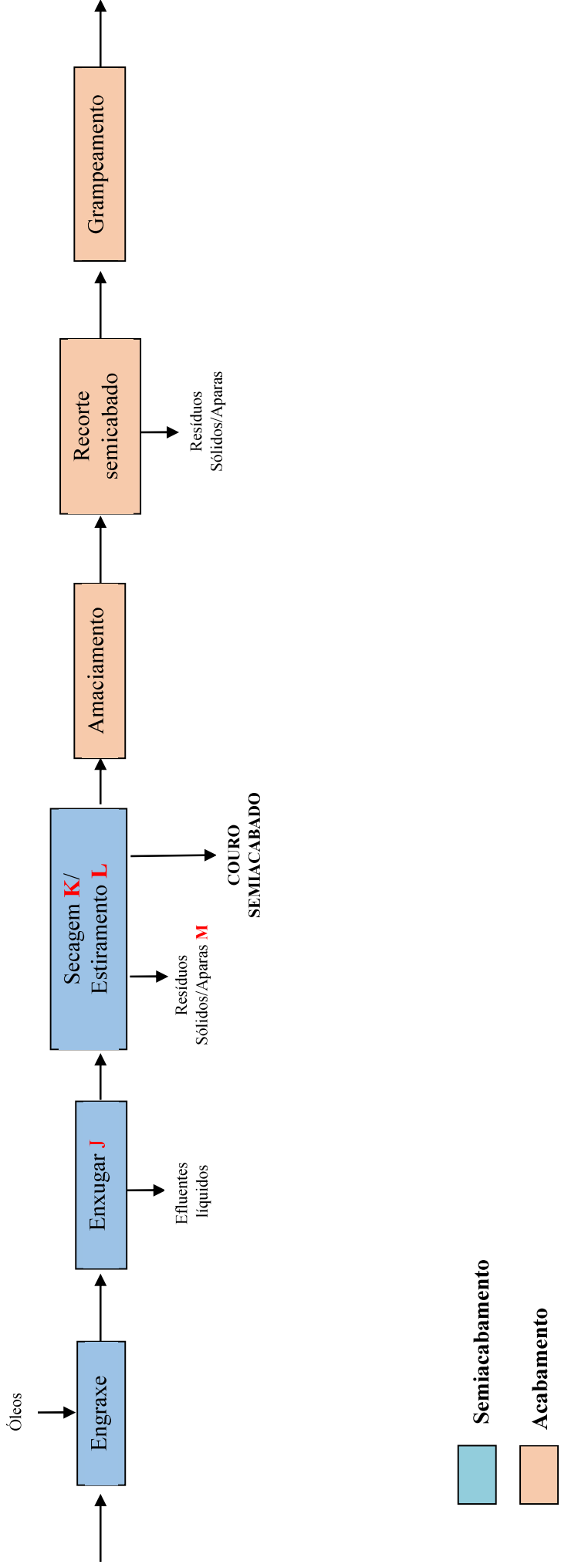
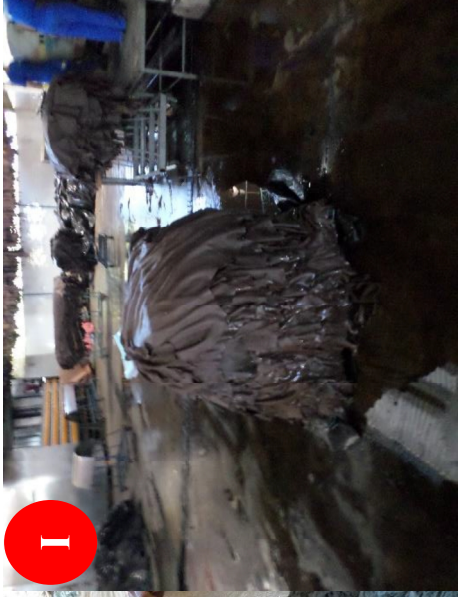
Após a aplicação de resinas o couro é prensado por operação mecânica (calor e pressão) em que proporciona maior aderência, fixação, brilho e lisura do acabamento final do couro. Por fim, o couro é classificado, medido, embalado e expedido.

Todo o processo de produção do curtume A está detalhado em fluxograma na Figura 20.

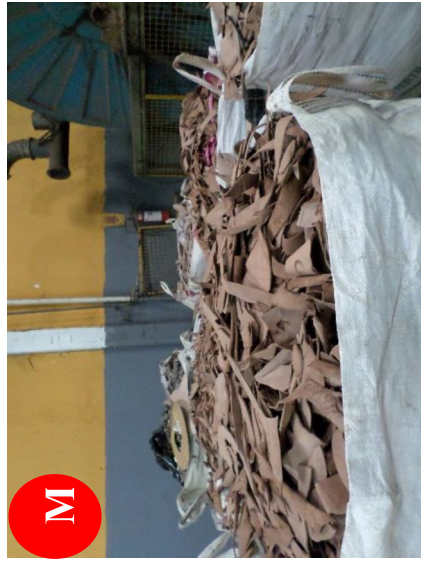
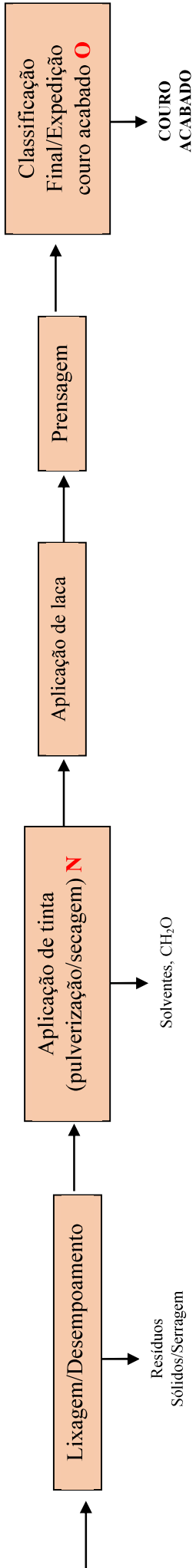
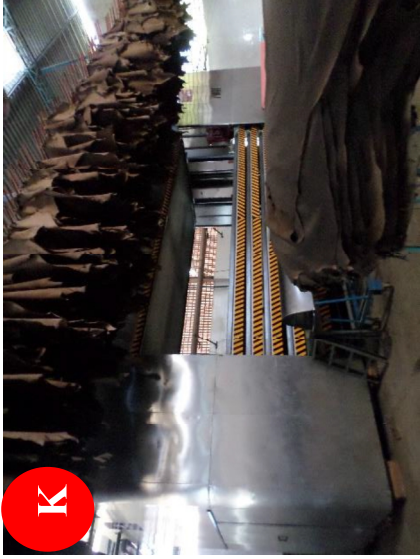
Figura 20 - Processo produtivo do couro no curtume A











### 4.3 Impactos identificados

Analogamente aos trabalhos de Ganem (2007) e Kibret e Tulu (2014), os principais impactos ambientais benéficos identificados de um curtume são: a geração de emprego e a dinamização da economia local. Já os impactos ambientais adversos que afligem diretamente a população são os maus odores e a contaminação dos corpos d'água que são receptores de efluentes não tratados. Além desses, os riscos com a segurança do trabalhador também foram apontados pelos mesmos como impactos ambientais negativos de grande significância.

#### 4.3.1 Avaliação de Impactos Ambientais Segundo o RIAM

##### a) Componentes Físicos/Químicos (PC)

- I. Contaminação de águas superficiais e subterrâneas – há riscos de contaminação das águas superficiais pela emissão de efluentes em desacordo com a legislação ambiental vigente, bem como a contaminação das águas subterrâneas pela disposição dos efluentes e lodos em lagoas e tanques não impermeabilizadas.

| <b>Crítérios</b> | <b>Curtume A</b>            | <b>Curtume B</b>            | <b>Curtume C</b>       |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| A1               | 2                           | 2                           | 2                      |
| A2               | -3                          | -3                          | -2                     |
| B1               | 2                           | 2                           | 2                      |
| B2               | 2                           | 2                           | 2                      |
| B3               | 3                           | 3                           | 3                      |
| ES               | -42                         | -42                         | -28                    |
| R*               | -D                          | -D                          | -C                     |
| <b>Conclusão</b> | Significativamente negativo | Significativamente negativo | Moderadamente negativo |

\*Range = classe

##### Justificativas

Curtume A – possui ETE, porém o efluente tratado não atende em plenitude as Resoluções CONAMA nº 357/05 e 430/11. Além disso, o mesmo fica disposto em lagoas de estabilização que não possuem aparatos de impermeabilização dos seus leitos.

Curtume B – semelhante ao curtume A.

Curtume C – possui ETE e consegue atender a legislação ambiental na sua grande parte, porém enfrenta dificuldades com a remoção de nitrogênio.

- II. Contaminação do solo – a disposição inadequada dos efluentes líquidos, resíduos sólidos do processo produtivo bem como o lodo originado da ETE poderá colocar em risco a qualidade do solo.

| <b>Crítérios</b> | <b>Curtume A</b>       | <b>Curtume B</b>       | <b>Curtume C</b> |
|------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| A1               | 1                      | 1                      | 1                |
| A2               | -3                     | -3                     | 0                |
| B1               | 2                      | 2                      | 2                |
| B2               | 2                      | 2                      | 2                |
| B3               | 3                      | 3                      | 3                |
| ES               | -21                    | -21                    | 0                |
| R                | -C                     | -C                     | N                |
| <b>Conclusão</b> | Moderadamente negativo | Moderadamente negativo | Inalterado       |

### Justificativas

Curtume A – além da ausência de impermeabilização das lagoas de estabilização, o lodo é disposto de forma inadequada sobre o solo sem prévio tratamento.

Curtume B – semelhante ao curtume A.

Curtume C – o lodo gerado é tratado e disposto em aterro sanitário industrial.

### *b) Componentes Biológicos/Ecológicos (BE)*

- I. Alteração da biodiversidade aquática e do solo – a ineficiência no tratamento dos efluentes e na disposição final do lodo poderá alterar profundamente a biodiversidade, seja na mortandade de espécies como o surgimento de outras adaptadas ao ambiente degradado. Além da possibilidade da ocorrência de fenômenos como eutrofização e magnificação trófica.

| <b>Crítérios</b> | <b>Curtume A</b> | <b>Curtume B</b> | <b>Curtume C</b> |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| A1               | 2                | 2                | 2                |
| A2               | -3               | -3               | -1               |

|                  |                         |                         |                |
|------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| B1               | 2                       | 2                       | 2              |
| B2               | 3                       | 3                       | 3              |
| B3               | 3                       | 3                       | 3              |
| ES               | -48                     | -48                     | -16            |
| R                | -D                      | -D                      | -B             |
| <b>Conclusão</b> | Significamente negativo | Significamente negativo | Pouco negativo |

### Justificativas

Curtume A – a ineficiência no tratamento dado ao efluente e a disposição inadequada do lodo poderá impactar adversamente a biodiversidade aquática e do solo.

Curtume B – semelhante ao curtume A.

Curtume C – o tratamento, mais eficiente, dado ao efluente e ao lodo minimiza a magnitude do impacto ambiental em análise.

### *c) Componentes Sociológicos/Culturais (SC)*

- I. Emissão de odores – o lançamento de gases a base de enxofre e solventes orgânicos podem comprometer a qualidade do ar provocando maus odores e incômodos na vizinhança.

| <b>Crítérios</b> | <b>Curtume A</b>        | <b>Curtume B</b>        | <b>Curtume C</b> |
|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| A1               | 2                       | 2                       | 2                |
| A2               | -3                      | -3                      | -1               |
| B1               | 2                       | 2                       | 2                |
| B2               | 2                       | 2                       | 2                |
| B3               | 2                       | 2                       | 2                |
| ES               | -36                     | -36                     | -12              |
| R                | -D                      | -D                      | -B               |
| <b>Conclusão</b> | Significamente negativo | Significamente negativo | Pouco negativo   |

### Justificativas

Curtume A – a localização da indústria na zona urbana da capital acentua o impacto provocado pela emissão de odores inerentes ao processo de produção do couro.

Curtume B – semelhante ao curtume A.

Curtume C – a distância do aglomerado urbano bem como o tratamento mais eficiente dado aos seus resíduos, efluentes e emissões minimizam a magnitude do impacto em análise.

- II. Riscos à saúde do trabalhador – os riscos à saúde do trabalhador estão relacionados a exposição crônica dos mesmos a agente químicos nocivos.

| <b>Critérios</b> | <b>Curtume A</b>       | <b>Curtume B</b> | <b>Curtume C</b> |
|------------------|------------------------|------------------|------------------|
| A1               | 1                      | 1                | 1                |
| A2               | -3                     | -2               | -2               |
| B1               | 3                      | 3                | 3                |
| B2               | 2                      | 2                | 2                |
| B3               | 3                      | 3                | 3                |
| ES               | -24                    | -16              | -16              |
| R                | -C                     | -B               | -B               |
| <b>Conclusão</b> | Moderadamente negativo | Pouco negativo   | Pouco negativo   |

#### Justificativas

Curtume A – o não uso de EPIs por grande parte dos trabalhadores tornam este impacto mais acentuado.

Curtume B – a fiscalização é mais rigorosa quanto ao uso de EPIs.

Curtume C – semelhante ao curtume C.

#### *d) Componentes Econômicos/Operacionais (EO)*

- I. Geração de emprego e renda – indústrias como curtumes possuem uma cadeia produtiva grande e complexa capaz de movimentar a economia e gerar empregos diretos e indiretos.

| <b>Critérios</b> | <b>Curtume A</b> | <b>Curtume B</b> | <b>Curtume C</b> |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| A1               | 2                | 2                | 2                |
| A2               | 3                | 3                | 3                |
| B1               | 3                | 3                | 3                |
| B2               | 3                | 3                | 3                |

|                  |                             |                             |                             |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| B3               | 3                           | 3                           | 3                           |
| ES               | 54                          | 54                          | 54                          |
| R                | D                           | D                           | D                           |
| <b>Conclusão</b> | Significativamente positivo | Significativamente positivo | Significativamente positivo |

### Justificativas

Curtume A – a indústria tem importância singular na geração de emprego e renda no município em que está instalada.

Curtume B – semelhante ao curtume A.

Curtume C – semelhante ao curtume A.

- II. Desvalorização imobiliária – é consequência dos impactos ambientais negativos produzido pela indústria, desvalorizando os imóveis nas suas adjacências ou área de influência direta.

| <b>Crítérios</b> | <b>Curtume A</b> | <b>Curtume B</b> | <b>Curtume C</b>     |
|------------------|------------------|------------------|----------------------|
| A1               | 1                | 1                | 1                    |
| A2               | -2               | -2               | -1                   |
| B1               | 3                | 3                | 3                    |
| B2               | 3                | 3                | 3                    |
| B3               | 2                | 2                | 2                    |
| ES               | -16              | -16              | -8                   |
| R                | -B               | -B               | -A                   |
| <b>Conclusão</b> | Pouco negativo   | Pouco negativo   | Muito pouco negativo |

### Justificativas

Curtume A – devido aos impactos ambientais adversos inerentes a atividade coureira, os imóveis que estão nas adjacências acabam perdendo valor nos setor imobiliário.

Curtume B – semelhante ao curtume A.

Curtume C – devido a distância do aglomerado urbano, esse impacto é minimizado.

#### 4.3.2 Avaliação de Impactos Ambientais segundo o MAASPI

O método MAASPI, conforme já apresentado anteriormente, está estruturado em 6 etapas: preenchimento da Ficha de Identificação do Processo Produtivo (FIPP), mapeamento do processo produtivo, avaliação ambiental, identificação e priorização dos impactos ambientais negativos, geração dos cenários de melhoria e elaboração do plano de ação. No entanto, para este trabalho focou-se apenas na avaliação ambiental e na identificação e priorização dos impactos ambientais negativos referente ao curtume A, devido a maior facilidade de obtenção de informações (Tabela 17).

Tabela 17 - Matriz de avaliação ambiental das emissões do processo produtivo do curtume A

| Operação              | Emissões                              | Impacto   |  | Legislação  | Matriz de Risco |    |    | Efeito |               |
|-----------------------|---------------------------------------|---|--|---|-----------------|----|----|--------|---------------|
|                       |                                       | Local   | Global                                 |   | G               | FO | MC |        | P             |
| Remolho               | Efluentes líquidos                    | Risco de contaminação de corpo d'água receptor                                      | - Ecotoxicidade<br>- Toxicidade humana | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11.  | 3               | 5  | 2  | 30     | Significativo |
| Depilação/<br>Caleiro | Efluentes líquidos e gasosos          | Incômodos a população   | - Ecotoxicidade<br>- Toxicidade humana | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11;<br>- Não se encontrou legislação específica para os efluentes gasosos.                         | 4               | 5  | 2  | 40     | Significativo |
| Descarne              | Efluentes líquidos e resíduos sólidos | - Risco de contaminação de corpo d'água receptor<br>- Risco de contaminação do solo | - Risco de contaminação do solo        | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11;<br>- Armazenagem conforme NBR 12.235;<br>- Disposição final em aterro para resíduos perigosos. | 2               | 5  | 1  | 10     | Desprezível   |
| Descalcinação         | Efluentes líquidos                    | - Risco de contaminação de corpo d'água receptor                                    | - Ecotoxicidade<br>- Toxicidade humana | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11.  | 3               | 5  | 2  | 30     | Significativo |
| Purga                 | Efluentes líquidos                    | - Risco de contaminação de corpo d'água receptor                                    | - Ecotoxicidade<br>- Toxicidade humana | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11.  | 3               | 5  | 2  | 30     | Significativo |
| Piquelagem            | Efluentes líquidos                    | - Risco de contaminação de corpo d'água receptor                                    | - Ecotoxicidade<br>- Toxicidade humana | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11.  | 3               | 5  | 2  | 30     | Significativo |
| Curtimento            | Efluentes líquidos                    | - Risco de contaminação de corpo d'água receptor                                    | - Ecotoxicidade<br>- Toxicidade humana | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11.  | 4               | 5  | 2  | 40     | Significativo |
| Divisora              | Resíduos sólidos                      | - Risco de contaminação do solo   | - Risco de contaminação do solo        | - Armazenagem conforme NBR 12.235;<br>- Disposição final em aterro para resíduos perigosos.   | 3               | 5  | 1  | 15     | Reduzido      |
| Rebaixamento          | Resíduos sólidos                      | - Risco de contaminação do solo   | - Risco de contaminação do solo        | - Armazenagem conforme NBR 12.235;<br>- Disposição final em aterro para resíduos perigosos.   | 3               | 5  | 1  | 15     | Reduzido      |



|                            |                    |  |  |   |   |   |   |    |               |
|----------------------------|--------------------|--|--|---|---|---|---|----|---------------|
| Recurrimento               | Efluentes líquidos | - Risco de contaminação de corpo d'água receptor | - Ecotoxicidade<br>- Toxicidade humana | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11.  | 4 | 5 | 2 | 40 | Significativo |
| Tingimento                 | Efluentes líquidos | - Risco de contaminação de corpo d'água receptor | - Ecotoxicidade<br>- Toxicidade humana | - Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11.  | 4 | 5 | 2 | 40 | Significativo |
| Lixagem/<br>Desempenamento | Resíduos sólidos   | - Risco de contaminação do solo                  | - Risco de contaminação do solo        | - Armazenagem conforme NBR 12.235;<br>- Disposição final em aterro para resíduos perigosos. | 3 | 5 | 1 | 15 | Reduzido      |
| Aplicação de tinta         | Efluentes gasosos  | Incômodos a população                            | Toxicidade humana                      | - Não se encontrou legislação específica para os efluentes gasosos.                         | 2 | 5 | 3 | 30 | Significativo |
| Aplicação de laca          | Efluentes gasosos  | Incômodos a população                            | Toxicidade humana                      | - Não se encontrou legislação específica para os efluentes gasosos.                         | 2 | 5 | 3 | 30 | Significativo |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da Tabela 17 pode-se inferir que a maioria dos impactos ambientais adversos identificados em cada operação são significativos e necessitam de medidas mitigadoras emergenciais. Muitas delas, como já foi mostrado ao longo do trabalho, estão disponíveis na literatura científica. Por exemplo, para o curtume estudado, existem 3 publicações que tratam dos riscos e potencialidades do uso do seu lodo em práticas agrícolas, conforme pode ser conferido nos trabalhos de Silva et al. (2010), Santos et al. (2011) e Silva et al. (2014).

Neste contexto destaca-se ainda o trabalho de Quadro et al. (2013), cujo resultado mostra que o lodo de curtume apresenta maior degradabilidade que a serragem cromada e as aparas de couro, onde estas apresentam taxas de degradação semelhantes. A adição de nitrogênio aumenta as taxas de mineralização das aparas de couro e da serragem cromada; contudo, elas decompõem muito lentamente no solo, podendo ser consideradas com baixo efeito no ciclo do N no ambiente. No entanto, os resíduos de curtume podem ser utilizados como fonte de nutrientes, principalmente os lodos de curtume, promovendo a atividade microbiana do solo.

Embora limitado, o MAASPI mostrou-se um método que facilita a ação do empreendedor na mitigação de impactos, pois permite a identificação dos mesmos por processo, sua valoração e qualificação em uma única matriz.

Vale ressaltar, que esta avaliação ambiental foi simplificada e teve como objetivo apenas a ilustração da utilização do método, resta ainda a inclusão da estação de tratamento de efluentes, bem como o aterro de disposição de lodos como partes integrantes do processo de análise.

Levando-se em consideração o disposto no Quadro 4, o qual trata da priorização das intervenções ambientais e dos prazos para implementação de ações de melhoria, pode-se perceber que todos os prazos não passam de 60 dias, conforme a avaliação ambiental, o que demonstra a urgência das ações quando se trata de atividades tão impactantes adversamente em termos ambientais.

A análise de Termo de Ajuste de Conduta (TAC) a qual foi submetido o curtume A mostrou deficiência de gerenciamento quanto as boas práticas do setor industrial e o despreparo da justiça e dos órgãos públicos no trato da complexidade da questão ambiental envolvida. O conhecimento da complexidade do setor coureiro e do

processamento industrial do couro é condição *sine qua non* para uma avaliação completa dos impactos ambientais na indústria coureira.

Para isto construiu-se alguns cenários que deverão ser levados em consideração na aplicação dos métodos utilizados:

1. Curtume já instalado
  - a. Regularização ambiental – uso dos métodos RIAM seguido do MAASPI e suas respectivas adaptações;
  - b. Ampliação das atividades industriais – uso dos métodos Coope-Cosenza, RIAM, MAASPI e suas respectivas adaptações.
2. Curtume a ser instalado – uso dos métodos Coope-Cosenza, RIAM, MAASPI e suas respectivas adaptações.
3. Desativação de curtume – uso dos métodos RIAM seguido do MAASPI e suas respectivas adaptações.

A maioria dos curtumes brasileiros estão distantes de uma produção sustentável. No entanto, mesmo com um número limitado de pesquisadores, a academia científica tem se esforçado na busca por tecnologias e soluções que aproximem a indústria do couro da sustentabilidade.

Conforme Godecke et al. (2012), a análise das publicações relativas aos resíduos produzidos pela indústria curtidora demonstra que muito se avançou no estudo do tema, mas evidencia inúmeras oportunidades para novas investigações, que têm o desafio de reverter o atual quadro de depleção ambiental, resultado da baixa ecoeficiência dos processos industriais e incipiente aproveitamento econômico dos resíduos.

Câmara e Gonçalves (2007) afirmam que para seguir este caminho (sustentabilidade) de forma segura se faz necessário novos indicadores, e a mensuração dos custos ambientais passa a ser um instrumento vital para obter a adesão dos gestores quanto aos investimentos exigidos pela eco-eficiência demonstrando desta forma a validade da mudança de princípios produtivos através do ganho na minimização dos impactos ambientais e na sustentabilidade do negócio a médio e longo prazo.

Novos métodos estão surgindo a todo momento e as empresas de pequeno porte tem ganhado a atenção dos pesquisadores, por causa das suas dificuldades de se manterem no mercado e devido a sua importância, principalmente, na economia de países em

desenvolvimento. Nesse contexto, Sanz *et al.* (2015) apresentaram o método denominado de *Systematic Approach to Social Inclusion* (SASI), cuja abordagem permite a análise de potenciais mecanismos que apoiam a adoção de uma produção mais limpa. SASI foi desenvolvida utilizando microcurtidores na Colômbia durante um período de 8 anos.

## 5 CONCLUSÕES

A produção de couros é um dos processos industriais mais poluentes pois congrega as dificuldades técnica-operacionais que diversos outros ramos industriais possuem. A complexidade neste ramo industrial impôs dificuldades econômicas e tecnológicas para atingir os padrões ambientais mínimos e portanto estaria fadado ao fracasso dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável.

O que sustenta a indústria do couro é que a sua inexistência levaria a problemas ainda maiores de descartes dos couros bovinos do imenso rebanho brasileiro. Portanto, o problema deve ser enfrentado de frente por toda a sociedade e não apenas pelo setor coureiro. Tecnologias próprias devem ser desenvolvidas para o setor. Isto implica aporte de recursos financeiros em pesquisa básica e aplicada envolvendo universidades e indústrias.

Métodos e metodologias de avaliação de impactos ambientais e de desempenho ambiental devem ser criadas ou adaptadas a fim de se avaliar o seu comprometimento e adequação à legislação ambiental vigente.

Os resultados mostraram que os curtumes A e B, mesmo estando em plena atividade, estão localizados nas zonas urbanas de suas respectivas sedes municipais, o que pode ser um fator limitante para a atividade. Diferentemente, o curtume C está na zona rural e portanto, tem seus impactos no meio antrópico atenuados, especialmente quanto aos incômodos relacionados a emissão de maus odores.

Os impactos ambientais adversos são menores no curtume C quando comparados aos curtume A e B. Isto se deve às certificações que o mesmo possui, pois prevê auditorias periódicas e um controle mais rígido da emissão de poluentes.

Os métodos apresentados se mostraram eficazes, respeitando suas limitações e ordem de aplicação, para a avaliação simplificada de impactos ambientais em indústrias do couro. Vale ressaltar, que os mesmos devem ser adaptados conforme as especificidades de cada curtume.

## 6 REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington: American Public Health Association; AWWA; WPCF, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR ISO 14031: Gestão Ambiental: Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes*. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. *NBR ISO 14040: Gestão ambiental: Avaliação do ciclo de vida: Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. *NBR ISO 14044: Gestão ambiental: Avaliação do ciclo de vida: Requisitos e orientações*. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. *NBR ISO 16296: Couros: Princípios, critérios e indicadores para produção sustentável*. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. *NBR ISO 16297: Couros: Diretrizes para implementação da ABNT NBR 16.296*. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. *NBR ISO 16346: Diretrizes para auditoria em curtumes - Procedimentos de auditoria - Critérios de qualificação para auditores de curtumes*. Rio de Janeiro, 2015.

ABREU, J.C.H. *Capítulos de História Colonial: 1500-1800*. Brasília: Conselho Editorial do Senado Federal, 1998.

AGRA FILHO, S. S. Conflitos Ambientais e os Instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente. *eGesta*, v.4, n.2, p.127-140, 2008.

AL MALEK, S. A.; MOHAMED, A. M. O. Environmental impact assessment of off shore oil spill on desalination plant. *Desalination*, 185, p.9-30, 2005.

ALVES, V. E.L. As bases históricas da formação territorial piauiense. *Geosul*, Florianópolis, v. 18, n. 36, p 55-76, 2003.

ANDRIOLI, E.; PETRY, L.; GUTERRES, M. Environmentally friendly hide unhairing: Enzymatic-oxidative unhairing as an alternative to use of lime and sodium sulfide. *Process Safety and Environmental Protection*. n.93, p.9-17, 2015.

ARAÚJO, A. D. de. *Melhoramento da caprinocultura no Semiárido piauiense: relatório técnico 2005-2007*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007.

ARAVINDHAN, R. *et al.* Bioaccumulation of Chromium from Tannery Wastewater: An Approach for Chrome Recovery and Reuse. *Environmental Science & Technology*, n.38, p.300-306, 2004.

AZOM, M. R. *et al.* Environmental Impact Assessment of Tanneries: A Case Study of Hazaribag in Bangladesh. *International Journal of Environmental Science and Development*, v.3, n.2, 2012.

BACARDIT, A.; BURGH, S. V. D.; ARMENGOL, J.; OLLÉ, L. Evaluation of a new environmental friendly tanning process. *Journal of Cleaner Production*, n.65, p.568-573, 2014.

BAIN & COMPANY. *Potencial de diversificação da indústria química brasileira: Relatório 4 – Químicos para Couro*. 1. ed. Rio de Janeiro: Bain & Company, 2014.

BELAY, A. A. Impacts of Chromium from Tannery Effluent and Evaluation of Alternative Treatment Options. *Journal of Environmental Protection*, n.1, p.53-58, 2010.

BRAGA, B. *et al.* *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. *Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia*. Ministério da Educação, 2010.

\_\_\_\_\_. *Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos*. Ministério da Educação, 2012.

\_\_\_\_\_. *Lei Federal nº 6.938, 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. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.html](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.html)>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986*. Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7990, de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.html)>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997*. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e

dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm)>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA n° 313, de 29 de outubro de 2002*. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=335>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Lei Federal n° 11.211, de 19 de dezembro de 2005*. Dispõe sobre as condições exigíveis para a identificação do couro e das matérias-primas sucedâneas, utilizados na confecção de calçados e artefatos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11211.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11211.html)>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA n° 375, de 29 de agosto de 2006*. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA n° 380, de 31 de outubro de 2006*. Retifica o Anexo I da Resolução CONAMA n° 375/06. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2006\\_380.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2006_380.pdf)>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA n° 385, de 27 de dezembro de 2006*. Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo impacto ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=523>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Lei Federal n° 12.305, de 02 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. *Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.



CÂMARA, R. P. de B.; GONÇALVES FILHO, E.V. Análise dos custos ambientais da indústria de couro sob a ótica da eco-eficiência. *Custos e @gronegocio on line*, v. 3, n. 1, 2007.

CAMPOS, S. H. A indústria de couros no Brasil: desempenho superior ao da indústria calçadista em 2006. *Indicadores Econômicos*. FEE, Porto Alegre, v. 34, n. 2, p. 37-46, 2006.

CASSANO, A.; MOLINARI, R.; ROMANO, M.; DRIOLI, E. Treatment of aqueous effluents of leather industry by membrane processes. *Journal of Membrane Science*, 181, 2001.

CENTRO DAS INDÚSTRIAS DE CURTUMES DO BRASIL (CICB). *Estudo do Setor de Curtumes*. IEMI, 2012.

\_\_\_\_\_. *Brazilian Leather Book*. CICB/Apex Brasil, 2014.

\_\_\_\_\_. *Exportações de Brasileiras de Couros e Peles/Julho2014*. Disponível em: <<http://www.cicb.org.br/wp-content/uploads/2014/08/TOTAL-JUL14-VR.pdf>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

CEPRO. *Piauí em números*. 10 ed. Teresina, 2013.

CHOWDHURY, M.; MOSTAFA, M. G.; BISWAS, T. K.; MANDAL, A.; SAHA, A. K. Characterization of the Effluents from Leather Processing Industries. *Environ. Process*. P.173-187, 2015.

COELHO, E.; DI DOMENICO, D.; PFITSCHER, E. D. Análise de sustentabilidade ambiental: estudo de caso em uma fábrica de estofados. *RIC – Revista de Informação Contábil*, v.6, n.1, p.66-84, 2011.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA – 4ª REGIÃO. *Títulos Obrigatórios*. 2015. Disponível em: <[http://www.crq4.org.br/titulos\\_obrigatorios](http://www.crq4.org.br/titulos_obrigatorios)>. Acessado em 02 de novembro de 2015.

COOPER, M.; GUTERRES, M.; MARCÍLIO, N. Environmental Developments and Researches in Brazilian Leather Sector. *Society of leather Technologists and Chemists Journal*, v.95, 2011.

CORRÊA, A. R. O complexo coureiro-calçadista brasileiro. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 14, p. 65-92, set. 2001.

CRISTELLOTTI, M. *Localização de curtumes no Brasil através do modelo Copee-Cosenza de localização industrial*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRJ/COPPE, 2011.

DAUDT, R. H. S.; GRUSZYNSKI, C.; KÄMPF, A. N. Uso de resíduos de couro *wet-blue* como componente de substrato para plantas. *Ciência Rural*, v.37, n.1, 2007.

DEE, N. *et al.* An evaluation system for water resources planning. *Water Research*, v. 9, n. 3, p. 523-535, 1973.

EEN-PACT PROJECT. *Environmental impact and private and public opportunities for improvement in the LEATHER industry sector (UCV)*. Disponível em: <<http://www.eenpact.eu/en/content/d11d-environmental-impact-and-private-and-public-opportunities-improvement-leather-industry>>. Acessado em 07 de outubro de 2015.

EL-NAQA A. Environmental impact assessment using rapid impact assessment matrix (RIAM) for Russeifa landfill, Jordan. *Environmental Geology*, 2005.

EUROPEAN UNION. *Directive 76/769/EEC of the Council European Union*. Restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations. Official Journal of the European Union, 1976.

\_\_\_\_\_. *Directive 85/337/EEC of the Council of the European Communities*. On the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. Official Journal of the European Union, 1985.

\_\_\_\_\_. *Directive 96/61/EC of the Council European Union*. Concerning integrated pollution prevention and control. Official Journal of the European Union, 1996.

\_\_\_\_\_. *Directive 97/11/EC of the Council of the European Union*. Amending *Directive 85/337/EEC* on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. Official Journal of the European Union, 1997.

\_\_\_\_\_. *Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council*. On end-of life vehicles. Official Journal of the European. Official Journal of the European Communities, 2000.

\_\_\_\_\_. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament, Council and European Union*. Establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Union, 2000.

\_\_\_\_\_. *Guidance on EIA: Screening*. Office for Official Publications of the European Communities: Luxemburgo, 2001a.

\_\_\_\_\_. *Guidance on EIA: Scoping*. Office for Official Publications of the European Communities: Luxemburgo, 2001b.

\_\_\_\_\_. *Guidance on EIA: EIS Review*. Office for Official Publications of the European Communities: Luxemburgo, 2001c.

\_\_\_\_\_. *Directive 2002/61/EC of the European Parliament, Council and European Union*. Restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (azocolourants). Official Journal of the European Union, 2002.

\_\_\_\_\_. *Regulation (EC) 1774/2002 of the European Parliament, Council and European Union*. Laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption. Official Journal of the European Union, 2002.

\_\_\_\_\_. *Directive 2003/53/EC of the European Parliament, Council and European Union*. Restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (nonylphenol, nonylphenol ethoxylate and cement). Official Journal of the European Union, 2003.

\_\_\_\_\_. *Directive 2003/35/EC of the European Parliament and the Council of the European Union*. Providing for public participation in respect of the drawing up of certain plans and programmes relating to the environment and amending with regard to public participation and access to justice Council Directives 85/337/EEC and 96/61/EC. Official Journal of the European Union, 2003.

\_\_\_\_\_. *Regulation 1907/2006 of the European Parliament, Council and European Union*. Concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency. Official Journal of the European Union, 2006.

\_\_\_\_\_. *Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council*. On industrial emissions (integrated pollution prevention and control). Official Journal of the European Union, 2010.

\_\_\_\_\_. *Directive 2011/92/EU of the European Parliament and of the Council*. On the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment (codification). Official Journal of the European Union, 2011.

\_\_\_\_\_. *Commission Implementing Decision 2013/84/EU*. Establishing the best available techniques (BAT) conclusions under *Directive 2010/75/EU* of the European Parliament and of the Council on industrial emissions for the tanning of hides and skins Official Journal of the European Union, 2013.

\_\_\_\_\_. *Directive 2014/52/EU of the European Parliament and of the Council*. Amending *Directive 2011/92/EU* on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. Official Journal of the European Union, 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). *Inventário Nacional de Resíduos Sólidos – Etapa Rio Grande do Sul*. FEPAM/FNMA, 2002.

FERREIRA, O. P. *Nanotubos e nanobastões de óxidos e sulfetos de metais de transição obtidos via sistemas bidimensionais (lamelares): preparação, caracterização e propriedades*. Tese – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2006.

FREITAS, T. C. M.; MELNIKOV, P. O uso e os impactos da reciclagem de cromo em indústrias de curtume em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.11, n.4, Rio de Janeiro, 2006.

GANEM, R. S. *Curtumes: Aspectos Ambientais*. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2007.

GARTNER, I. R.; GAMA, M. L. S. Avaliação Multicriterial dos Impactos Ambientais da Suinocultura no Distrito federal: um estudo de caso. *Organizações rurais e agroindustriais*, Lavras, v. 7, n. 2, 2005.

GIANNETTI, B. F. *et al.* Multicriteria cost-benefit assessment of tannery production: the need for breakthrough process alternatives beyond conventional technology optimization. *Environmental Impact Assessment Review*, n.54, p.22-38, 2015.

GODECKE, M. V.; RODRIGUES, M. A. S.; NAIME, R. H. Resíduos de curtumes: estudo das tendências de pesquisa. *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.7, n.7, p.1357-1378, 2012.

GOGATE, P. R.; PANDIT, A. B. A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions. *Advances in Environmental Research*, 8, p.501-551, 2003.

GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS. *Estudo Prévio de Impacto Ambiental do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus – PROSAMIM*. Secretaria de Infraestrutura do Estado (SEINF), 2003.

GUTTERRES, M. Desenvolvimento Sustentável em Curtumes. *Revista Tecnicouro*, v.25, n.9, p.108-120, 2004.

\_\_\_\_\_. Tendências Emergentes na Indústria do Couro. *Boletín Técnico de La Asociación Química Española de Industria de Cuero*, Barcelona, v.57. n.1, p.22-27, 2006.

HASNAT, A.; RAHMAN, I.; PASHA, M. Assessment of Environmental Impact for Tannery Industries in Bangladesh. *International Journal of Environmental Science and Development*, v.4, n.2, 2013.

HU, J.; XIAO, Z.; ZHOU, R.; DENG.; WANG, M.; MA, S. Ecological utilization of leather tannery waste with circular economy model. *Journal of Cleaner Production*, v.19, p.221-228, 2011.

INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL (IPPC). *Reference documento on best available techniques for the tanning of hides and skins*. European Commission, Sevilha, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICO APLICADA (IPEA). *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais – Relatório de Pesquisa*. IPEA: Brasília, 2012.

ISLAM, B. I *et al.* Evaluation and Characterization of Tannery Wastewater. *Journal of Forest Products & Industries*, n.3, 2014.

- KANG, Y. W.; CHO, M.; HWANG, K. Correction of hydrogen peroxide interference on standard chemical oxygen demand test. *Water Research*, v. 33, n. 5, p. 1247-1251, 1999.
- KIBRET, F. D.; TULU, F. D. Socio-economic Impacts of Bahir Dar Tannery: Bahir Dar, Ethiopia. *Natural Resources and Conservation*, n.2, p.51-58, 2014.
- KILIÇ, E.; PUIG, R.; BAQUERO, G.; FONT, J.; ÇOLAK, S.; GÜLER, D. Environmental optimization of chromium recovery from tannery sludge using a life cycle assessment approach. *Journal of Hazardous Materials*, v.192, p.393-401, 2011.
- KIRIL, M. B.; KESTIOGLU, K. Application of Nanofiltration and Reverses Osmosis for Tanning Wastewater. *International Journal of Environmental Research*, n.8, p.-789-798, 2014.
- KRAEMER, T. H. *Modelo econômico de controle e avaliação de impactos ambientais*. 2002. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- KRISHNAMOORTHY, G.; SADULLA, S.;SEHGAL, P. K.; MANDAL, A. B. Green chemistry approaches to leather tanning process for making chrome-free leather by un natural amino acids. *Journal of Hazardous Materials*, 173-182, 2012.
- KUITUNEN, M.; JALAVA, K.; HIRVONEN, K. Testing the usability of the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) method for comparison of EIA and SEA results. *Environmental Impact Assessment Review*, 28, p. 312-320, 2008.
- LEE, C. K. *et al.* Application of titanate nanotubes for dyes adsorptive removal from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, v. 148, n. 3, p.756-760, 2007.
- LEOPOLD, L. B. *et al.* A procedure for evaluating environmental impact. *U.S. Geological Survey Circular*, v. 645, Washington, 1971.
- LERÍPIO, A. A. *Gaia – Um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais*. 2001. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- LOFRANO, G.; MERIC, S.; BELGIORNO, V. *Tannery Wastewater Treatment by Advanced Oxidation Processes*. In: BELGIORNO, V.; NADDEO, V.; RIZZO, L. Water, Wastewater, Soil Treatment by AOPs. SEED (Sanitary Environmental Engineering Division), Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno, Italy, 2011.
- LI, W.; XIE, Y.; HAO, F. Applying an improved rapid impact assessment matrix method to strategic environmental assessment of urban planning in China. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 46, p. 13-24, 2014.

LEATHER WORKING GROUP (LWG). *Protocolo de Auditoria Ambiental para a Indústria de Curtumes: Questionário de Auditoria*. LWG, 2012.

LUNK, H. Discovery, properties and applications of chromium and its compounds. *ChemTexts*, (2015).

MARTINS, L. M.; SILVA, C. E.; MOITA NETO, J. M. ; LIMA, A. S.; MOREIRA, R. F. P. M. Aplicação de Fenton, foto-Fenton e UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no tratamento de efluente têxtil sintético contendo o corante Preto Biozol UC. *Eng. Sanit. Ambient.*, v.16, n.3, 2011.

MARTINS, L. M.; MOITA NETO, J. M.; VIANA NETO, B. C. *Use of nanotubes in photocatalytic processes for organic matter removal in tannery wastewater*. In: XXXII Congress of the international union of leather technologists and chemist societies (IULTICS), 2013, Istanbul. Innovate your mind. Istanbul: Deri Teknologlari, Teknisyenleri ve Kimyacıları Derneği, 2013.

MARTINS, L. M.; MOITA NETO, J. M. A economia do couro no Piauí. *Informe Econômico (UFPI)*, v. 34, p. 61-67, 2015.

MELLA, B.; GLANERT, A. C.; GUTERRES, M. Removal of Chromium form tanning wastewater and its reuse. *Process Safety and Environmental Protection*. n.95, p.195-201, 2015.

MIRANDA, J, B. *et al.* Gerenciamento de resíduos em uma empresa fabricante e distribuidora de refrigerantes do sul do Brasil: Método GAIA. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v.3, n.2, 2011.

MONDAL M, DASGUPTA B. EIA of municipal solid waste disposal site in Varanasi using RIAM analysis. *Resource Conservation Recycling*, 2010.

MOREIRA, M. V.; TEIXEIRA, R. C. *Estado da arte tecnológico em processamento do couro: revisão bibliográfica no âmbito internacional*. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas, 2003.

PACHECO, J. W. F. *Curtumes*. (Série P + L). São Paulo: CETESB, 2005.

PASTAKIA, C.M.R.; JENSEN, A. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA. *Environmental Impact Assessment Review*. v.18, 1998.

PFITSCHER, E. D. *et al.* A situação de hospitais quanto ao gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais. *Cadernos Ebape*, v.5, n.3, 2007.

QUADRO, M. S. *et al.* Degradabilidade de resíduos de curtume no solo. *Scientia Plena*, v.9, n.7, 2013.

RAJAMANI, S; CASEY, P. SALAZAR, J. M; GUTTERRES, M. Desafios ambientales em la indústria del cuero Latinoamericana. *Tecnologia del Cuero*, v. 24, n. 81, 2012.

- REY, S. *et al.* O couro: contribuição na caprinocultura sustentável. *Archivos de Zootecnia*, v. 56 (Sup. 1): 731-736. 2007.
- RIVELA, B. *et al.* Life Cycle Assessment as a Tool for the Environmental Improvement of the Tannery Industry in Developing Countries. *Environmental Science & Technology*, v.38, n.6, 2004.
- RUPPENTHAL, J. E. *Perspectivas do Setor Couro do Estado do Rio Grande do Sul*. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- SANTOS, A. M. M. M. *et al.* *Panorama do Setor de Couro no Brasil*. BNDS Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 57-84, set. 2002.
- SANTOS, L. M. M. *Avaliação Ambiental de Processos Industriais*. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- SANTOS, J. A. *et al.* Tannery sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different soils. *European Journal of Soil Biology*, v.47, p.146-151, 2011.
- SAUER, T. P. *et al.* Advanced oxidation processes applied to tannery wastewater containing Direct Black 38 – Elimination and degradation kinetics. *Journal of Hazardous Materials*, v.B135, p.274-279, 2006.
- SANZ, M. *et al.* New approaches to cleaner production: applying the SASI method to micro-tanneries in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-9, 2015.
- SCHRANK, S. G.; JOSÉ, H. J.; MOREIRA, R. F. P. M.; SCHRÖDER, H. Fr. Elucidation of the behavior of tannery wastewater under advanced oxidation conditions. *Chemosphere*, p.411 – 423, 2004.
- SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Resolução CONSEMA nº 128/2006*. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.sop.rs.gov.br/download/2015052009285420130628115845/resolucao\\_consema\\_n\\_128\\_2006\\_fixacao\\_de\\_padroes\\_de\\_emissao\\_de\\_efluentes\\_liquidos.pdf](http://www.sop.rs.gov.br/download/2015052009285420130628115845/resolucao_consema_n_128_2006_fixacao_de_padroes_de_emissao_de_efluentes_liquidos.pdf)>. Acessado em 07 de outubro de 2015.
- SENAI/RS. *Produção mais limpa no processamento de couro vacum*. Porto Alegre: UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas/SENAI, 2003.
- SILVA, P. R. S.; AMARAL, F. G. MAICAPI – Metodologia para avaliação de impactos e custos ambientais em processos industriais: estudo de caso. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, n. 3, 2006.

SILVA, J. D. C. *et al.* Effect of different tannery sludge compost amendment rates on growth biomass accumulation and yield responses of *Capsicum* plants. *Waste Management*, v.30, p.1976-1980, 2010.

SILVA, P. R. S.; AMARAL, F. G. Modelo para Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais – MAASPI – aplicação em uma fábrica de esquadrias metálicas. *Gestão e produção*, São carlos, v.18, n.1, 2011.

SILVA, R. C. *et al.* Potencial of *Wet Blue* letaher waste for ruminant feeding. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.4, p.1070-1073, 2012.

SILVA, M. D. M. *et al.* Soil Microbial Biomass After Three-Year Consecutive Composted Tannery Sludge Amendment. *Pedosphere*, v.24, n.4, p.469-475, 2014.

SILVEIRA, M. L. G.; PFITSCHER, E. D. Sustentabilidade ambiental analisada da parte de uma empresa do setor elétrico. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.5, n.1, p.163-189, 2012.

SIMON, F.; LÖFF, J. F. ; KRUSCHE, F. B.; SILVA, C. E. Estudo da degradação do corante Blue L por Processos Oxidativos Avançados. In: VII Congresso Brasileiro de Engenharia Química - IC, 2007, São Carlos. *Anais do VII Congresso Brasileiro de Engenharia Química - IC*. São Carlos, v. 1. p. 1-6, 2007.

SIRACUSA, G.; LA ROSA, A. D.; STERLINI, S. E. A new methodology to calculate the environmental protection index ( $E_p$ ). A case study applied to a company producing composite materials. *Journal of Environmental Management*, v.73, p.275-284, 2004.

SHAKIB-MANESH, T. E.; HIRVONEN, K. O.; JALAVA, K. J.; ÅLANDER, T.; KUITUNEN, M. T. Ranking of small scale proposals for water system repair using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM). *Environmental Impact Assessment Review*, v.49, p.49-56, 2014.

SHREVE, N. R.; BRINK JR, J. A. *Indústria de Processos Químicos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

SOUZA, L. A.; MUNIZ, A. L. P. Os Fatores Determinantes da Localização das Indústrias Goianas. *Revista CEPPG*, n. 23, 2010.

STADLER, A. *et al.* Indicadores de sustentabilidade nas organizações: a aplicação do Método Gaia de gerenciamento de impactos ambientais em uma empresa metalúrgica do Sudoeste do Paraná. *Revista ADMpg Gestão Estratégica*, v.7, n.1, p.97-105, 2014.

SUNDAR, V. J.; RAO, J.R.; MURALIDHARAN, C. Cleaner chrome tanning – emerging options. *Journal of Cleaner Production*, 10, 2002.

TÜNAY, O. *et al.* Characterization and Pollution Profile of Leather Tanning Industry in Turkey. *Waste Management Problems in Agro-Industries*, v.32, p.1-9, 1995.



UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). *Livestock and Poultry: World Markets and Trade*. Foreign Agricultural Service, 2015. Disponível em [http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.PDF](http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.PDF). Acessado em 01 de novembro de 2015.

UNITED STATES INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). *Introduction to treatment of tannery effluents: what every tanner should know about effluente treatment*. UNIDO: Viena, 2011.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*. Scientific Applications International Corporation (SAIC). EPA/600/R-06/060: Ohio, 2006.

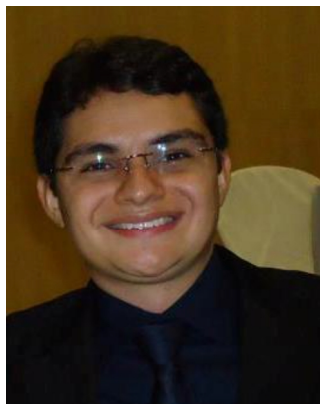
VANZIN, E. et al. Análise dos impactos ambientais do uso do biogás de aterros sanitários para a geração de energia elétrica: aplicação no aterro metropolitano Santa Tecla. *Revista de Ciências Ambientais*, v.3, n.2, p.27-48, 2009.

VERDUM, R. & MEDEIROS, R.M.V. (org.) *Relatório de impacto ambiental: legislação, elaboração e resultados*. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS, 2006.

VIANA, B. C. *Propriedades estruturais e vibracionais de nanotubos e nanofitas de titanato*. Tese – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Física, Fortaleza, 2009.

ZAMFIROIU, E.; MASU, S. Aspects regarding the efficiency of coagulation process for some surface Waters. *Chem. Bull. "POLITEHNICA" Univ. (Timișoara)*, v. 52(66), 1-2, 2007.

## SOBRE O AUTOR



### Formação Acadêmica

#### 2005 - 2007

Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental. Instituto Federal do Piauí, IFPI, Brasil.

Título: Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba do Ponto de Vista da Hidrossedimentologia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Borges da Cunha.

#### 2008 - 2009

Especialização em Gerenciamento de Recursos Ambientais. Instituto Federal do Piauí, IFPI, Brasil.

Título: Da Revolução Verde à Agroecologia: uma ruptura de paradigma.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Borges da Cunha.

#### 2009 - 2011

Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí, UFPI, Brasil, com período sanduíche na Universidade Federal de Santa Catarina (Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regina de Fatima Peralta Muniz Moreira).

Título: Estudo da aplicação de Processos Oxidativos Avançados no tratamento de efluentes têxteis visando o seu reuso. Ano de Obtenção: 2011.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Ernando da Silva.

#### 2011-2015

Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí, UFPI, Brasil.

Título: Avaliação de Impactos Ambientais em Curtumes.

Orientador: Prof. Dr. José Machado Moita Neto.

### Atuação Profissional

Sócio-Administrador da empresa de consultoria ambiental Arqueo-Ambiental Ltda, desde 2013. Coordenador e fundador do primeiro curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Piauí e do Centro Universitário UNINOVAFAPI.

### Contato

E-mail: [leonardomartins@uninovafapi.edu.br](mailto:leonardomartins@uninovafapi.edu.br)

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0189551205332138>