

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

**DESIGN DE SUPERFÍCIE: ESTUDO COMPARATIVO DE PROCESSOS DE
ESTAMPARIA TÊXTIL SOB ENFOQUE AMBIENTAL**

NATHALIA ALBORGHETTI CARVALHO

Porto Alegre

2016

NATHALIA ALBORGHETTI CARVALHO

**DESIGN DE SUPERFÍCIE: ESTUDO COMPARATIVO DE PROCESSOS DE
ESTAMPARIA TÊXTIL SOB ENFOQUE AMBIENTAL**

**Dissertação apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Design da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul como pré-requisito para
a obtenção do título de Mestre em Design.**

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Evelise Anicet Rüttschilling

Porto Alegre

2016

CIP - Catalogação na Publicação

Alborghetti Carvalho, Nathalia
DESIGN DE SUPERFÍCIE: ESTUDO COMPARATIVO DE
PROCESSOS DE ESTAMPARIA TÊXTIL SOB ENFOQUE AMBIENTAL
/ Nathalia Alborghetti Carvalho. -- 2016.
138 f.

Orientadora: Evelise Anicet Rùthschilling.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. estampaia têxtil. 2. sustentabilidade. 3.
design de superfície. 4. design de moda. I. Anicet
Rùthschilling, Evelise, orient. II. Título.

NATHALIA ALBORGHETTI CARVALHO

DESIGN DE SUPERFÍCIE: ESTUDO COMPARATIVO DE PROCESSOS DE
ESTAMPARIA TÊXTIL SOB ENFOQUE AMBIENTAL

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Design e aprovado em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 20 de março de 2016.

Prof. Dr. Régio Pierre da Silva
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Evelise Anicet Rùthschilling
Orientadora
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Dr.^a Jocelise Jacques de Jacques
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Dr.^a Anne Anicet
UNIRITTER Laureate International Universities

Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos
Universidade Federal do Paraná

Dedico esta dissertação à minha Mãe Ana, ao meu Pai Renato, ao meu Irmão Bruno, à minha cunhada Aline e a todos os meus amigos pela compreensão nos momentos de ausência e pelo apoio constante.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Design – PGDESIGN, pela oportunidade de realizar esta dissertação em minha área de pesquisa.

À Prof.^a Dr.^a Evelise Anicet Rùthschilling, pela orientação e conhecimento frente ao trabalho realizado.

Aos colegas do PGDESIGN, pelo auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso e apoio na revisão final.

À CAPES, pela provisão da bolsa de mestrado.

Às empresas que participaram deste estudo.

RESUMO

Esta dissertação tem como objeto de estudo os processos de transferência de imagens para substratos têxteis destinados à confecção de roupas de moda e vestuário sob enfoque ambiental. Hoje a moda é uma poderosa indutora de consumo, sendo a estampa um de seus mais importantes recursos. A etapa de beneficiamento têxtil – chamada de estamparia – consome grandes volumes de recursos naturais e de produtos químicos nocivos ao meio ambiente e à saúde do prestador de serviço. Nesse cenário, analisam-se os impactos ambientais através das principais entradas de matéria-prima – água, produto químico e energia – e saídas – resíduos e efluentes – provenientes dos processos de estamparia mais usados atualmente na indústria têxtil brasileira: serigrafia, impressão digital por sublimação e impressão digital a jato de tinta, nos formatos localizado e corrido. O estudo visa obter um indicativo ambiental dos processos de transferência de desenho para superfície têxtil de produtos de moda. Os resultados auxiliam designers e empresários na escolha de métodos de impressão sobre tecidos para produzirem artigos de moda alinhados aos conceitos do desenvolvimento sustentável. Para tanto, realizou-se pesquisa de natureza qualitativa aplicada, com métodos de caráter exploratório, pesquisa bibliográfica, documental e eletrônica, e por observação *in loco*, através de visitas técnicas às empresas. Como instrumento de sistematização dos dados coletados desenvolveu-se uma ferramenta baseada em aspectos selecionados da normativa de padronização ISO 14040 – *International Organization for Standardization* – e da ferramenta *Sustainability Design Orienting Toolkit* – SDO –, de Vezzoli (2010), que orienta o processo de *design* para soluções sustentáveis. Como resultado, expõem-se os métodos de impressão menos impactantes na saúde do trabalhador e no meio ambiente, evidenciando que certas etapas de processos de estamparia têxtil, pensadas sob o viés ecológico, fazem parte da realidade de empresas de médio e grande porte, embora se encontrem distantes da realidade das micro e pequenas empresas. A inserção de ações de sustentabilidade nas etapas dos processos de estamparia tem potencial a ser explorado, além de ser de grande valia na busca pelo consumo de roupas de moda de cunho ético.

Palavras-chave: estamparia têxtil, sustentabilidade, design de superfície, design de moda.

ABSTRACT

This dissertation focus on the processes of image transference to textile substrates destined to fashion clothing production under environmental focus. Nowadays fashion is a powerful inducing consumption and patterns are one of its most important resources. The textile-processing step – called stamping – consume large amounts of natural resources and chemicals harmful to the environment and health of the service provider. In this scenario, the environmental impacts are analyzed through the main entrances of raw material – water, chemical and energy – and outputs – waste and effluents – from the most usual printing processes currently in the Brazilian textile industry: silkscreen, dye-sublimation printing and digital ink jet printing, located in and run formats. The study aims to obtain an environmental indicative of the design transfer processes for textile surface fashion products. The results help designers and entrepreneurs to choose tissue-printing methods to produce fashion items aligned with the concepts of sustainable development. Thus, there was qualitative applied research, with exploratory methods, bibliographical, documentary and electronic research and on-site observation, through technical visits to companies. As the collected data systematization instrument it was developed a tool based on selected aspects of the standardization of rules ISO 14040 – International Organization for Standardization – and the Design and Sustainability Orienting Toolkit – SDO – of Vezzoli (2010) that guides the design process for sustainable solutions. As results, printing methods with less impact on the workers health and the environment are shown, demonstrating that certain stages of textile printing process analyzed from an ecological bias are reality of medium and large companies, but far from the reality of micro and small businesses. The inclusion of sustainable initiatives in the stages of printing processes has potential to be explored, as well as being of great value for ethical fashion consumption.

Keywords: textile printing, sustainability, surface design, fashion design.

Lista de Figuras

Figura 1: Interações das grandes áreas de conhecimento	23
Figura 2: Ação de marketing C&A - serigrafia	30
Figura 3: Camiseta impressa por serigrafia	31
Figura 4: Serigrafia por quadro	31
Figura 5: Mesas para impressão de serigrafia	34
Figura 6: Soprador serigráfico	34
Figura 7: Estufa térmica	35
Figura 8: Carrossel serigráfico	36
Figura 9: Impressão linear automática.....	36
Figura 10: Serigrafia rotativa.....	38
Figura 11: Estamparia digital.....	43
Figura 12: Sublimação por prensa	45
Figura 13: Sublimação por calandra.....	48
Figura 14: Impressão digital jato de tinta.....	50
Figura 15: <i>Shirt for Life</i>	73
Figura 16: <i>Zero waste</i> (Daniel Silverstein).....	74
Figura 17: Tela de radar ambiental, ferramenta SDO.....	83
Figura 18: Tópico “orientar conceitos” SDO.	84
Figura 19: Radar - impressão a jato de tinta	112
Figura 20: Radar - sublimação.....	114
Figura 21: Radar - serigrafia.....	116

Lista de Quadros

Quadro 1: Resumo de processos de estamperia	55
Quadro 2: <i>Check list</i>	86
Quadro 3: Impressão digital a jato de tinta DTG	89
Quadro 4: Impressão digital a jato de tinta corrida	93
Quadro 5: Sublimação por prensa	95
Quadro 6: Sublimação por calandra	99
Quadro 7: Serigrafia a quadro plano manual.....	102
Quadro 8: Serigrafia por cilindro	105
Quadro 9: Resumo dos dados coletados	109
Quadro 10: Indicativo de processos ambientalmente amigáveis.....	120

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Cadeia produtiva têxtil.....	19
Gráfico 2: Fluxo de processo de gravação da tela de serigrafia	33
Gráfico 3: Fluxo do processo de serigrafia a quadro manual, carrossel e automático	37
Gráfico 4: Fluxo de processo da serigrafia rotativa.....	39
Gráfico 5: Fluxo de processo de gravação do cilindro serigráfico	40
Gráfico 6: Fluxo de processo da gravação de cilindro por aplicação de cera.....	41
Gráfico 7: Fluxo de processo da impressão do papel sublimático.....	46
Gráfico 8: Fluxo de processo de sublimação por prensa	47
Gráfico 9: Fluxo de processo de sublimação por calandra	49
Gráfico 10: Fluxo de processo de impressão a jato de tinta DTG	53
Gráfico 11: Fluxo de processo de impressão a jato de tinta corrido.....	54
Gráfico 12: Estratégias para processos sustentáveis.....	71
Gráfico 13: Etapas da análise do ciclo de vida	80
Gráfico 14: Análise do inventário.....	81

Lista de Tabelas

Tabela 1: Tipo de poluição resultante do uso de corantes	62
---	----

Sumário

1. Introdução	15
1.1 Contextualização	16
1.2 Justificativa	20
1.3 Delimitação do tema	23
1.4 Questão norteadora	24
1.5 Problema de pesquisa	24
1.6 Objetivo geral	24
1.7 Objetivos específicos	24
1.8 Metodologia	25
2. Fundamentação teórica	27
2.1 Publicações base para o desenvolvimento do estudo	27
2.2 Processos de transferência de desenho para substrato têxtil	28
2.1.1 Serigrafia	29
2.1.2 Estamparia digital	42
2.1.3 Materiais	56
2.1.4 Impacto ambiental dos processos de estamparia	60
2.2.5 Tratamento de efluentes	64
2.2.6. Uso de recursos energéticos	65
2.2.7 Ambiente de trabalho	66
2.3 Estratégias e ferramentas para alcançar a sustentabilidade	68
2.3.1 Desenvolvimento sustentável	68
2.3.2 Estratégias para processos de manufatura têxtil mais sustentável	71
2.2.2 Legislação e Certificações	75
2.2.3 Análise do Ciclo de Vida (ACV)	78
2.2.4 <i>Sustainability Design Orienting toolkit</i> (SDO)	82
3. MÉTODO DE PESQUISA	85
4. COLETA DE DADOS	89
4.1 Empresa A: Impressão digital a jato de tinta – DTG	89
4.2 Empresa B: Impressão digital a jato de tinta corrida	93
4.3 Empresa C: Sublimação por prensa	95
4.4 Empresa D: Sublimação por calandra	98
4.5 Empresa E: Serigrafia por quadro plano	101
4.6 Empresa F: Serigrafia por cilindro	105

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	111
5.1 <i>Impressão digital a jato de tinta DTG e corrido (empresas A e B)</i>	111
5.2 <i>Sublimação por prensa e calandra (empresas C e D)</i>	112
5.3 <i>Serigrafia a quadro manual e serigrafia por cilindro (empresas E e F)</i>	115
5.4 <i>Processos de estamperia formato localizados (empresas A, C e E)</i>	117
5.5 <i>Processos de estamperia no formato corrido (empresas B, D e F)</i>	118
5.6 <i>Avaliação do método de pesquisa aplicado</i>	121
6. CONCLUSÃO	122
7. BIBLIOGRAFIA	124

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação concentra-se no estudo de processos de estamperia voltados para produtos de moda, com o objetivo de obter um indicativo ambiental a partir da comparação de processos de estamperia têxtil para moda, considerando os impactos ambientais dos métodos mais encontrados na indústria têxtil brasileira: a serigrafia e a impressão digital — sublimação e a jato de tinta —, abrangendo os formatos de estamperia localizada e corrida. Abordam-se apenas os processos de estamperia industriais, em que há controle sobre o desenho a ser transferido. Já os métodos de tingimento industrial que conferem cor e texturas abstratas, nos quais o controle da estampa final é reduzido, como o marmorizado, não são considerados, nesta investigação, processos de transferência de desenho para superfície têxtil, de modo que não são abordados.

De caráter exploratório, este estudo aplicado alicerça-se em pesquisa bibliográfica, documental e eletrônica da área de moda, engenharia têxtil, *design* de superfície e desenvolvimento sustentável. O problema de pesquisa é qualificado com estudos de caso *in loco* em indústrias de estamperia têxtil dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Para o tratamento dos dados coletados, a pesquisa bibliográfica, documental e eletrônica mostrou a possibilidade de utilizar aspectos da normativa ISO 14040¹ — Análise do Ciclo de Vida — e da ferramenta *Sustainability Design Orienting toolkit* (SDO), de Vezzoli (2010). Para essa etapa, elaborou-se um *check list*, tendo como princípio fases dessas ferramentas, englobando o âmbito ambiental e o ambiente de trabalho na indústria, permitindo identificar etapas com potencial poluidor, avaliando seus impactos e aproximando esta pesquisa da realidade da indústria têxtil brasileira. Coletaram-se dados sobre impactos relativos ao consumo de água, energia elétrica, uso de produto químico, geração de resíduos e efluentes e aspectos do ambiente de trabalho do prestador do serviço de estamperia.

A ISO 14040 objetiva quantificar e avaliar custos ambientais e potenciais impactos, considerando as fases do ciclo produtivo de um produto. Nesta pesquisa, usa-se a estrutura gráfica do inventário para desenvolver o fluxo dos processos e identificar quais recursos são empregados e o que se torna resíduo ao fim do processo de estamperia. A partir dessa representação gráfica, é possível visualizar quais os critérios a serem analisados nas visitas *in loco*. Assim, este estudo não se caracteriza como uma análise do ciclo de vida, ao passo que

¹ *International Organization for Standardization* – organização internacional que integra normativas de padronização.

não quantifica os recursos elencados nos fluxos de processo, e sim, utiliza a etapa de inventário como princípio para a confecção da ferramenta de coleta de dados.

Nesta pesquisa, o fluxo de produto, matéria-prima ou energia que entra ou deixa um processo produtivo é denominado de entradas e saídas. A matéria-prima é o artefato primário ou secundário utilizado no processo produtivo. Este, por sua vez, é considerado o conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam entradas em saídas (ABNT ISO 9000: 2005).

A ferramenta *Sustainability Design Orienting toolkit* (SDO), elaborada por Vezzoli (2010), tem o objetivo de orientar os designers na criação de sistemas sustentáveis, auxiliar na definição de prioridades, dando oportunidade para visualizar, através de uma representação gráfica (radar), possíveis melhorias no sistema estudado. A ferramenta engloba os três níveis de sustentabilidade: econômico, ambiental e socioético. Neste estudo, utilizam-se os aspectos relacionados ao ambiente de trabalho das indústrias de estamparia, para o desenvolvimento da ferramenta de coleta de dados, e o radar disponível na ferramenta, para auxiliar na comparação dos processos estudados.

Objetiva-se também registrar a realidade da indústria de estamparia regional, apoiar os designers de superfície, confeccionistas e profissionais de moda na tomada de decisão acerca do processo industrial a ser empregado nos projetos de estamparia têxtil para a moda. Visa também fomentar a reflexão dos diversos envolvidos nesse processo para que se desenvolvam novas tecnologias, ideias e, por consequência, novos produtos, de forma a minimizar os prejuízos causados no meio ambiente.

1.1 Contextualização

O *design* de superfície, uma das áreas do *design*, é entendido como uma atividade criativa do projeto que se ocupa com a estética, a função e a estrutura da superfície de um produto, adequadas ao processo produtivo e ao público a que se destina. Abrange várias especialidades como *design* têxtil, cerâmico, de estampas, entre outros, compreendendo a superfície da maioria dos objetos com os quais interagimos no dia a dia.

Superfícies delimitam formas e podem ser compreendidas como objeto ou parte dele, desde que sua largura e comprimento sejam superiores à espessura, apresentando resistência física e, logo, existência (RÜTHSCHILLING, 2008). Deste modo, todo objeto tem superfície, passível, portanto, de ser projetada pelo designer.

Na indústria têxtil, sua atuação é percebida em vários elos: o designer têxtil envolve-se com os atributos dos fios; o de superfície ocupa-se dos atributos dos tecidos e das estampas impressas sobre o tecido; e o designer de moda, no último nível, define a configuração da roupa.

Os desenhos, imagens, formas e texturas são os elementos que deverão compor a estampa. Na criação da estampa corrida, o módulo se repete e se encaixa, fazendo com que o tecido fique inteiramente com o mesmo visual, criando a estampa. Exige atenção a conceitos básicos, como harmonia entre os motivos, prevendo os pontos de encontro dos módulos (contiguidade), sua propagação (continuidade) e seu sistema de repetição. Os motivos são os elementos gráficos (formas, figuras, texturas) que podem ou não se repetir dentro do módulo, sendo este a menor unidade que inclui todos os elementos visuais ou motivos que configuram a composição. Por repetição ou *rapport* entende-se a colocação dos módulos no comprimento e na largura, configurando o padrão. Logo, o sistema de repetição é a lógica de colocação desses módulos ou repetição adotada, que pode ter as mais variadas lógicas, com a repetição alinhada, rotação, translação, reflexão, deslocamento, etc. Ao se mudar o sistema de repetição, altera-se também a composição final. Na criação da estampa localizada não é necessário o uso de módulos, o desenho possui dimensões pré-determinadas e ocupa apenas uma área do tecido.

No projeto de estampas, além da atenção aos motivos, módulos e encaixes, a adequação aos processos produtivos de estamparia é primordial para o seu sucesso. Cada processo possui especificidades próprias da engenharia têxtil (uma das áreas de conhecimento desta pesquisa), como o tipo de fibra, de corante, de pigmento, de tinta, etc.

Neves (2000) define a estamparia como o conjunto de métodos e processos de transferência de desenho para a superfície de substratos têxteis. Já Laschuk e Rüttschilling, de forma mais ampla, conceituam-na como o:

conjunto de processos de impressão, utilizado de forma individual ou associada, responsável pela reprodução de desenhos, imagens, formas e texturas sobre a superfície do substrato têxtil através de corantes, pigmentos, tintas e produtos químicos corrosivos (coloridos e de fibras) e isolantes (LASCHUK e RÜTHSCHILLING, 2015, p. 5).

A partir dessa definição, surge também a preocupação dos impactos que esses processos poderão causar ao meio ambiente. A etapa de estamparia gera resíduos que nem sempre recebem o tratamento adequado, poluindo o meio ambiente. Salcedo (2014) aponta que cerca de 20% de toda a água contaminada que sai das indústrias do planeta é resultado apenas da

indústria têxtil, que utiliza cerca de 387 bilhões de litros de água potável por ano. O mesmo setor é responsável igualmente por 10% das emissões de gás carbônico (CO₂). Além disso, responde por 5% do descarte de resíduos sólidos por ano em países como os EUA. Salcedo destaca também as condições de trabalho insalubres e inseguras, sem contar o excesso de produtos tóxicos que afetam a saúde das pessoas que trabalham nesse ramo.

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) publicou, em 1986, a definição de impacto ambiental por qualquer alteração física, química ou biológica do meio ambiente, proveniente de ações humanas, que afetam direta ou indiretamente a saúde, sua segurança e bem-estar, bem como suas atividades econômicas, as condições e a qualidade dos recursos naturais. Ou seja, qualquer matéria depositada pelo homem no meio ambiente, como papel e água residual industrial, que possa afetar a harmonia do ecossistema e agredir a saúde humana, é considerada um impacto ambiental.

De acordo com dados da SOS Mata Atlântica, divulgados em 2011, a qualidade da água em 28% dos rios brasileiros é ruim, 4% péssima e 68% regular, sendo que não foram encontrados casos em que estivesse boa ou ótima. Aproximadamente há vinte anos esses rios recebiam poluição originada principalmente da indústria. Entretanto, esse panorama mudou. Hoje, observa-se que 70% dos poluentes provêm do esgoto doméstico e 30% do lixo. É possível relacionar parte do volume de poluentes do esgoto doméstico aos resíduos gerados na lavagem de peças de roupa, como sabão, corantes e pigmentos que não se esgotam no momento da estamparia. Nota-se a necessidade de preservar os recursos existentes de forma a permitir que a atual e as futuras gerações possam desfrutar das belezas e benefícios existentes na natureza.

A cadeia produtiva têxtil é composta de vários processos complexos em que o resultado final de uma etapa é matéria-prima para a próxima (LASCHUK e RUTHSCHILLING, 2015). Por exemplo, o algodão colhido é processado, produzindo filamentos que serão matéria-prima para a etapa de fiação, depois os fios são tecidos e posteriormente tramados (etapa de tecelagem), resultando no tecido. A partir da tecelagem, o tecido passa por processos de limpeza e de preparação para receber acabamentos, o tingimento e/ou processos de estamparia, sendo enviado finalmente para a confecção, como se evidencia no Gráfico 1. O Gráfico 1b detalha o processo de beneficiamento, abrangendo etapas importantes anteriores à estamparia, como a preparação e o tingimento do tecido.

Gráfico 1: Cadeia produtiva têxtil

Fonte: LASCHUK E RUTHSCHILLING, 2015.

A estamparia também pode ser inserida na fase de confecção, com a peça de roupa recortada no molde, ou com a peça já pronta com estampas geralmente encontradas no formato localizado. As etapas de preparação do tecido para o recebimento da estampa e os estágios finais de fixação e lavagem são responsáveis pelo uso elevado de água e energia elétrica (BLACKBURN, 2009). O uso de produtos químicos impacta na poluição da água e na saúde do prestador de serviço e do consumidor final, mesmo que em menor escala para este último. Entender esse cenário e os impactos que essa etapa produz contribui para tornar a indústria menos nociva ao ambiente.

Produtos de moda estampados são produzidos em massa e a estampa é utilizada como forma de diferenciação no mercado. Berlim (2012) afirma que, como bens de primeira necessidade, produtos têxteis são criados com custo acessível à grande parte da população, de modo que seus impactos ambientais são igualmente volumosos. Portanto, entender a realidade da indústria têxtil e a maneira como interage com o meio ambiente dão ao designer e ao empresário informações essenciais na construção de produtos sustentáveis.

A indústria têxtil vem sofrendo com as exigências do mercado atual, com prazos mais curtos, com a necessidade de redução de custos e com a legislação mais rígida. Adotar boas práticas ambientais, como a otimização do uso de matéria-prima, recursos naturais e o tratamento de efluentes, são formas de suprir essas exigências, agregar valor ao produto e contribuir para a mudança desse cenário. Outro fator que exerce influência na evolução das ações sustentáveis é a legislação. No Brasil, diversas leis nacionais, estaduais e municipais pressionam empresários a adotar ações que visam minimizar ou anular os impactos gerados

pelas indústrias têxteis. Tratar efluentes e resíduos provenientes desses processos, por força da lei, colabora para que outras ações sustentáveis sejam pensadas, ampliando a visão de sustentabilidade da empresa.

A organização britânica sem fins lucrativos *Forum for the Future*, que se ocupa em buscar soluções sustentáveis para problemas complexos, afirma que todas as etapas da cadeia têxtil compõem um ciclo não sustentável, sendo, portanto, passíveis de análise, na tentativa de identificar as etapas poluidoras e traçar metas com vistas à diminuição dos impactos ambientais.

Existem várias ferramentas que podem ser utilizadas para ampliar a visão sustentável dentro da empresa. Eco-ferramentas, como a Análise do Ciclo de Vida (ACV), tornam-se grandes aliadas na produção sustentável (CÂMARA e GONÇALVES FILHO, 2007). Esse tipo de análise detecta, quantifica e avalia os impactos gerados na produção de um bem ou serviço, contribuindo para a tomada de decisão quanto à busca por produtos sustentáveis. Dentre as etapas da ACV, a identificação de entradas e saídas do processo produtivo de um produto — etapa aplicada neste estudo — contribui para o entendimento do processo como um todo, analisando a matéria-prima e seu resíduo. Por exemplo, elencar em quais etapas o gasto de matéria-prima tóxica é mais significativo auxilia no planejamento de ações com menos impacto no meio ambiente.

Os contextos apresentados colaboram para a construção desta investigação, que objetiva comparar processos industriais usuais de estamperia sob um enfoque ambiental, a fim de auxiliar designers e empresários na busca de uma cadeia produtiva menos agressiva ao meio ambiente e às pessoas, e também a expor dados sobre a poluição gerada pelos processos têxteis. É um passo para que o consumidor final tenha conhecimento sobre o impacto ambiental da indústria por ele fomentada.

1.2 Justificativa

O setor têxtil vem sofrendo queda na produção devido às crises financeira e política ocorridas nos últimos anos no Brasil. Dados da ABIT — Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecções — indicam redução de 22,5% na produção de têxteis referente ao período de setembro de 2014 a setembro de 2015². De acordo com a associação, em 2011, o setor foi responsável pela produção de 9,8 bilhões de peças. Todavia, em 2015, esse número

² Dados disponíveis em: www.abit.org.br/n/producao-industrial-textil-caiu-mais-do-que-a-industria-de-transformacao-em-setembro.

não passou de 6 bilhões de peças, resultando no corte de 20 mil postos de trabalho, a maior parte em micro e pequenas empresas (VALOR ECONÔMICO³).

De acordo com Berlim (2012), o Brasil ocupa o posto de quarto maior parque industrial têxtil do mundo, sendo o único que detém a cadeia produtiva completa, com empresas verticais que oferecem todas as etapas de fabricação, desde a plantação da fibra até a venda no varejo. O estado de Santa Catarina é considerado o segundo maior produtor de artefatos têxteis, com 10.218 empresas, as quais empregam 288 mil pessoas, respondendo por 17% do faturamento da indústria têxtil brasileira⁴.

Percebe-se que essa indústria exerce um papel expressivo na economia nacional que, mesmo em recessão, envolve um grande número de funcionários e empresas. Isso incentiva a reflexão sobre sustentabilidade no que tange aos impactos gerados na cadeia produtiva e que atingem o meio ambiente e as pessoas que lá trabalham.

Iniciativas como a do documentário “Sweatshop Deadly Fashion”, criado pelo jornal norueguês *Aftenposten* e dirigido por Joakim Kleven, em 2015, têm contribuído para chamar a atenção acerca dos problemas da indústria têxtil. Composto por cinco episódios produzidos em formato de *reality show*, retrata a experiência de três noruegueses convidados a trabalhar em uma indústria têxtil cambojana, relatando a sua realidade, o ambiente de trabalho insalubre, os baixos salários e as jornadas de trabalho estafantes. O documentário foi amplamente divulgado em redes sociais, levando pessoas do mundo inteiro a se questionar de que maneira e com que tipo de material as roupas são fabricadas. Divulgar essa realidade através de pesquisas acadêmicas ou documentários contribui para que pressões por parte da sociedade possam acelerar a aplicação de ações sustentáveis na indústria têxtil.

Muitos consumidores procuram produtos conhecidos como “ambientalmente amigáveis”, dispendo-se, algumas vezes, a pagar mais por isso. Atualmente, existem diversos bens ofertados com o uso da sustentabilidade, mas sua produção não atende a requisitos sustentáveis (*green wash*). De acordo com McCarthy (2015), termos como “orgânico e ético” são usados de forma deliberada como argumento de venda e de *marketing* sem considerar a importância que essas palavras representam.

O Greenpeace (2012) define como *green wash brands* aquelas marcas de vestuário que declaram a intenção de praticar ações sustentáveis em sua produção sem, de fato, colocá-las em prática. Logo, atrela-se a palavra “sustentável” a produtos não sustentáveis. Para atender à demanda de mercado por produtos ambientalmente amigáveis, muitos fornecedores intitulam

³ Dados disponíveis em: www.valor.com.br/empresas/3873538/industria-textil-preve-queda-de-7-nas-vendas-em-2015

⁴ Dados disponíveis em: www.abit.org.br/n/sc-segundo-maior-produtor-textil-discute-competitividade-e-internacionalizacao

seus itens desse modo de forma deliberada ou enfocam apenas um parâmetro como a origem do material. Por exemplo, nos produtos de moda, muitas vezes o tipo de fibra utilizada na produção da peça é proveniente de matéria-prima renovável como o bambu, mas o processo produtivo de transferência de estampa é poluidor em potencial, causando impactos irreversíveis ao meio ambiente.

A moda é uma poderosa indutora de consumo, tendo como um de seus maiores recursos a estampa, em vista de seu poder persuasivo. Através dela, o consumidor se identifica com o produto, criando uma relação afetiva, abrindo espaço para pequenas manifestações de gosto pessoal. Assim, cabe ao designer de superfície e de moda transmitir subjetivamente a consciência ecológica ao consumidor, selecionando tecidos, materiais e processos de diferenciação ambientalmente amigáveis. Anicet *et al.* (2012) apontam que a competição por produtos importados força a procura por diferenciação através da qualidade criativa e técnica, buscando, além da estética, o conforto, a inovação, a facilidade de manutenção, o acabamento e o preço competitivo.

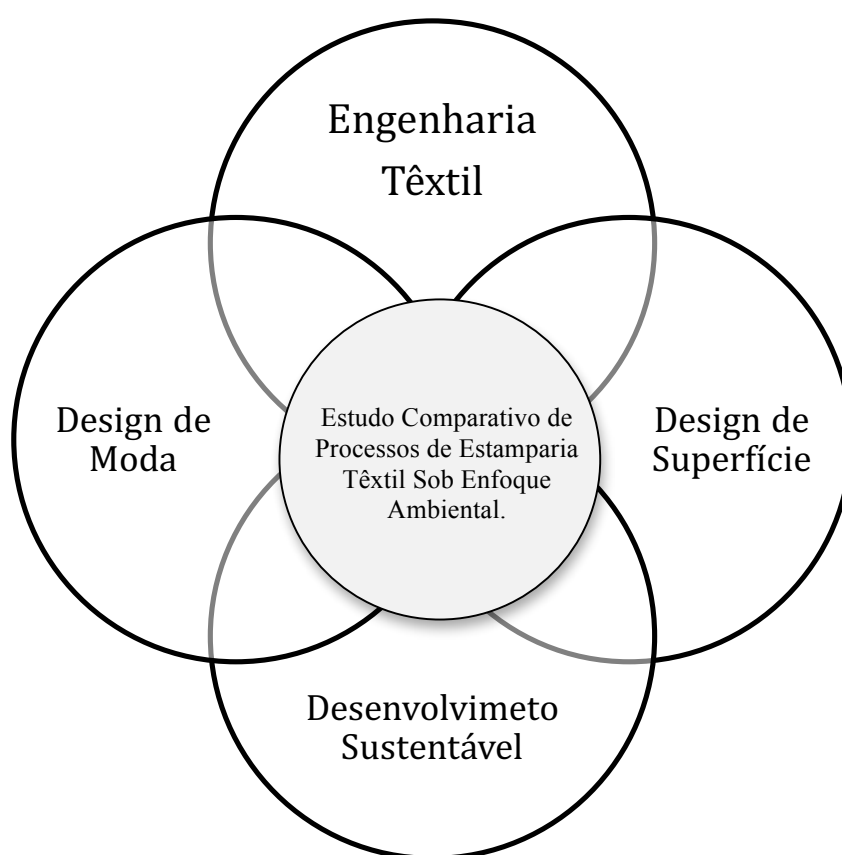
As áreas do *design* e de engenharia de têxteis, materiais e processos, têm grandes desafios no desenvolvimento de produtos e processos sustentáveis. A escolha do processo produtivo, ao se projetar um artefato de *design*, é essencial para o seu sucesso. O designer de superfície, que se cerca de processos *eco-friendly*, tem o papel de colaborar na conscientização da sociedade, propondo soluções alinhadas com o desenvolvimento sustentável, ao passo que o designer compreende o impacto, a durabilidade e o custo dos produtos que projeta, contribuindo para que o cliente faça escolhas conscientes quanto aos produtos que irá consumir.

Deste modo, torna-se necessário investigar as fases que compreendem a estamparia em produtos têxteis voltados para a moda, a fim de contribuir para o entendimento das etapas poluentes e do cenário atual da indústria têxtil, auxiliando designers e empresários que procuram desenvolver produtos de moda com cunho ético. Na esfera da pesquisa científica, esta dissertação centra-se no aprofundamento da etapa de beneficiamento — estamparia, mais precisamente, os processos de estamparia mais usados atualmente na indústria têxtil (serigrafia e estamparia digital: sublimação e impressão a jato de tinta).

1.3 Delimitação do tema

Esta dissertação estuda os principais processos industriais de estamparia têxtil sob enfoque ambiental. Desse modo, permeia as áreas de engenharia têxtil, desenvolvimento sustentável, *design* de superfície e de moda, visando contribuir para produtos ambientalmente amigáveis. Já as interações entre as áreas de conhecimento em que se apoia podem ser visualizadas na figura seguir:

Figura 1: Interações das grandes áreas de conhecimento



Fonte: a autora, 2015.

A engenharia têxtil desenvolve e implanta processos de produção têxteis (tecnologia e equipamentos) e materiais relacionados à transformação mecânica e química dos têxteis, considerando a segurança e os impactos socioambientais, bem como os processos de beneficiamento, como a estamparia, que fazem parte do objeto de estudo. O desenvolvimento sustentável investiga caminhos para harmonizar o desenvolvimento econômico e político da sociedade aliado à conservação ambiental e à qualidade de vida dos cidadãos. O *design* de

superfície tem como uma de suas especialidades a estampa, muito utilizada na diferenciação entre os produtos de moda. E finalmente, a moda se mostra como indutora de consumo, acessível a grandes massas, contribuindo para o desenvolvimento da consciência sustentável na sociedade.

1.4 Questão norteadora

Quais são os processos de estamparia têxtil aplicados em produtos de vestuário e moda menos impactantes à saúde do trabalhador e ao meio ambiente?

1.5 Problema de pesquisa

Identificar quais são os principais impactos ao ambiente e à saúde do prestador de serviço, bem como o uso de água potável, energia elétrica e produtos químicos na estamparia têxtil para produtos de moda.

1.6 Objetivo geral

Analisar os processos de estamparia têxtil mais usados atualmente na cadeia produtiva de moda, sob um enfoque ambiental, delimitando os impactos ambientais e a interação do trabalhador com os métodos de serigrafia e impressão digital por sublimação e a jato de tinta, de forma localizada e corrida, obtendo um indicativo ambiental desses procedimentos.

1.7 Objetivos específicos

1. Identificar os principais processos de estamparia têxtil para produtos de moda disponíveis no mercado, os fundamentos do desenvolvimento sustentável e refletir sobre sua aplicação no *design* de superfície;
2. Identificar normativas, leis e ferramentas de apoio à análise dos processos de impressão têxtil sob enfoque ambiental;
3. Fazer um diagnóstico da realidade da indústria têxtil por amostragem, em indústrias do sul do Brasil;

4. Produzir material para apoiar o designer de superfície de moda e confeccionista em relação aos processos de tratamento de superfície têxtil.

1.8 Metodologia

Este estudo, de natureza qualitativa aplicada, objetiva gerar conhecimento para práticas voltadas à solução de problemas específicos de designers e profissionais da área têxtil. São utilizados métodos de caráter exploratório, com pesquisa bibliográfica, documental e eletrônica a fim de embasar o estudo de forma consistente, e por observação sistemática não participante *in loco*, através de visitas técnicas às empresas que representam cada tipo de processo de estamparia estudado.

O contato com as empresas deu-se através do envio de uma carta convite por e-mail, disponibilizado nos sites institucionais. Enviaram-se convites para empresas de vários estados do Brasil, com resposta positiva de 7 (sete) empresas (seis localizadas no RS, na região metropolitana e serrana, e uma em SC, na região de Brusque).

A pesquisa bibliográfica contou basicamente com livros, artigos, dissertações e teses, buscados de forma *online* ou física. A afinidade da orientadora com o tema contribuiu para que pudessem ser inseridas novas abordagens sobre o assunto. O livro *Sustainable Textiles – life cycle and environmental impact*, de R. S. Blackburn (2006), pertencente a uma coletânea que aborda diversos assuntos sobre têxteis, publicada pela Woodhead Publishing, juntamente com o The Textile Institute — que atua desde 1925 no Reino Unido — aborda os têxteis sustentáveis em toda a sua cadeia, sendo utilizado como base para a construção da estrutura da dissertação.

A partir desses dados levantados na pesquisa bibliográfica, ao lado das diretrizes estabelecidas pela Normativa ISO 14040 e pelo *Sustainability Design Orienting toolkit* (SDO), desenvolveu-se uma ferramenta para o tratamento dos dados coletados, com o intuito de abranger todos os aspectos relacionados ao objetivo geral.

Os dados da revisão literária foram confrontados com a prática das indústrias participantes do estudo situadas nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Após a observação dos processos e da interação com os responsáveis pelo serviço, os dados coletados foram analisados através da ferramenta proposta neste trabalho e comparados entre si, por tipo de fibra e por formato de impressão. A visita foi feita em empresas que oferecem serviço de

estamparia têxtil, tendo como resultado um indicativo ambiental desses processos, aproximando a realidade da indústria têxtil.

Assim, para alcançar o objetivo proposto, a pesquisa foi estruturada da seguinte forma:

1. Pesquisa por bibliografias nacionais e internacionais sobre processos de estamparia têxtil para moda (serigrafia, aplicação de efeitos especiais, impressão digital por sublimação e a jato de tinta, de forma localizada e corrida);
2. Levantamento da produção acadêmica e de associações sobre tais processos e o desenvolvimento sustentável;
3. Revisão bibliográfica objetivando o detalhamento dos processos de estamparia citados, normativas utilizadas e os pilares da sustentabilidade;
4. Construção de ferramenta de coleta de dados com princípio na ISO 14040 e SDO;
5. Visita às empresas de estamparia;
6. Lançamento e análise dos dados obtidos no estudo realizado;
7. Discussão dos resultados;
8. Conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção apresentam-se as teorias e os conceitos essenciais para o desenvolvimento da pesquisa. Expõem-se os processos de transferência de desenho para substrato têxtil, o desenvolvimento sustentável, o impacto desses processos no meio ambiente e as ferramentas utilizadas na confecção da ferramenta de coleta de dados.

2.1 Publicações base para o desenvolvimento do estudo

A pesquisa foi desenvolvida com base em publicações e artigos da área têxtil, entre as quais, o *Manual de Estamparia*, de Jorge Neves (2000), que aborda conceitos básicos dos processos de estamparia e os materiais utilizados, e *Digital Print Textiles*, de Ujiie (2006), que pertence a uma coletânea com foco em têxteis publicada pela Woodhead Publishing e The Textile Institute, e que detalha os processos de impressão digital, abordando suas principais tecnologias e particularidades. Já o livro *Sustainable textiles - life cycle and environmental impact*, de R. S. Blackburn (2006), que aborda a sustentabilidade na cadeia têxtil, foi utilizado como base no item que versa sobre os impactos ambientais de corantes e pigmentos utilizados na etapa de estamparia.

No capítulo sobre desenvolvimento sustentável a base conceitual foi desenvolvida a partir do livro *Design de sistemas para a sustentabilidade: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de sistemas de satisfação*, de Vezzoli (2010). Nele se descreve a concepção de sistemas sob o olhar sustentável, abordando o ciclo de vida de um produto e ferramentas que auxiliam na definição de prioridades sustentáveis nesse sistema, como a *Sustainability Design Orienting toolkit*, utilizada nesta dissertação.

Outra referência que contribuiu para a pesquisa foi a obra *Moda ética para um futuro sustentável*, de Elena Salcedo (2014), que traz um panorama atual da indústria têxtil mundial, seus desafios e estratégias adotadas na busca por um produto de moda sustentável, como as ISOs abordadas neste trabalho.

A abordagem da ISO 14040:2014 foi baseada na normativa publicada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e no livro *Análise do ciclo de vida de produtos: Ferramenta gerencial da ISO 14040*, de Jose Ribamar C. Chehebe (1997).

Os aspectos relacionados ao *design* de superfície foram buscados em publicações *online* e no livro *Design de superfície*, de Evelise Anicet Ruthschilling (2008).

2.2 Processos de transferência de desenho para substrato têxtil

Os processos de estamparia têxtil foram se desenvolvendo conforme a evolução fabril e tecnológica da humanidade, e hoje são afetados diretamente por esses avanços. A estamparia, de forma rudimentar, surgiu, possivelmente, antes da impressão em papel. Há registros no Antigo Egito de oito mil anos, onde foram encontrados tecidos estampados em tumbas arqueológicas. Acredita-se que o homem, inicialmente, utilizava as próprias mãos como matriz, e que isso foi evoluindo conforme ele dominava os materiais e criava novos instrumentos. Blocos de madeira, pincéis rudimentares a partir de pelos de animais e folhas atados em galhos, carimbos de argila, metal e madeira em relevo, passaram a ser usados para estampar tecidos utilizando substâncias naturais a partir de frutas, plantas e insetos (VIEIRA, 2014).

Com o passar do tempo, várias culturas desenvolvem técnicas manuais de ornamentação de roupas, como o *shibori*, o *tie dye*, o *batik*, o *dégradé* e o efeito marmorizado. Na antiguidade, o *stencil* era empregado na transferência de desenhos para o tecido. Pippi (2010) ressalta que recortes em papel serviam como máscara para a impressão de motivos e emblemas em armaduras, cobertas e estandartes. No século XX o molde vazado começou a ser utilizado para estampar tecidos, evoluindo posteriormente para a serigrafia. Os processos digitais surgiram a partir da década de 1970 e seguem sendo aperfeiçoados.

Atualmente para a transferência das estampas ao tecido utilizam-se várias técnicas com diferentes atributos que contribuem para explorar e ampliar visualmente as possibilidades expressivas de estampas em tecido. Isso é possível, pois a indústria conta com maquinários mais produtivos e de melhor qualidade aliada à liberdade de criação (RUTHSCHILLING e LASCHUK, 2013).

Frente às possibilidades disponíveis hoje, designer e cliente podem optar pelo processo de impressão sobre o tecido mais adequado ao propósito do produto e ao seu público. A escolha dos processos e dos materiais que serão adotados no projeto é definida no momento da construção do *briefing*, já que, muitas vezes, o cliente não traz esses requisitos bem formatados. Deste modo, conhecer os processos disponíveis atualmente, considerando o custo-benefício, a tiragem, o tecido, etc, contribui para o sucesso do projeto.

A seguir, apresentam-se os processos mais usuais na indústria hoje, a saber: os de serigrafia a quadro ou rotativa e a impressão digital por sublimação ou a jato de tinta.

2.1.1 Serigrafia

O termo serigrafia vem das palavras gregas *sericos* (seda) e *graphos* (escrever). No inglês, a expressão utilizada é *silk-screen* (tela de seda) (PIPPI, 2010). Hoje é um dos mais conhecidos e usados processos de reprodução de imagens ou textos no mundo inteiro.

De acordo com o Núcleo de Design de Superfície (NDS)⁵, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, há indícios de que a serigrafia tenha sido inventada pelos japoneses. Entretanto, não foram encontrados registros precisos sobre quem inventou o processo ou seu lugar de origem. No Brasil, o processo foi introduzido antes da 2ª Guerra Mundial, quando se utilizavam mesas planas e com limitação de apenas quatro cores. Somente a partir da década de 1950, máquinas com até seis cores foram introduzidas no país.

A serigrafia pode ser encontrada nos formatos quadro plano manual, quadro plano semiautomatizado carrossel, quadro plano automatizado e por cilindro. O princípio básico desses processos consiste em transferir o desenho através de pressão sobre a tinta aplicada em uma matriz ou cilindro com áreas abertas e fechadas contra o tecido. Pode ser aplicada na maioria dos tecidos como, por exemplo, algodão, poliamida, suplex e viscose, em baixa, média ou grandes tiragens.

O processo de transferência do desenho para a superfície têxtil por serigrafia pode ser tanto de forma artesanal (manual) quanto industrial (mecânica e automatizada). A forma utilizada varia conforme a rapidez, a quantidade, o custo e o resultado esperado. Processos automatizados tendem a ser mais rápidos quando comparados aos processos manuais e são indicados para tiragens maiores (acima de 200 peças por estampa).

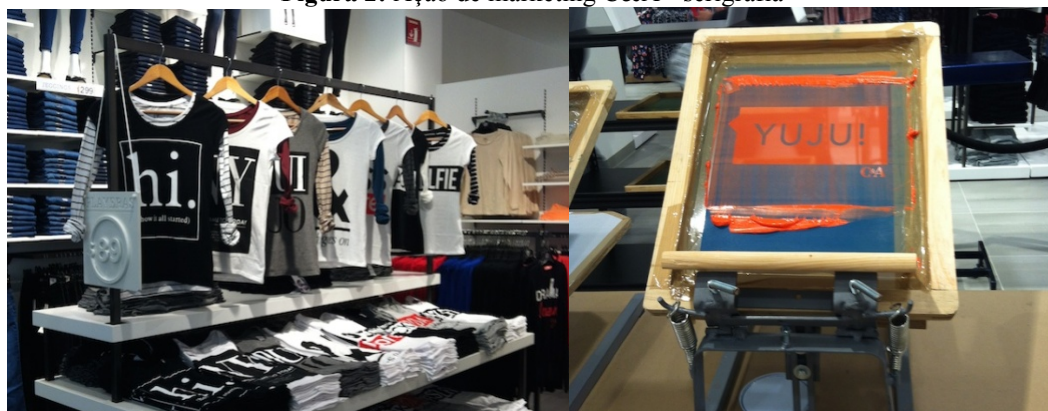
É necessário separar as cores da estampa, visto que cada cor corresponde a uma matriz ou cilindro. O número de matrizes e cilindros corresponde diretamente ao número de cores do desenho a ser impresso. Portanto, quanto mais cores, maior será o custo, pois, para cada cor, será necessária uma matriz ou cilindro, sendo que a impressão das cores deverá ser realizada em uma ordem determinada. A vantagem da serigrafia por cilindro é a velocidade para estampar metragens maiores de tecido (custo *versus* benefício), além da capacidade de

⁵ Disponível em: www.nds.ufrgs.br/processos.

estampar listras e áreas de chapadas contínuas sem que haja a marcação da tinta, que pode ocorrer na serigrafia a quadro, quando o quadro é movido.

A serigrafia representa uma grande parcela dos produtos estampados encontrados nas redes de varejo de moda. Como exemplo, tem-se a C&A, rede varejista de produtos de moda que utiliza o processo como principal método de estampagem. Na ação de *marketing* desenvolvida para o lançamento da filial localizada na Cidade do México, a loja montou uma “minifábrica”, oferecendo ao cliente a oportunidade de customizar sua peça. Foram disponibilizados os equipamentos, as tintas e a camiseta com diversas cores (Figura 2), convidando o cliente a conhecer o processo.

Figura 2: Ação de marketing C&A - serigrafia



Fonte: <http://signsilk.com.br/a-serigrafia-com-carinho-c-confira/>

Exemplos como esse reforçam a versatilidade do processo, que permite estampar tecidos com baixo investimento, de forma rápida, sem a necessidade de grandes máquinas. Por essa razão, o processo não perde espaço para tecnologias de impressão direta em tecido mais avançadas, como a impressão digital. A seguir, apresentam-se os processos, os equipamentos e os materiais necessários para a serigrafia.

1. Serigrafia a quadro plano manual:

Na moda, a serigrafia a quadro plano manual é utilizada principalmente na estamparia localizada em camisetas (Figura 3), a qual permite a aplicação de efeitos especiais táteis e visuais como flocado, devore, foil metálico, aplicação de esferas, entre outros, não aprofundados nessa investigação.

Figura 3: Camiseta impressa por serigrafia



Fonte: chocolahdesign.com

O processo se dá a partir da condução, sob pressão manual, de um rodo⁶, fazendo com que a tinta aplicada na parte fechada da matriz já preparada passe através das áreas abertas e alcance o substrato que se encontra embaixo. Os pontos não cobertos da matriz deixam a tinta passar para o tecido, produzindo a estampa, como mostra a imagem a seguir:

Figura 4: Serigrafia por quadro



Fonte: chocoladesign.com

⁶ Geralmente o objeto é feito com madeira e uma ponteira em material emborrachado, utilizado para forçar a passagem da tinta através da matriz para o tecido.

• **Matriz:**

Cada matriz pode ser utilizada para transferir apenas uma cor por vez, de modo que é necessária a mesma quantidade de matrizes conforme as cores da estampa. No passado, a matriz era feita de seda, sendo atualmente fabricada com tecidos de poliéster, o que torna o processo mais barato.

É normalmente constituída por um quadro, caixilho de madeira ou metal, no qual é esticada uma tela de poliéster ou *nylon* que retém menor quantidade da pasta de estampar. O desenho é transferido para a superfície matriz por meio de diferentes técnicas: métodos manuais de desenho direto, transferência fotográfica com uso de emulsão fotossensível⁷ (mais usual) ou métodos eletrônicos como o raio laser. Todas usam materiais bloqueadores que definem áreas abertas e áreas fechadas. A matriz é bloqueada apenas nos lugares onde a tinta não deverá passar para o outro lado, formando uma espécie de estêncil ou máscara, de acordo com o motivo a ser estampado. Após esse processo, a tela é lavada com água para que saia a emulsão não fotossensibilizada.

Atualmente já existem processos mais modernos quanto à separação de cores e de gravação de matrizes. O *software* FastFilms, desenvolvido pela US Screen Printing Institute, opera como um *plug-in* do Photoshop (Adobe) que pode gerar fotolitos⁸ para quadricromia⁹ (CMYK) e policromia¹⁰, sendo capaz de separar de 4 a 12 cores. A impressão do fotolito pode ser através de uma impressora a laser que imprima diretamente em poliéster ou laser filme transparente (MACEDO, 2004).

Outro sistema que pode ser utilizado é o *computer to screen*, que imprime a imagem diretamente sobre a matriz tratada com emulsão fotossensível. Através de uma impressora a laser conectada ao computador, a imagem é impressa em tinta resistente aos raios UV, substituindo o fotolito tradicional. A matriz impressa é gravada pela fonte de luz e revelada por um jato de água que dissolve a tinta e a emulsão não sensibilizada pelos raios UV (Idem).

Deste modo, tem-se o seguinte fluxo de processo da gravação da tela (Gráfico 2). Nele foi considerado o método tradicional, que transfere o desenho por meio de fotolito disposto sobre a tela preparada com emulsão fotossensibilizante e exposta à luz.

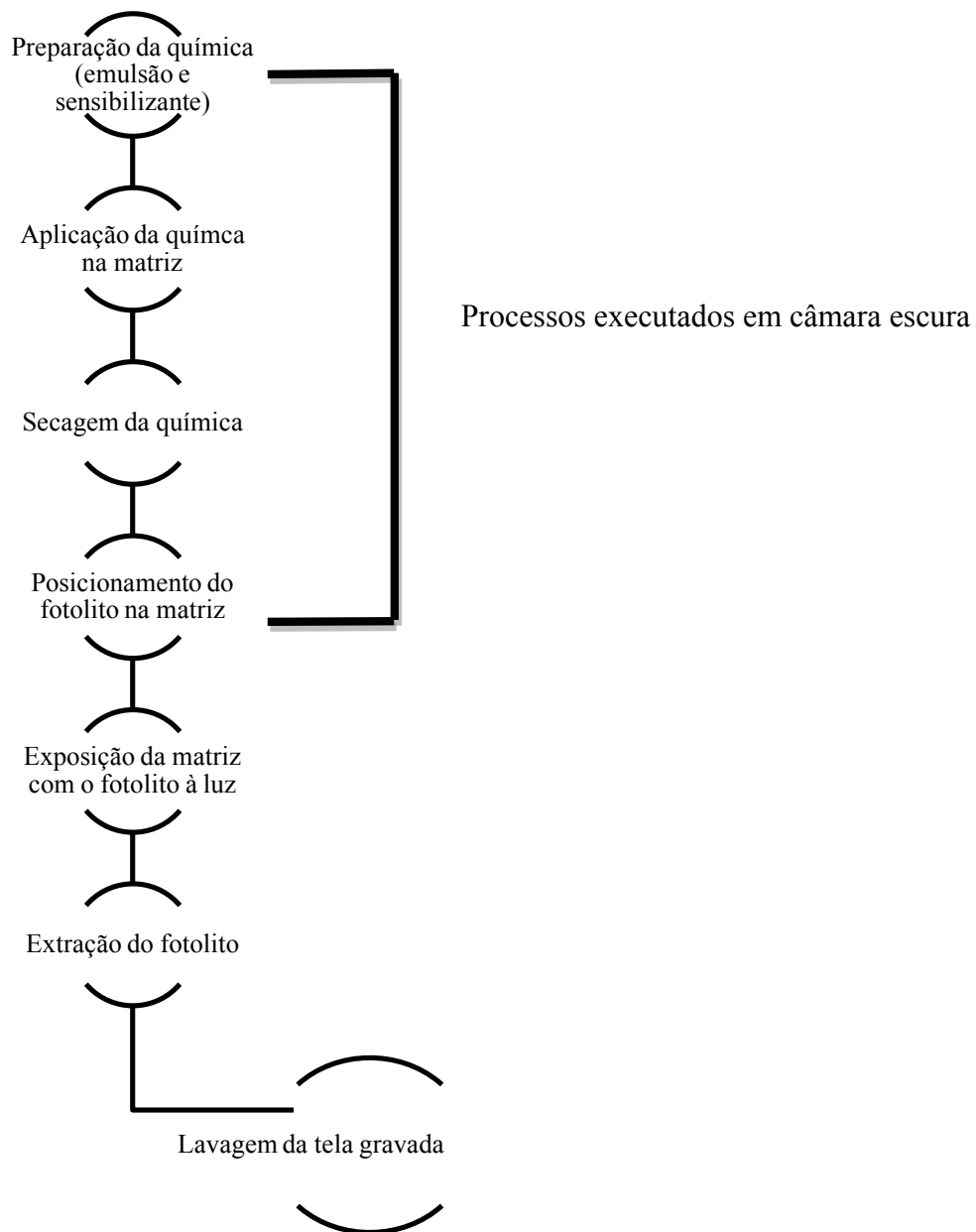
⁷ Produto utilizado na gravação de matrizes serigráficas, **de aspecto** pastoso **e sensível à luz** ultravioleta. Não solúvel em água, mas, **se exposto à luz** ultravioleta, se mantém solúvel apenas nas áreas não expostas.

⁸ Fotolito: base translúcida ou transparente onde o desenho ou arte final é **transposto**, gerando o fotolito ou negativo.

⁹ O termo **quadricromia** refere-se **geralmente ao** processo de impressão que emprega o sistema CMYK para reproduzir uma gama variada de cores a partir de quatro cores básicas (**ciano, magenta, amarelo e preto**).

¹⁰ Quando se utiliza outras cores que não o CMYK para a impressão da estampa.

Gráfico 2: Fluxo de processo de gravação da tela de serigrafia

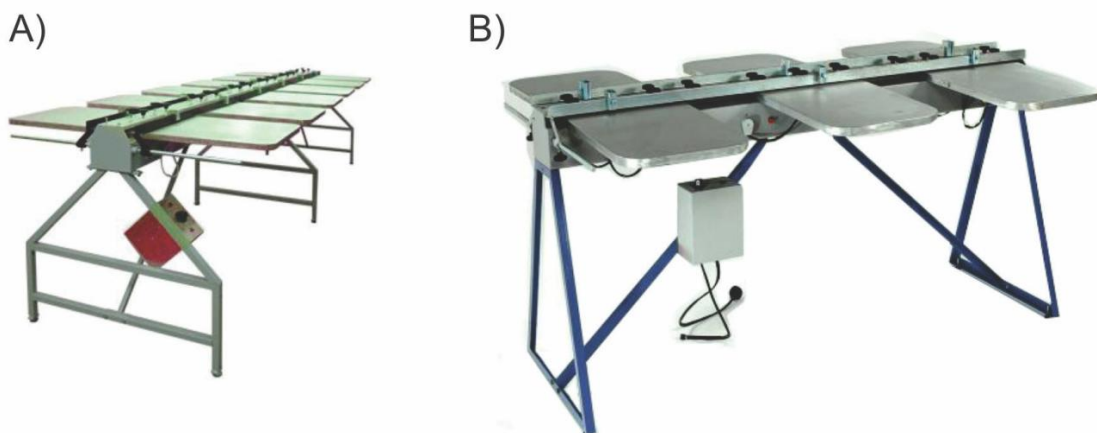


Fonte: a autora, 2015.

• Berço ou mesa de estampagem

O tecido pode ser fixado à mesa ou ao berço (Figura 5) de estampagem com o uso de colas não permanentes, solúveis em água, evitando que o tecido se mova sob a tela no momento da impressão.

Figura 5: Mesas para impressão de serigrafia



Disponível em: www.tupiscreen.com.br/ Mesa-termica-para-estampas--102.html

• Tinta serigráfica

Tintas próprias para o processo de serigrafia. Hoje existe uma grande variedade de tintas à base d'água, solvente ou plastisol, com características opacas, brilhosas e de efeitos especiais. As tintas mais utilizadas são as de base aquosa, compostas por pigmentos e outras químicas responsáveis por sua aderência ao tecido e pela durabilidade.

• Soprador

Utilizado para a pré-cura das tintas serigráficas. Semelhante ao secador de cabelo (Figura 6), com jato de ar a uma temperatura elevada (acima de 200° C).

Figura 6: Soprador serigráfico



Fonte: www.tupiscreen.com.br/soprador-termico-29.html

- **Estufa térmica ou polimerizadeira (Figura 7):**

Utilizada para a cura das tintas serigráficas do tipo plastisol, não solúveis em água. Seu interior possui temperatura elevada que varia conforme a tinta, o tecido e o processo aplicado.

Figura 7: Estufa térmica



Fonte: www.phenixmaquinas.com.br

- **Removedor de emulsão:**

Produto químico insolúvel em água utilizado para remover a emulsão seca após o uso da matriz, permitindo sua regravação. Pode ser em gel ou em veículo aquoso.

Os equipamentos e materiais apresentados acima são comuns aos processos de serigrafia a quadro plano. Desta forma, apresentam-se outras duas configurações desse processo com o mesmo princípio da serigrafia a quadro plano manual: a impressão com carrossel semiautomatizada (Figura 8) e a quadro automatizada. A serigrafia semiautomatizada também é destinada às estampas localizadas, sendo que o processo é basicamente igual ao processo de serigrafia a quadro plano manual. A diferença reside no transporte das matrizes de forma mecânica, facilitando o registro e a impressão das estampas. A gravação das telas é feita da mesma maneira, por emulsão fotossensível.

Figura 8: Carrossel serigráfico



Fonte: www.g-print.es/wp-content/uploads/2014/04/pulpo-serigrafia-1024x768.jpg

A serigrafia a quadro automatizado tem o mesmo princípio do manual, porém, com matrizes em dimensões maiores e com o rodo automatizado (Figura 9). O tecido é transportado por uma esteira sem fim que se movimenta de forma sincronizada com os quadros. A alimentação de tinta nos quadros é feita manualmente (YAMANE, 2008).

Figura 9: Impressão linear automática

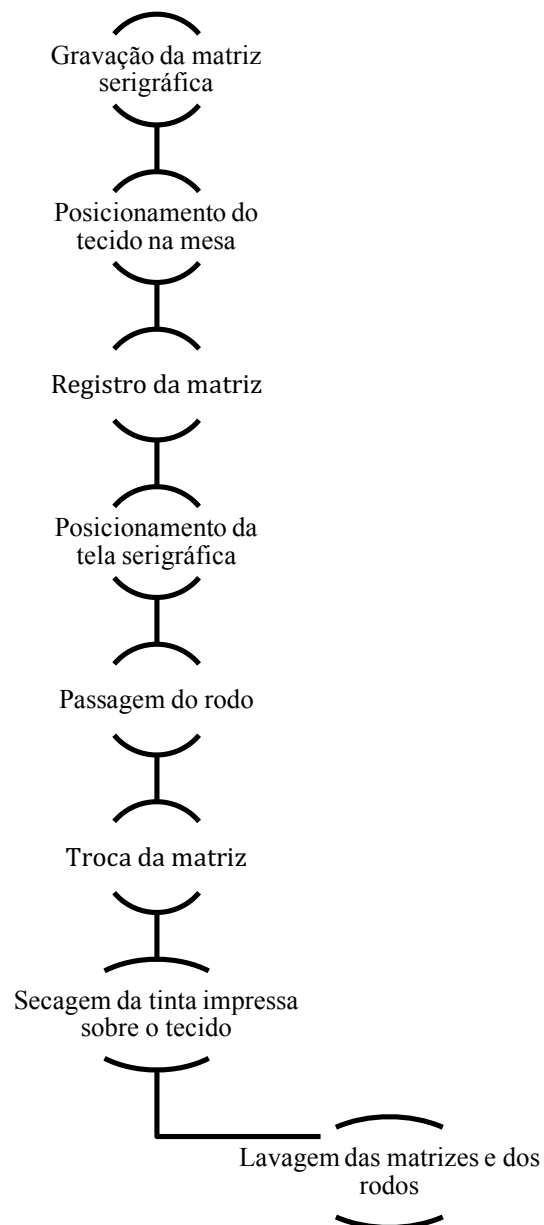


Fonte: <http://1.bp.blogspot.com>

Após a conclusão da estampagem, é necessário pós-tratar o tecido a fim de impedir que a tinta se alastre e resulte em contornos mal definidos. Para isso, faz-se a secagem imediata do

tecido estampado a temperaturas que variam de 102° a 175° C, dependendo do material utilizado. A pré-secagem de estampas geralmente é feita com sopradores térmicos e a cura total em estufas (NEVES, 2000). Tintas à base d'água secam à temperatura ambiente, enquanto que o plastisol precisa de uma cura em estufas em temperatura elevada (400°C). Como os processos de serigrafia a quadro manual, carrossel e automático têm o mesmo princípio, o detalhamento do processo de serigrafia se dá da seguinte forma (gráfico 3):

Gráfico 3: Fluxo do processo de serigrafia a quadro manual, carrossel e automático



Fonte: a autora, 2015.

A partir do fluxo de processo é possível determinar todas as etapas da serigrafia. A gravação da tela é considerada, para este estudo, um subprocesso essencial, visto que, sem essa etapa, não é possível realizar o restante do processo. O fluxo de processo mostrado anteriormente é utilizado para elencar as principais entradas e saídas de recursos naturais e produtos químicos de cada etapa.

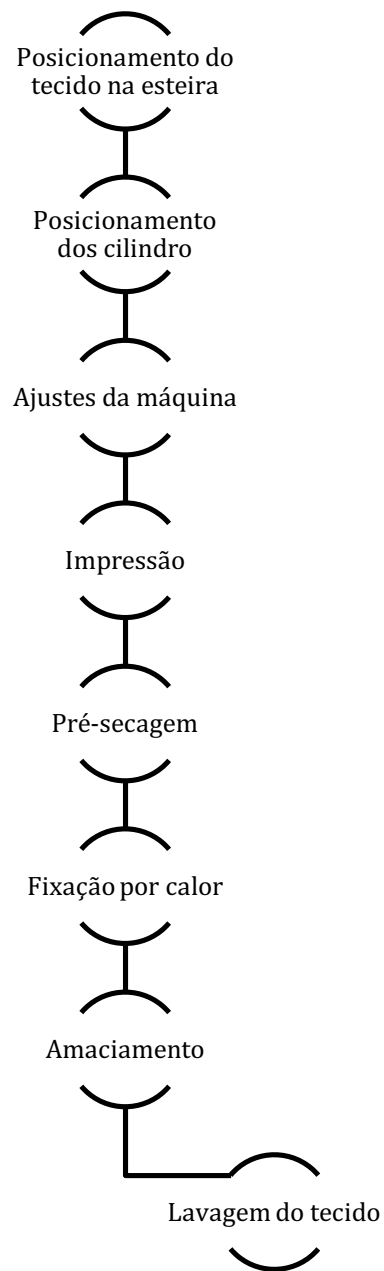
A outra forma bem usual da serigrafia é a rotativa, destinada a grandes volumes de produção. Envolve uma série de cilindros giratórios feitos de uma fina tela metálica, cada um com uma régua interna, que age como rodo, forçando a tinta de impressão através dos espaços abertos contra o tecido, conforme mostra a figura abaixo.

Figura 10: Serigrafia rotativa



Fonte: <http://manueleurotext.blogspot.com.br/2011/10/56-texprint-ecosoft-n-10-parte-tres.html>

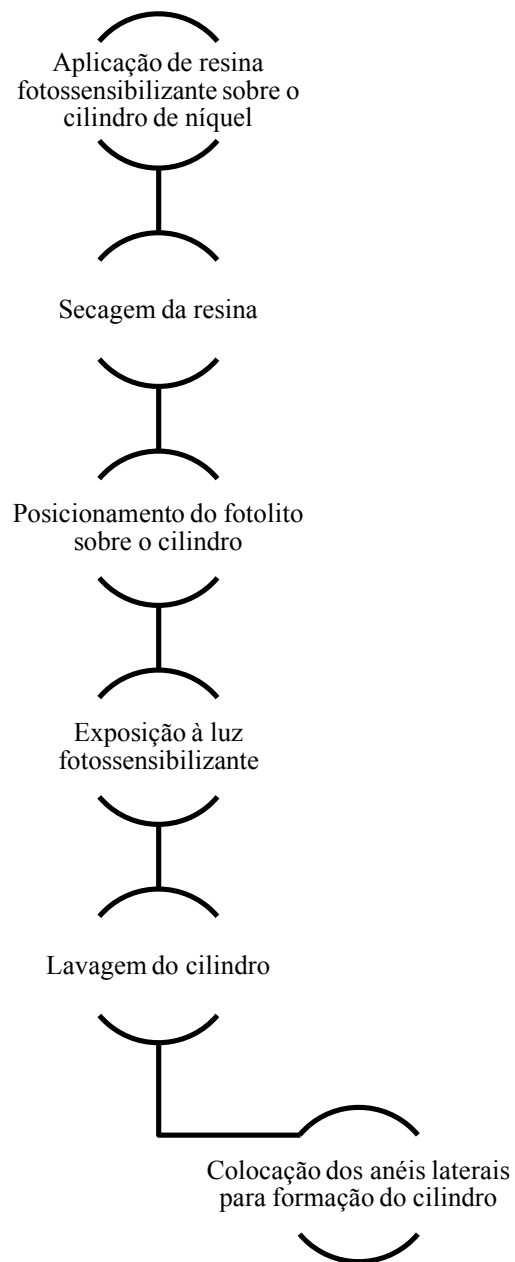
Na estamparia rotativa, a matriz é o próprio cilindro de estampagem. A pressão é exercida continuamente sobre tecido a ser estampado e a rotação dos cilindros ocorre sincronizada com o movimento da esteira ou tapete onde o tecido é fixado, provocando a liberação da tinta. Assim, tem-se o seguinte fluxo (gráfico 4):

Gráfico 4: Fluxo de processo da serigrafia rotativa

Fonte: a autora, 2015.

A gravação do desenho no cilindro ocorre de maneira semelhante ao processo em quadro, por meio do fotolito, conforme se evidencia no Gráfico 5. O fotolito é posicionado sobre a chapa de níquel já preparada com emulsão fotossensibilizante e exposto à câmara de luz. Após esse processo, a chapa é lavada e os anéis laterais são fixados, formando o cilindro.

Gráfico 5: Fluxo de processo de gravação do cilindro serigráfico



Fonte: a autora, 2015.

Outro processo de gravação utilizado é a impressão por depósito de sedimento (cera) diretamente sobre o cilindro. Esse método não necessita do uso de fotolito e não utiliza água, tornando o processo menos agressivo ao meio ambiente. O cilindro metálico é disposto na máquina e impresso com aplicação de sedimento, formando o desenho, como mostra o fluxo a seguir.

Gráfico 6: Fluxo de processo da gravação de cilindro por aplicação de cera



Fonte: a autora, 2015.

A gravação do cilindro pelo processo de aplicação de cera torna o processo mais ágil e diminui o custo dessa etapa, já que não utiliza fotolito, emulsões, câmara de luz e água. O cilindro possui vida útil longa, podendo imprimir vários metros de tecido sem danificar. Deste modo, a serigrafia por cilindro ainda é considerada ideal para a impressão de grandes metragens, com custo relativamente baixo.

Neves (2000) considera a serigrafia um processo lento, porém, econômico. A etapa de gravação de matrizes e cilindros, por exemplo, demanda mais tempo para ser concluída quando comparada à etapa de impressão do papel com corante disperso utilizado na sublimação.

Entretanto, a tecnologia utilizada no processo de serigrafia, a disponibilidade de insumos fabricados no Brasil, como tintas e matrizes, e a reutilização da matriz após a impressão concluída, tornam o processo econômico, já que não é necessário o uso de máquinas com custo elevado. Outro aspecto a ser considerado é a variedade de tintas serigráficas encontradas no mercado e a possibilidade de aplicação de efeitos especiais como

efeitos brilhantes, o foil metálico, flocado (aspecto aveludado) e puff (tinta expansível por calor).

Em vista disso, apresentam-se, a seguir, os processos de estamperia digitais de sublimação e impressão a jato de tinta.

2.1.2 Estamperia digital

Nos processos mecânicos de estamperia, como a serigrafia, a matriz é parte essencial, pois uma vez entintada, transfere o desenho para a superfície do tecido. Nos processos digitais, essa relação se modifica. De acordo com Laschuk e Rutchilling (2013, p. 64):

Considera-se estamperia digital todos os métodos em que as imagens são geradas ou digitalizadas em meio eletrônico e que a transferência da arte para o tecido não necessite da intermediação de matrizes, nem de separação de cores e que a impressão ocorra sem o contato do equipamento no tecido.

Deste modo, a matriz que carrega a cor do desenho a ser transferido deixa de ser necessária. A imagem passa a ser gerada em *softwares* gráficos ou digitalizada por meio eletrônico e transferida diretamente para o tecido, sem a intermediação de matrizes.

Nesses processos, o designer passa a ter mais liberdade na criação de estampas. Como não existe o elemento “matriz” nos processos de estamperia digital, não há limitação no uso de cores como na serigrafia, tampouco a necessidade de separar as cores no momento da impressão. Assim, é possível imprimir imagens em bitmap do tipo fotográfico e efeitos como *dégradé* (Figura 11) e outros tipos de imagens, sem tiragem mínima. A principal característica desses processos digitais é a reação físico-química que ocorre entre o corante utilizado na impressão a jato de tinta ou na sublimação e o tecido, em que o corante se incorpora a fibra do tecido, produzindo uma estampa sem toque.

Figura 11: Estamparia digital

Fonte: www.fespabrazil.com.br/pt/segmentos/estamparia-digital

Ujii, (2012) e Laschuk e Ruthschilling (2013) afirmam que o mercado de estamparia digital vem crescendo 1% ao ano devido aos ciclos de moda mais acelerados. Os autores apontam também o avanço da tecnologia das máquinas digitais — que permitem a impressão em maior volume linear e comportam mais de um tipo de corante na mesma máquina — como um ponto favorável para o crescimento do método. Essas novas tecnologias, como a estamparia digital, fazem com que o designer se dedique mais ao próprio *design* de superfície e tenha mais liberdade de criação.

Os processos digitais possuem vantagens como a capacidade de impressão direta a partir de *softwares* CAD, velocidade na transferência do desenho digital para a superfície têxtil, uso ilimitado de cores e recursos visuais e ausência do custo com matrizes. Deste modo, estratégias como *mass customization e engineering print* são empregadas nos projetos de design de superfície buscando inovação. De acordo com OU (2011) *mass customization* consiste na estratégia de utilizar os mesmos recursos produtivos para fabricar uma variedade de outros produtos semelhantes, ainda que individualmente únicos. É considerado um conceito novo, desenvolvido rapidamente na última década e oferece às empresas oportunidade de disponibilizar um produto capaz de atender às suas necessidades, como por exemplo, permitir que os clientes encomendem peças com base nas medições reais de seus corpos, em vez de medidas padronizadas ou indicações de ajustes.

Já o *engineering print* integra a estampa digital com as fases de produção da peça. Cie (2015) define o *engineering print* como a impressão digital da estampa conforme o molde da peça, envolvendo as etapas de *moulagem* e de estamparia simultaneamente. Braddok e O'Mahony (1998) definem *engineered prints* estampas impressas diretamente no molde da peça de vestuário, projetadas para a minimização das emendas, quebras de costura na etapa de união dos moldes, resultando em uma estampa fluída. Parrilo-Chapman (2008) ressalta, porém, que essa estratégia encarece a peça final, visto que além da interação necessária entre designers de moda e de superfície, o gasto de tecido residual é maior.

Os métodos de impressão digital estão se proliferando. É possível destacar os principais processos, como a impressão a jato de tinta e por sublimação, impressão a laser e nano impressão. Esta pesquisa optou por analisar os dois métodos de maior destaque na estamparia têxtil para a moda e vestuário: o método de impressão direta a jato de tinta, e o indireto, por sublimação, descritos a seguir.

2.1.2.1 Sublimação

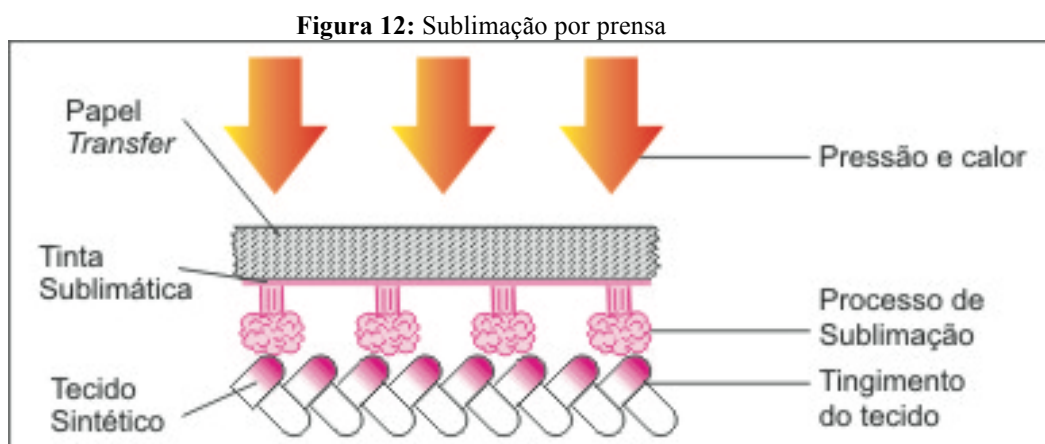
A sublimação foi desenvolvida na década de 1970 por uma empresa americana, a RPL Supplies Inc, de New Jersey. O processo consistia em transferir o desenho impresso em fitas a partir de pressão e calor para produtos promocionais e brindes (UJIE, 2006).

O processo de estampagem homônimo da mudança de estado físico, sublimação, refere-se àquele em que uma matéria parte do estado sólido para o gasoso sem passar pelo líquido. A técnica consiste em transferir o corante disperso impresso em papel *transfer* para o substrato têxtil por meio de pressão e temperatura elevada por determinado tempo. O corante disperso evapora e migra para o tecido, penetrando na fibra.

Os tecidos mais adequados para esses processos são os de fibra de poliéster, a fim de garantir a solidez das cores. Tecidos de fibra celulósica (naturais) podem ser sublimados quando previamente tratados com película de poliéster, embora não se consiga a mesma qualidade quanto à solidez e à nitidez das cores, obtida no tecido de poliéster. Tecidos com misturas de fibra de poliéster e algodão resultam em cores esmaecidas.

A sublimação é encontrada em duas formas: por calandra ou prensa térmica. A prensa tem sua superfície plana com dimensões variadas (9x9cm, 30x40cm, 40x60cm, 80x80cm, 80x120cm e 100x150cm), onde o papel especial impresso com corante disperso é prensado contra o tecido, e através do calor e da pressão por determinado tempo, ocorre o fenômeno,

quando o corante disperso passa do estado sólido para o gasoso, migrando do papel e penetrando na fibra do tecido, estampando-o, conforme se mostra na figura abaixo.

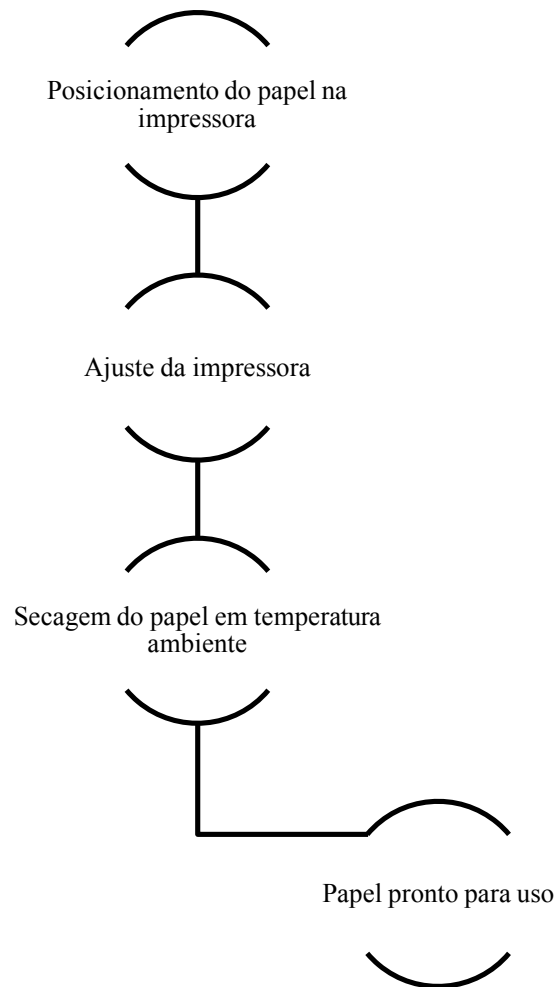


Fonte: portaldasublimacao.com.br

O processo da sublimação por prensa consiste em cinco etapas (impressão do papel, posicionamento do papel na prensa, ajuste da máquina, impressão e retirada do tecido e do papel da prensa), sendo uma delas o subprocesso essencial da impressão do papel sublimático.

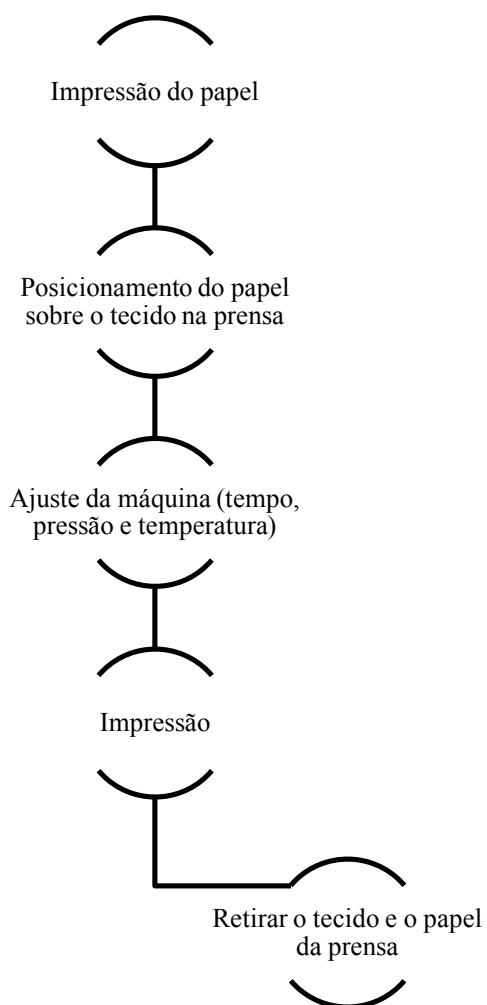
A impressão do papel *transfer* utilizado nos dois processos (sublimação por prensa e calandra) normalmente se dá via impressão *offset* (CMYK) ou por impressão a jato de tinta, com impressoras do tipo *plotter* adaptadas para aceitar o corante disperso. O papel utilizado na impressão tem a superfície preparada para receber o corante e liberá-lo no momento da reação físico-química do processo.

Assim, o fluxo de processo da impressão do papel com corante disperso se dá da seguinte forma (gráfico 7):

Gráfico 7: Fluxo de processo da impressão do papel sublimático

Fonte: a autora, 2015.

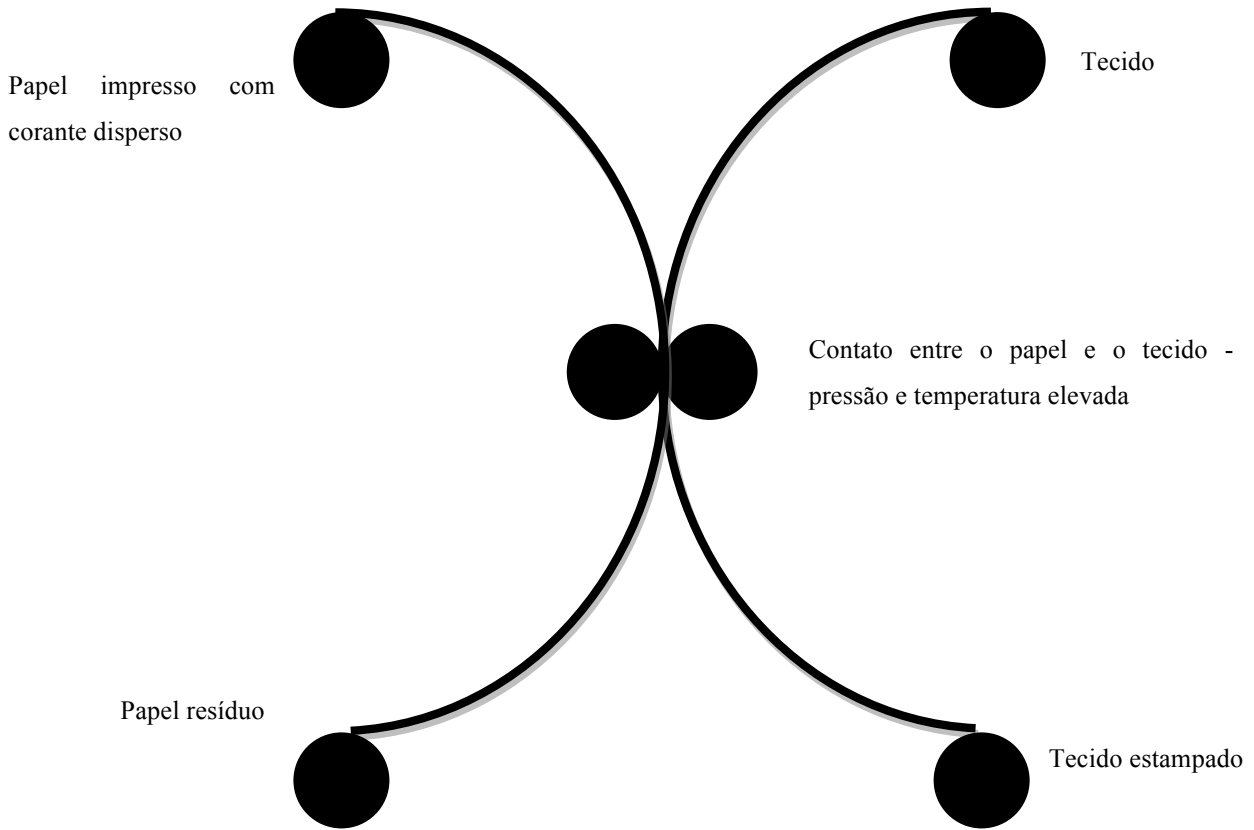
Após a impressão dá-se início à sublimação. O processo de sublimação por prensa é relativamente simples, como se evidencia no gráfico 8, havendo pouca interação entre o trabalhador e o processo executado, pois as etapas da impressão são mecânicas.

Gráfico 8: Fluxo de processo de sublimação por prensa

Fonte: a autora, 215.

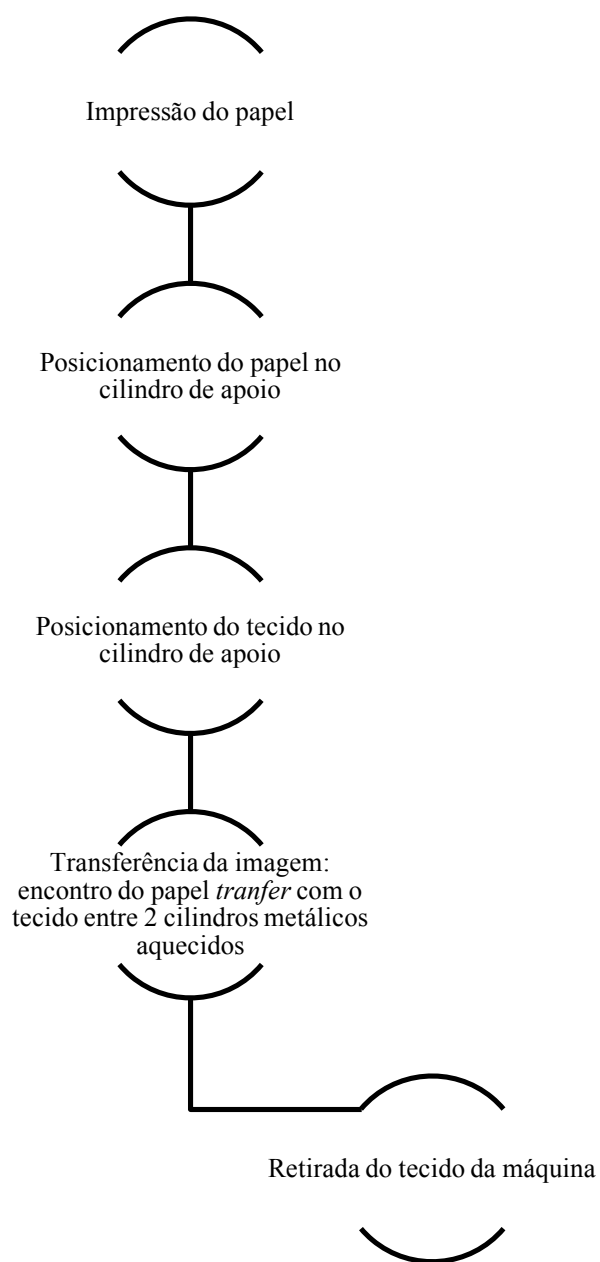
O processo de sublimação por calandra também possui cinco etapas, sendo uma o subprocesso essencial de impressão do papel sublimático e, é indicado para a impressão acima de 5 metros lineares. Na calandra, o papel e o tecido passam juntos por rolos aquecidos de modo contínuo, de forma que o corante entre em sublimação e migre para o tecido (Figura 13). Nas duas formas, o resultado é uma estampa sem toque e com alta solidez nas cores.

Figura 13: Sublimação por calandra



Fonte: a autora, 2015.

O fluxo de processo da sublimação por calandra (gráfico 9), em sua essência, é bem semelhante ao processo de sublimação por prensa, sendo a metragem de tecido estampado maior e a disposição do mecanismo de calor e pressão diferentes.

Gráfico 9: Fluxo de processo de sublimação por calandra

Fonte: a autora, 2015.

Indica-se testar a reação da tinta no tecido, pois o corante disperso no estado sólido não tem cor visível, de modo que a cor impressa no papel especial é apenas uma imagem ilustrativa, uma amostra de cor, a fim de tornar visível e fácil a identificação da estampa. O corante se torna visível após a reação físico-química à temperatura de 200° C.

Percebe-se, através das etapas explicitadas, que o processo não exige o uso de água e tampouco o tratamento do tecido anterior e posterior à estampagem, sendo seu impacto ambiental menor. O método de sublimação mostra-se bastante vantajoso quanto às possibilidades criativas de composição visual, possibilitando composições mais complexas, com imagens tratadas em *softwares* gráficos, sem limitar o número de cores, além de ser ambientalmente amigável.

A seguir, apresenta-se o processo de estamparia digital direta a jato de tinta ou InkJet.

2.1.2.2 Estamparia digital direta: jato de tinta ou inkjet

Nos últimos anos houve um crescente uso do processo de impressão digital para substratos têxteis. Esse interesse foi alimentado pelos rápidos avanços tecnológicos na área de impressão digital (M. M. MARIE *et al.*, 2013). Considerada não impactante pela autora, a impressão digital a jato de tinta consiste em imprimir a composição visual ou imagem em arquivo digital diretamente sobre o tecido, como ilustra a Figura 14. De acordo com Parrilo-Champman (2008) dois fatores foram essenciais para a popularização da impressão a jato de tinta em tecido: a impressão de metragens menores e o aumento do número de cores possíveis na composição a ser impressa. Com o processo é possível reproduzir tons e subtons contínuos de forma excelente, a partir da escala CMYK (ciano, magenta, amarelo e preto), possibilitando a inserção de outros *bulks* ou cartuchos de cores, que intercalam tons intermediários ao CMYK, mantendo a fidelidade das cores.

Figura 14: Impressão digital jato de tinta em tecido



Fonte: serilon.com.br

A especialidade desse tipo de impressão é a possibilidade de impressão em fibras naturais com ótimos resultados, diferentemente da sublimação, que tem melhor desempenho em fibras sintéticas, como o poliéster. É encontrada nos formatos localizado (*Direct to Garmet*) e corrido, sem tiragem mínima.

Para imprimir diretamente sobre o tecido é necessário pré-tratá-lo, aplicando produtos químicos que reagem com o corante a ser impresso. Essa etapa é comum aos dois formatos e o tipo de química aplicada varia conforme o tipo de corante utilizado. Macedo (2008) afirma que, para corantes dispersos, a química é constituída por veículo aquoso, com adição de antimigrante. Para corantes ácidos, além da base aquosa, são inseridos antimigrante, ureia, espessante e doador de ácido. Para corantes reativos, mais utilizados, são adicionados, à base aquosa, a ureia, o carbonato de sódio, o antirredutor e o antimigrante. Essas químicas, dependendo da impressora a que se destinam, devem satisfazer critérios muito rigorosos em relação à viscosidade, tensão superficial, condutividade, estabilidade de armazenamento e boa fixação no substrato (M. M. MARIE *et al.*, 2013).

Após a impressão, é necessário pós-tratar o tecido. Nessa etapa, o corante impresso reage com a química empregada no pré-tratamento. Macedo (2008) indica, como pós-tratamento para a impressão com corante reativo (indicado para tecidos de fibras naturais), a termo fixação em estufas, de 6 a 8 minutos a 130° C. Impressões com corante disperso (indicado para tecidos de poliéster), além da termo-fixação, requerem a lavagem do tecido. Impressões com corante ácido (indicado para seda e lã) exigem vaporização e lavagem.

Mesmo com a necessidade de pré e pós-tratamento do tecido, Neves (2000) afirma que a impressão digital a jato de tinta emprega apenas 10% da água utilizada em outros processos, de modo que quase não há desperdício de corantes, evitando o uso de metais utilizados, por exemplo, na construção das matrizes serigráficas.

Para impressão a jato de tinta direta em tecido utilizam-se impressoras com sistemas *drop on demand*, ou jato intermitente, e *continuous inkjet*, ou jato contínuo. Os dois sistemas têm cabeças de impressão ou cabeçotes com centenas de orifícios que depositam milhares de gotículas por segundo no tecido.

- *Continuous Inkjet* ou jato contínuo: leva esse nome, pois as gotas de corante são ejetadas continuamente. O jato é naturalmente instável, desfazendo-se em gotas de tamanhos que variam conforme a pressão e a frequência elétrica, a uma velocidade controlada. As gotas são despejadas constantemente e conforme a imagem impressa,

enquanto o excedente é desviado por uma calha para a recirculação via meio eletromagnético (UJIIE, 2006; NEVES, 2000; TAM WING YEE, 2011).

- *Drop on demand* ou jato intermitente: as gotas são expelidas pelos cabeçotes diretamente para o tecido, formando a imagem. O sistema DOD tem duas variáveis: a piezoelétrica e a térmica. No sistema piezoelétrico, uma força eletrostática gera a gotícula, ejetando-a de modo intermitente e formando a imagem. Uma alta voltagem é aplicada no cristal piezoelétrico, expandindo-o e empurrando o corante para fora do orifício (UJIIE, 2006; GOMES, 2007). No sistema DOD térmica (*Thermal ink jet*), um impulso elétrico eleva a temperatura do corante em veículo aquoso a 300° C, produzindo vapor que ejeta a gota. O impulso é gerado até a explosão da tinta, que cessa quando é ejetada. A temperatura e os impulsos elétricos podem ser controlados, modificando a quantidade de corante ejetado (UJIIE, 2006).

O tamanho da gota expelida sobre o tecido determina o detalhamento do desenho. Quanto menor a dimensão da gota, maiores serão os detalhes do desenho transferido (M.M. MARIE *et al.*, 2013). Portanto, escolher a tinta adequada também contribui para o sucesso do processo.

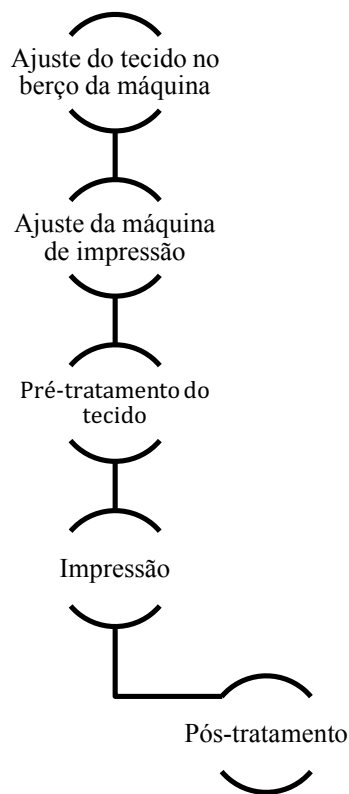
O tipo de impressora mais usual para a impressão de estampas localizadas em camisetas é a DTG (*direct to garment* ou direto ao vestuário). Cie (2015) identifica o sistema DTG como o mais comercial e orientado ao baixo consumo de tinta, já que as máquinas são programadas para evitar o desperdício. De acordo com a autora, o sistema consiste na impressão a jato de tinta diretamente sobre a superfície da peça já confeccionada. A impressora é equipada com um berço, onde a peça é disposta e fixada para que não haja deslocamento no momento da impressão.

Atualmente, existe no mercado a impressora DTG com sistema de pré-tratamento já inserido, tornando o processo mais ágil, mais rápido e com maior controle na quantidade de química empregada (ALBRECHT, 2014). Como exemplo deste sistema, tem-se a impressora da marca EPSON, desenvolvida para impressão em tecidos de algodão e misturas de algodão com poliéster, com baixo consumo de tinta. Utiliza tintas certificadas pela OEKO-TEX e imprime até seis cores com qualidade de imagem em até 1440 dpi. A impressora funciona a eletricidade e é necessário o uso de uma estação (computador) para o tratamento e posicionamento da imagem a partir de software específico do fabricante.

Cie (2015) destaca que respeitar as etapas de impressão é crucial para a obtenção do sucesso da impressa. A autora considera a etapa de fabricação da peça como uma etapa do processo, já que a máquina é destinada apenas peças prontas, como por exemplo, camisetas. Após a fabricação, parte-se para o pré-tratamento, impressão, cura e lavagem, sendo esta última facultativa.

O fluxo de processo no formato DTG é comum aos dois sistemas de impressão com 5 etapas, como consta no Gráfico 10. O pré-tratamento no formato localizado, considerando uma impressora DTG, é realizado na própria máquina, otimizando o processo e diminuindo o gasto desnecessário dos insumos utilizados nessa etapa.

Gráfico 10: Fluxo de processo de impressão a jato de tinta DTG



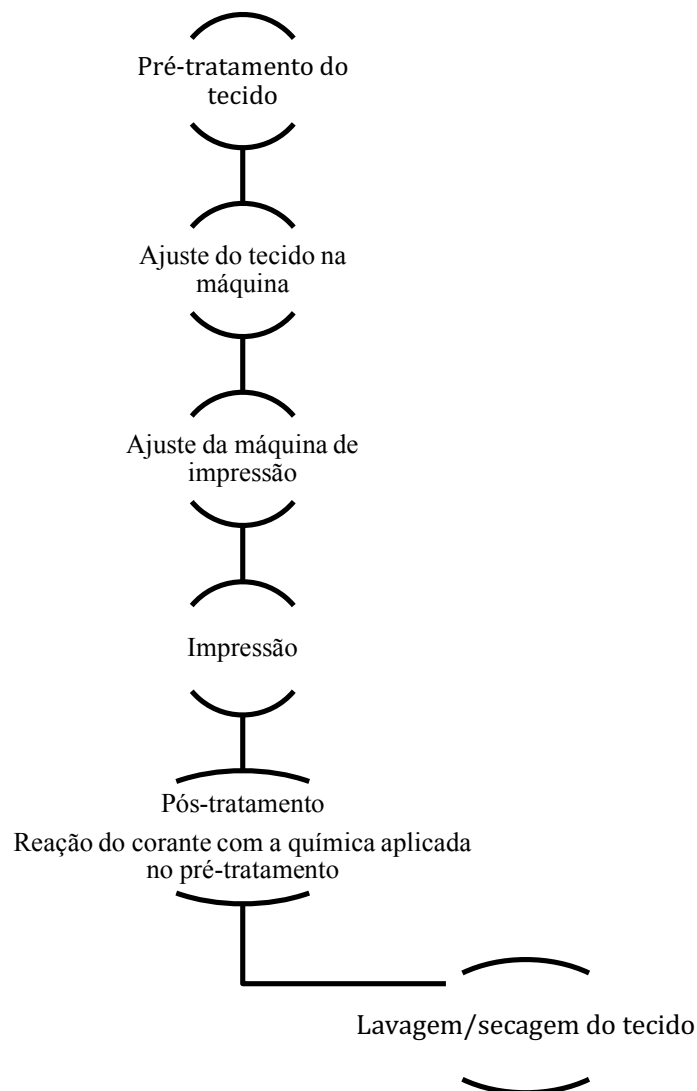
Fonte: a autora, 2015.

No processo de impressão digital a jato de tinta no formato corrido (vide Gráfico 11), o tecido pré-tratado é posicionado sobre uma esteira, alimentando a máquina. O tecido precisa estar liso e colado na esteira. Então, as cabeças de impressão são ajustadas à espessura do

tecido e o *software* de gerenciamento de impressão ativado, regulando a velocidade de impressão *versus* velocidade de deslocamento do tecido na esteira.

Máquinas eletrônicas têm *softwares* específicos já instalados na estação de trabalho. Os programas de gerenciamento de impressão são adquiridos geralmente com a máquina, os quais reconhecem os arquivos digitais de compartilhamento em extensões utilizados no desenvolvimento de artes gráficas, como JPG, TIFF, PNG e PSD (Adobe Photoshop).

Gráfico 11: Fluxo de processo de impressão a jato de tinta corrido



Fonte: a autora, 2015.

Em todas as configurações, Gomes (2007) destaca que é preciso uma atenção especial quanto à pureza do corante utilizado, a fim de que não bloqueie os cabeçotes, danificando-os.

O autor também ressalta que, por não utilizar pastas de estampagem, grande parte do corante fixa no tecido, não havendo tanto resíduo na lavagem pós-tratamento.

Por exigir pré e pós-tratamento, o processo se torna oneroso quando comparado à sublimação. A principal vantagem é a possibilidade de imprimir em tecidos de algodão com número ilimitado de cores e pequenas tiragens, ideal para a customização de produtos como camisetas, uma vez que possibilita a impressão de poucas peças de uma mesma estampa.

Após os dados apresentados, tem-se o seguinte quadro resumo:

Quadro 1: Resumo de processos de estamparia

Processo	Tipo de fibra indicada	Exige uso de água	Gera resíduo sólido	Volume de produção ideal	Tipo de química (corante ou pigmento)	Vantagens	Desvantagens
Serigrafia a quadro	Maioria dos tecidos	Sim (lavagem tecido e equipamentos)	Sim (embalagens de produtos)	Baixa, média e grande	Pigmento	Processo de baixo custo em relação aos digitais	Número limitado de cores
Serigrafia por cilindro	Maioria dos tecidos	Sim (lavagem tecido e equipamentos)	Sim (embalagens de produtos)	Média e grande	Pigmento	Processo de baixo custo em relação aos digitais	Numero limitado de cores
Sublimação por prensa	Poliéster	Não	Papel sublimado	Baixa e média	Corante disperso	Número ilimitado de cores	Aplicação com melhor resultado apenas em poliéster
Sublimação por calandra	Poliéster	Não	Papel sublimado	Média e grande	Corante disperso	Número ilimitado de cores	Aplicação com melhor resultado apenas em poliéster
Impressão a jato de tinta DTG	Fibra natural	Sim (lavagem tecido)	Embalagem de tinta	Baixa e média	Tinta (Corante reativo)	Número ilimitado de cores	Custo elevado de produção
Impressão a jato de tinta corrido	Fibra natural	Sim (lavagem tecido)	Embalagem de corante	Média e grande	Corante reativo	Número ilimitado de cores	Custo elevado de produção

Fonte: a autora, 2016.

Percebe-se que entender os processos de estamparia contribui para o sucesso do projeto de *design* de superfície para produtos de moda. É necessário considerar principalmente o formato a ser impresso, o tipo de fibra, a tiragem e as limitações de cada técnica para a tomada de decisão do processo de transferência da estampa para o tecido.

A próxima seção trata dos corantes e pigmentos necessários para conferir cor à estampa projetada.

2.1.3 Materiais

Nesta seção dá-se atenção à química (corantes, pigmentos e tintas) utilizada nos referidos processos de estamparia têxtil. Entende-se que a parte dos materiais é de grande importância para esta pesquisa, já que essas químicas são responsáveis por introduzir cor aos tecidos. Outro aspecto relevante a ser considerado é o caráter poluidor e toxicológico das químicas, pois uma parte da substância aplicada ao tecido não se fixa, tornando-se resíduo.

Vale salientar que o corante e o pigmento se diferem quanto à forma de fixação ao tecido. O corante tingem a fibra, penetrando-a e não conferindo toque, como ocorre na impressão digital por sublimação. O pigmento não tingem a fibra, pois é matéria sólida, com cor sobre a superfície, tal como ocorre nas tintas de impressão serigráfica. De acordo com Rossol (1997), os corantes e os pigmentos são classificados de quatro formas:

- Corante natural: extraído de plantas, insetos e matérias orgânicas como cebolas, beterraba e chá.
- Corante sintético: existem mais de 2000 tipos de corantes sintéticos diferentes. Os primeiros corantes produzidos eram à base de anilina e alcatrão de carvão. Hoje os corantes são classificados a partir da classe química como dispersos, reativos, ácidos, entre outros.
- Pigmento inorgânico: produzido com elementos da terra (como a cor ocre, uma nuance de marrom), metais (como o titânio utilizado em tinta branca para serigrafia¹¹) e minerais (como o azul cerúleo).
- Pigmento orgânico: derivado da química do carbono. Exemplo: cores fluorescentes. Para o CRQ4¹² (Conselho Regional de Química da Quarta Região, de São Paulo) o

¹¹ Dados disponíveis em: www.genesisintintas.com.br/, referente ao produto Hidrocryl

¹² Dados disponíveis em: www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos

pigmento orgânico é considerado sintético, sendo utilizado em tintas gráficas, na coloração de plásticos e polímeros encontrados em brinquedos e acabamentos internos de veículos, entre outros.

Molla *et al.* (2011) ressaltam o uso de nanotecnologia aliada à produção de tintas de base aquosa compostas por pigmentos. Geralmente, essas tintas são utilizadas na serigrafia conferindo aos tecidos características como: proteção contra raios ultravioletas, ação antibacteriana (tecido da área da saúde) e resistência a amassar em tecidos de seda. O autor indica que a adição de nanopartículas às tintas proporciona um melhor desempenho quando adicionadas ao banho de tingimento do tecido.

As formas mais encontradas na indústria têxtil são os corantes sintéticos e as tintas compostas de pigmentos orgânicos. Outro produto utilizado é o plastisol, produto à base de resina de PVC e isento de água. A seguir, abordam-se aspectos relevantes para a pesquisa acerca desses compósitos essenciais na indústria de estamparia têxtil.

2.1.3.1 Corantes

Corantes podem ser definidos como substâncias orgânicas intensamente coloridas ou fluorescentes que conferem cor ao tecido, por absorção seletiva da cor, quando aplicados, de forma permanente, mudando o tom da fibra sem acrescentar matéria sólida (BELTRAME, 2006).

O corante sintético usado na estamparia têxtil varia conforme o método empregado, reagindo com fibra sob condições preestabelecidas. Por exemplo, o corante disperso só irá conferir cor quando prensado contra o tecido de poliéster e submetido a altas temperaturas e pressão por determinado tempo, sublimando e reagindo com a fibra do tecido.

O tipo de tecido a ser estampado também influencia no tipo de corante a ser utilizado. De acordo com Ujiie (2006), são classificados da seguinte forma:

- Corantes ácidos (lã, seda e *nylon*);
- Corantes básicos (algodão, *rayon*, seda e *nylon*);
- Corantes diretos (para algodão e *rayon*);
- Corantes dispersos (para poliéster, acrílico, acetato e *nylon*);
- Corantes reativos (para algodão, lã, *rayon* e seda);
- Corantes sulfurosos (para algodão e *rayon*);

- Corantes catiônicos (seda e acetato);
- Corantes à tina ou à cuba ou VAT *dyes* (para algodão).

Conforme se evidencia, os corantes mais utilizados nos processos de estamparia são os que têm afinidade com fibras sintéticas, como o poliéster, e com fibras naturais. Corantes ácidos e reativos são utilizados na impressão digital por jato de tinta, tendo afinidade com fibras naturais, como o algodão e a seda, e sendo solúveis em água. Os corantes dispersos são utilizados na impressão do papel para sublimação, pois penetram e se difundem na fibra do tecido durante a fixação a termo, e não são solúveis em água.

Corantes naturais não são bem aceitos na indústria, já que é difícil manter o mesmo padrão das cores, bem como a disponibilidade da matéria-prima para repetição em larga escala. O corante natural não mantém a cor da peça ao longo do tempo, desbotando na lavagem, o que obriga a um planejamento maior quanto à escolha das cores, sendo possível fazer em um regime de produção lenta ou *slow movement* (FLETCHER, 2008). Corantes naturais também podem ser empregados em produções artesanais.

Samanta e Agarwal (2009) apontam que atualmente pesquisas na área de corantes naturais ainda são insuficientes, mas que se caminha para a substituição do corante sintético nas próximas décadas. De acordo com eles, o modo de extração e o mordente utilizado para a fixação do corante no tecido são pontos-chave para se alcançar sucesso no uso de corantes naturais. Desenvolver máquinas que aceitem tintas à base de corantes naturais também pode contribuir para a disseminação do uso, já que hoje as máquinas são fabricadas para aceitar corantes sintéticos específicos.

Turcanu *et al.* (2003) ressaltam que a utilização de mordentes à base de alumínio e ferro no tingimento de tecido, com corante à base de uma planta encontrada na Áustria, obteve resultados satisfatórios na fixação da cor. Afirmam também que o efluente resultante do banho de tingimento com corante natural, quando comparado a efluentes com corantes sintéticos, apresentou redução no número de produtos químicos componentes mesmo utilizando mordentes metálicos, sendo mais rápido o seu tratamento para descarte no meio ambiente.

Dellamatrice (2005) ressalta que, mesmo não apresentando toxicidade aguda, o grupo de corante considerado mais tóxico é o básico e o direto, com afinidade a fibras celulósicas como algodão. O corante reativo pode sobreviver estável por até 50 anos em ambientes aquáticos. Os corantes podem causar alergias rinopáticas, asmáticas e cutâneas. Ainda não se

sabe o efeito dessas substâncias a longo prazo, embora haja indícios de que, em sua maioria, são mutagênicos e cancerígenos.

Os corantes são detectáveis a olho nu quando em contato com a água. Uma pequena porção de corante depositado em um rio pode mudar sua cor. Isso pode ser considerado uma vantagem, já que facilita sua detecção e ajuda na fiscalização, podendo ser identificado sem testes químicos.

2.1.3.2 Pigmento

São matérias sólidas trituradas na forma de partículas minúsculas que conferem cor à tinta, que é a soma de outras químicas como fixador, emulsionador, amaciante, água e aditivos conservantes. De acordo com Beltrame (2006), o pigmento sozinho não apresenta afinidade física e química com a fibra do tecido como o corante, sendo preciso acrescentar ligantes para que haja a fixação. Ou seja, o pigmento não reage com a fibra do tecido, apenas é depositado na superfície da fibra, conferindo-lhe cor.

O pigmento é empregado principalmente nas tintas utilizadas na serigrafia por quadro ou cilindro. As tintas podem ser divididas em dois tipos: secagem por calor e secagem ao ar ambiente. As que apresentam secagem por calor são os plastisóis à base de policloreto de vinila (produto tóxico), com alto poder de cobertura, impermeabilização e flexibilidade. Já a pasta por secagem ao ar ambiente, de emulsão acrílica, seca totalmente em 72 horas em ar ambiente, podendo ter a secagem acelerada por meio de estufa ou soprador por 3 ou 4 minutos a 120°-140° C. Tem um toque mais macio, com um leve relevo, e requer cuidados especiais em dias mais quentes (quando a tinta tende a secar mais rapidamente) (GÊNESIS, 2014).

De acordo com os laudos técnicos das tintas pigmentadas da Gênesis Tintas¹³, empresa especializada em tintas para serigrafia e sublimação, grande parte dos pigmentos utilizados na composição são atóxicos, não prejudicando a saúde do trabalhador, embora se indique o manuseio em locais arejados.

Diversas tintas são encontradas no mercado com as mais variadas tonalidades e tipos de acabamento, como o efeito perolizado, em relevo (*puff*), etc. E, assim como os corantes, é preciso considerar os processos de estamparia utilizados e o tipo de tecido a ser estampado.

¹³ Cf. genesistintas.com.br

2.1.3.3 Plastisol

O plastisol é um composto químico sintético derivado de resinas de policloreto de vinílica ou PVC, isento de solvente orgânico ou água e solúvel em aguarrás¹⁴. É a base para a aplicação da maioria dos efeitos especiais disponíveis na indústria têxtil, como o efeito *puff* e o termo crômico. É utilizado também como cola para efeitos como a flocagem, que confere um toque aveludado à peça de roupa, além de ser bastante poluente. Oferece solidez, alto brilho, elasticidade e flexibilidade, não seca ao ar ambiente, sendo necessária a cura em altas temperaturas. Promove uma camada impermeável, com alto poder de cobertura e possibilita a criação dos efeitos especiais em alto relevo (3D).

O composto é inflamável antes de ser curado (secado), sendo considerado cancerígeno pela Gênesis Tintas, principal fornecedor do produto no Brasil. O fabricante adverte que pode causar irritação nas vias aéreas, na pele e nos olhos dos trabalhadores de estamparia, indicando o uso de equipamento de proteção individual, como luvas e óculos de proteção. É prejudicial à vida aquática quando despejado em lagos, rios e mares. Afeta a qualidade do solo, podendo ser absorvido e poluir lençóis freáticos. As embalagens do produto devem ser descartadas em aterros próprios e licenciados.

Conclui-se, então, que o caráter poluente desse tipo de composto é enorme, obrigando a várias medidas a fim de que não traga malefícios à saúde do prestador do serviço de estamparia e nem seja despejado indevidamente no meio ambiente. É necessário, portanto, avaliar o quão relevante é o seu uso e se existe substituição por um poluente menor, mas com o mesmo desempenho.

O próximo item versa acerca do desenvolvimento sustentável, dos impactos ambientais provenientes dos processos de moda, assim como das estratégias sustentáveis e das ferramentas de análise.

2.1.4 Impacto ambiental dos processos de estamparia

Neste item apresentam-se os principais impactos ambientais levantados a partir da pesquisa bibliográfica. Esses dados contribuem para o desenvolvimento da ferramenta de coleta de dados aplicada nas visitas técnicas em empresas do setor de estamparia têxtil.

¹⁴ Produto resultante da mistura de hidrocarbonetos com ponte de evaporação a 45° C, inflamável e tóxico ao ser humano, podendo causar alergias na pele e nas vias respiratórias.

De acordo com o relatório “Well dressed? The present and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom”, da University of Cambridge Institute for Manufacturing, publicado na Inglaterra em 2006, atualmente as empresas do setor têxtil são pressionadas para obter muito lucro, pelo cliente que busca qualidade a preço baixo e pela sociedade quanto à responsabilidade social e ambiental.

O relatório aponta como principais impactos o uso elevado de energia nas etapas de lavagem e produção de materiais primários, a utilização de produtos químicos tóxicos, a liberação de produtos químicos tóxicos na água (especialmente na lavagem, tratamento, tingimento e acabamento de tecidos), a geração de resíduos sólidos, a exposição do trabalhador a produtos químicos tóxicos, a fibra de poeira ou vapor que pode causar alergias respiratórias, o alto ruído proveniente do maquinário (agente estressor em potencial) e as atividades repetitivas que podem resultar em lesões de trabalho. Esses impactos podem ser percebidos no meio ambiente através da contaminação do solo, do ar e da água. A poluição do solo se dá basicamente pela geração de resíduos como restos de pasta de estampar, telas e embalagens como principais poluidores. Já a poluição do ar, pelas emissões atmosféricas, como gases de combustão e vapores de solventes. E a poluição da água, na geração de efluentes¹⁵ provenientes da lavagem do material do processo, como telas e rodo, maquinário e piso, além do produto já estampado.

Minimizar esses impactos através da diminuição do gasto de água, do volume de produtos químicos perigosos utilizados e do volume de resíduos sólidos e de efluentes são desafios da indústria têxtil mundial. Blackburn (2006) afirma que as etapas de pré-tratamento, de estamparia e de pós-tratamento contribuem significativamente para o elevado uso de água e sua consequente poluição. Otimizar o uso de recursos, como o controle da água ou sua reciclagem para empregá-la em outras áreas, são ações que auxiliam na busca por processos ambientalmente amigáveis.

Blackburn (2006), ao falar dos efluentes contaminados, ressalta que é preciso confirmar o tipo de corante ou pigmento utilizado na estamparia. O corante reativo reage com a água, tornando mais difícil a reciclagem desse efluente, o que exige mais oxigenação química da água. Na tabela a seguir constam os principais corantes utilizados e o tipo de poluição resultante de seu uso.

¹⁵ Resíduos líquidos provenientes de atividades industriais.

Tabela 1: Tipo de poluição resultante do uso de corantes

<i>Fibra</i>	<i>Classe de Corantes</i>	<i>Tipo de poluição</i>	
<i>Algodão e tecido misto</i>	Direto	1.Sal	
		3.Corante não fixado (5-30%)	
		5.Sais de cobre, agentes catiônicos de fixação	
	Reativo	1.Sal, alcalino	
		3.Corante não fixado (10-40%)	
	Vat	1. Alcalinos, agentes oxidantes	
		2. Agentes redutores	
	Sulforoso	1. Alcalinos, agentes oxidantes	
		2. Agentes redutores	
		3. Corante não fixado (10-40%)	
	<i>Lã</i>	Cromo	2. Ácidos orgânicos
			5. Sais de metais pesados
<i>Lã e fibra sintética</i>	Metalizados	2. Ácidos orgânicos	
		3. Corante não fixado (5-20%)	
<i>Poliéster</i>	Disperso	2. Agentes redutores, ácidos orgânicos	
		5. Ligante	

1. poluentes inorgânicos relativamente inofensivos; 2. Facilmente biodegradáveis, moderados à alta demanda biológica de oxigênio (DBO); 3. Corantes e polímeros difíceis de degradar; 4. Difíceis de biodegradar, DBO moderada; 5. Inadequadas para o tratamento biológico convencional, DBO insignificante.

Fonte: traduzida de BLACKBURN (2006, p. 141)

Eis um comparativo entre o Quadro 2 e o Quadro 1: Resumo de processos de estamparia. Observa-se que os corantes mais usuais — como o corante reativo utilizado na impressão digital a jato de tinta em fibras naturais, e o corante disperso, utilizado na sublimação em poliéster — têm algum grau de dificuldade de degradação. O ligante utilizado juntamente com o corante disperso tem grau 5, sendo inadequado para o tratamento biológico convencional. Percebe-se que grande parte dos agentes poluentes são químicos adicionados aos corantes, como ligantes e agentes redutores responsáveis, muitas vezes, pela fixação do corante ao tecido. Entretanto, mesmo após a fixação, na lavagem do tecido estampa, elimina-se o corante não esgotado no processo de estampagem.

Pesquisas sobre químicas menos agressivas que possam substituir as existentes hoje no mercado podem ser consideradas uma abordagem para a redução do impacto dessas químicas no meio ambiente. A utilização de corantes naturais com químicas não resistentes ao tratamento de efluentes é uma alternativa na busca por uma indústria menos impactante.

De acordo com Blackburn (2006), existem outras duas formas de abordar a redução da poluição: o tratamento de efluentes ou *end of pipe* e a minimização dos *inputs* dos processos. O primeiro trata dos efluentes do processo, mas sem atacar a causa, pois apenas remedia a poluição resultante; o segundo das entradas de matéria-prima e recursos naturais, que busca reduzir a poluição resultante e o custo do produto final, diminuindo, assim, o impacto ambiental e aumentando o rendimento financeiro do produto.

O tratamento de efluentes é a abordagem mais encontrada na indústria têxtil devido às exigências da legislação brasileira. A escolha de processos que não exigem o emprego de grandes volumes de água também contribui para a diminuição da poluição.

Fletcher (2008) aponta a sublimação como o processo menos poluente, já que o corante disperso é depositado diretamente no tecido por meio de calor e nenhum outro produto químico é utilizado na operação, não precisando de lavagem. Na serigrafia, por exemplo, grandes volumes de água são empregados principalmente na lavagem de telas e rodos, para a retirada de produto excedente que poderia ser reduzido se houvesse controle do uso de produtos químicos.

De acordo com o Greenpeace (2012), o uso de produtos químicos, mesmo que em baixa quantidade, pode ser prejudicial ao meio ambiente e para as pessoas, pois se tornam resíduos quando não se esgotam no momento da estamparia, sendo descartados na água proveniente da lavagem doméstico do tecido, acumulando-se no ambiente.

Como boas práticas industriais, baseadas no IPPC Europa (Integrated Pollution Prevention And Control), Blackburn (2006) aponta:

- Boas práticas de gestão geral;
- Processos industriais bem documentados;
- Conhecimento das entradas (*inputs*) e saídas (*output*) dos processos executados;
- Utilização de produtos de boa procedência;
- Otimização do consumo de água e energia em todas as etapas dos processos executados, bem como sua reutilização e reciclagem.

Percebe-se que conhecer as etapas dos processos e documentá-los de forma verossímil resulta em uma boa prática industrial, visto que dá visibilidade para fases com potencial poluidor, podendo ser um forte argumento para mudanças, na busca por sistemas menos complexos e mais sustentáveis.

A partir desses conceitos, fez-se a identificação das entradas e saídas dos processos apresentados nesta dissertação no Apêndice I, sob os critérios: o uso de água, geração de efluentes, o uso de produtos químicos, uso de energia elétrica, o descarte dos resíduos sólidos diretos e indiretos (por exemplo, as embalagens das pastas de estampagem) e a vulnerabilidade da saúde dos operadores.

2.2.5 Tratamento de efluentes

Considerando que a água será o recurso natural mais escasso no futuro, medidas que diminuam o seu uso e que a devolvam sem resíduos são de suma importância. Diversos estudos acerca do tratamento de efluentes da indústria têxtil ressaltam a dificuldade em retirar resíduos de corantes e pigmentos que não se esgotam no processo de tingimento e estamparia.

Os corantes sintéticos são usados em larga escala na indústria têxtil com uma variedade de aproximadamente 10.000 diferentes cores. De acordo com Kunz *et al.* (2002), a poluição de corpos d'água por corantes e pigmentos provoca a alteração de sua coloração e dos ciclos biológicos da flora e fauna ribeirinhas.

Existem três métodos básicos para o tratamento do efluente proveniente da indústria têxtil: físicos, físico-químicos e biológicos (QUADROS, 2005). Os métodos físicos são considerados pré-tratamento, visto que apenas retiram partículas sólidas maiores através da passagem do efluente por grades, telas, peneiras, filtros, entre outros; esse método tem a finalidade de proteger as tubulações e os equipamentos dos próprios processos aplicados, evitando avarias e sua interrupção por bloqueio (entupimento). Os métodos físico-químicos removem a cor, o odor e outras matérias orgânicas através da coagulação, floculação, precipitação e oxidação. E os métodos biológicos utilizam o metabolismo de bactérias a partir de matéria orgânica, limpando a água.

O método de tratamento adotado será de acordo com o tipo de corante ou pigmento a ser tratado. Kunz (2002) defende a combinação de mais de um método para a obtenção de êxito no tratamento de efluentes têxteis. Nota-se que o método físico não limpa, isolada e totalmente, o efluente, porém, quando combinado com o método biológico, acelera o processo de tratamento e limpa o efluente.

Além do tratamento dos efluentes, deve-se considerar o tipo de energia empregado para pôr em operação o maquinário necessário para cada técnica, assunto abordado a seguir.

2.2.6. Uso de recursos energéticos

A economia brasileira caracteriza-se pelo elevado nível de desperdício de recursos naturais e energéticos. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) entende os recursos naturais como potenciais fontes para o desenvolvimento do país, os quais são mal aproveitados devido ao desperdício.

De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, a oferta interna de energia do Brasil tem como principais fontes: o petróleo (39%), a hidráulica e elétrica (15%), a cana de açúcar (14%), a lenha e carvão vegetal (13%), o gás natural (9%), o carvão mineral (6%), outras fontes renováveis (3%) e, por fim, o urânio (1%).

Como principais fontes de energia elétrica para a indústria têxtil, o Ministério de Minas e Energia cita as usinas hidrelétricas, as usinas térmicas (utiliza combustíveis fósseis, como o carvão, petróleo e gás natural) e as usinas nucleares (o Brasil tem duas usinas em operação atualmente: Angra 1 e 2, em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro), e salienta que essas formas de produção causam algum impacto no meio ambiente. Grandes áreas alagadas, assoreamento dos rios, mudanças na qualidade da água, chuvas ácidas e vazamentos radioativos são alguns dos males causados. Hoje, grande parte da energia utilizada no Brasil provém de usinas hidrelétricas.

Como alternativa ao combustível fóssil (petróleo), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), juntamente com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), cita o biogás e a biomassa proveniente de florestas energéticas, resíduos vegetais e o biodiesel. Como ponto positivo dessa postura, o MAPA salienta a possibilidade de incorporar áreas de agricultura de energia (plantação de florestas energéticas) à área de agricultura alimentar, sem competição de safra. Aponta também as usinas termoelétricas movidas pela queima de madeira de manejo florestal ou reflorestamento como complemento da geração de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas.

O MAPA defende que, mesmo liberando dióxido de carbono (CO₂) proveniente da queima de madeira, sua extração ocorre de forma diferente daquela utilizada na queima de florestas importantes para a agricultura e a pecuária. A extração se dá de forma controlada, em áreas específicas de reflorestamento e de manejo, possibilitando a absorção do dióxido de carbono pelo crescimento das árvores ao redor da extração, respeitando, assim, sua resiliência.

O uso da lenha como fonte de energia é considerado um recurso renovável pelo Ministério de Minas e Energia do Brasil, bem como a hidráulica, o etanol, a eólica, a

biomassa, a solar e o carvão vegetal. Já o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio são considerados fontes de energia não renovável.

Dado o detalhamento dos processos de estamparia têxtil e os impactos de tal prática no meio ambiente, parte-se para o estudo dos conceitos acerca do desenvolvimento sustentável e das estratégias existentes hoje e que visam processos sustentáveis. No próximo capítulo apresentam-se a normativa ISO e a ferramenta SDO, e também se discutem os aspectos que foram apropriados para a criação da ferramenta de coleta de dados utilizada neste estudo.

2.2.7 Ambiente de trabalho

A promoção da qualidade de vida tem como objetivo facilitar e satisfazer as necessidades dos trabalhadores ao desenvolver suas atividades laborais, conciliando os interesses dos indivíduos e da empresa. Para isso, o Ministério do Meio Ambiente argumenta que ações visando melhorias ambientais gerais, como a qualidade do ar, o ruído, a segurança, a integração social e o desenvolvimento das capacidades humanas, são importantes para elevar o grau de satisfação e de envolvimento do trabalhador com a atividade executada. Como consequência, há mais pessoas produtivas e engajadas.

Para analisar o ambiente de trabalho, abrangendo o âmbito social do desenvolvimento sustentável, são considerados os aspectos de temperatura, umidade do ar, iluminação, ventilação, ruído e o uso de EPI.

De acordo com a norma regulamentadora nº 17 do Ministério do Trabalho e Emprego, as condições ambientais de trabalho devem se adequar às funções executadas e às características psicofisiológicas do trabalho. Assim, nos locais onde se executam funções que exijam atenção constante e solicitação intelectual, as seguintes condições de conforto são recomendadas:

- a) Temperatura: atividades em que o trabalhador fica a maior parte do tempo sentado, com movimentos moderados dos braços, tronco ou pernas, ou em pé, em máquinas ou bancadas, utilizando principalmente os braços, são consideradas, por lei, Trabalhos Leves. Quando o trabalhador desempenha função em pé, em máquinas ou bancadas, com alguma movimentação, considera-se trabalho moderado. Tanto no leve quanto no moderado a temperatura não deve ser superior a 30° C.
- b) Umidade do ar superior a 40%.
- c) Iluminação: natural ou artificial, uniformemente distribuída e difusa.

d) Ventilação do ambiente: natural, por meio de janelas ou claraboias, ou artificial, por meio de climatização. Em atividades que produzam vapor, é necessário o uso de um sistema de exaustão.

e) Ruído: de acordo com o Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil (FIEMG, 2014), a área que mais produz ruído na indústria têxtil é a tecelagem. Entretanto, o guia destaca que é necessário o uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual) em todas as etapas, visto que o ruído é um agente estressor em potencial. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), norma reguladora NBR 10152, indica, para salas com computadores e de mecanografia, 65 decibéis, o que equivale ao barulho de uma rua movimentada das grandes cidades, escutado da janela.

f) EPI (Equipamento de Proteção Individual): o Ministério do Trabalho e Emprego, sob a norma reguladora nº6, considera como EPI todo dispositivo ou produto, utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho. De acordo com o Anexo I da norma, o EPI deve servir para proteger a cabeça, os olhos e a face, as funções auditiva e respiratória, os troncos e membros superiores e inferiores, e também contra quedas. Para esta pesquisa podem ser considerados como EPI: protetores respiratórios contra poeira, névoa e vapores; vestimenta de proteção do tronco contra riscos de origem térmica; luvas de proteção das mãos contra agentes abrasivos, térmicos e químicos; protetores auriculares e óculos, visto que este estudo versa sobre processos industriais que envolvem a interação entre o trabalhador e os produtos químicos, além de fontes de calor. De acordo com a lei nº 6514, de 22 de dezembro de 1977, capítulo V, seção IV, artigo 166, do Ministério do Trabalho, “a empresa é obrigada a fornecer aos empregados gratuitamente equipamentos de proteção individual adequadas ao risco e em perfeito estado de conservação e de funcionamento, sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam proteção contra riscos de acidentes e danos à saúde dos empregados”. Isto é, quando as medidas de segurança coletiva não são suficientes para diminuir o risco de acidente de trabalho ou doenças profissionais, torna-se obrigatório o uso de EPI.

g) Qualidade do Ar: processos industriais, geração de energia, queimadas e veículos automotores são consideradas as maiores causas da introdução de poluentes na atmosfera, causando danos à saúde humana, fauna e flora. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) define como poluição atmosférica qualquer forma de matéria ou energia que possa ser nociva e não necessariamente visível. Doenças respiratórias e

cardiovasculares são os principais males que a poluição do ar pode ocasionar em seres humanos. Por qualidade do ar, o MMA define como “o produto da interação de um complexo conjunto de fatores dentre os quais se destacam a magnitude das emissões, a topografia e as condições meteorológicas da região, favoráveis ou não à dispersão dos poluentes”¹⁶. De acordo com a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), do Rio Grande do Sul, o principal poluente proveniente de processos industriais no qual não ocorre combustão (queima entre substância e gás) é o PTS (Partículas Totais em Suspensão), caracterizado como partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar em forma de poeira, causando neblina, fumaça, fuligem, etc. É o principal causador de asma e bronquite em pessoas expostas a longo prazo.

Esses aspectos são pertinentes à pesquisa, pois, durante o processo de estampagem, ocorre a interação do trabalhador com os equipamentos e produtos químicos que produzem vapor e contêm cheiro, podendo ser prejudiciais à saúde do trabalhador.

Assim, a partir das teorias levantadas e dos fluxos de processos já explicitados, é possível definir os principais tópicos para a pesquisa de campo, a saber: o uso de água potável, a energia elétrica, os produtos químicos e a necessidade do uso de EPI.

2.3 Estratégias e ferramentas para alcançar a sustentabilidade

Nesta seção abordam-se os conceitos do desenvolvimento sustentável e sua relação com o *design*.

2.3.1 Desenvolvimento sustentável

O primeiro conceito sobre desenvolvimento sustentável foi criado a partir da elaboração do manifesto constituído por Gro Brundtland, *Our Common Future*, em 1987. Os documentos elaborados pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas resultaram na extinção do uso de produtos que continham clorofluorcarbonos (CFC's) e no Relatório da Comissão Mundial sobre o Meio ambiente e Desenvolvimento, conhecido também como Relatório Brundtland, devido ao nome de sua coordenadora, considerado um

¹⁶ Fonte: www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar

marco na relação entre desenvolvimento e meio ambiente, na busca por soluções que não degradassem mais o meio ambiente (STRALIOTO, 2009).

Neste estudo, utilizou-se a definição de Gro Brundtland (Our Common Future, 1987) para o desenvolvimento sustentável. Nele, o desenvolvimento sustentável deve ser entendido como “(...) a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações humanas. “ (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988, p. 49)

A partir dessa definição, em 1990, a WWF (World Wide Found For Nature) acrescentou ao conceito deliberado pela comissão a proteção ao ecossistema, defendendo uma prática benéfica tanto para o ser humano quanto para a natureza.

A partir da ECO 92 (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e para o Desenvolvimento – CDU-MAD), realizada no Rio de Janeiro, as preocupações se tornaram globais, alavancando estudos não só dos setores privados, mas também do setor público (CARLI et al., 2012). O encontro foi importante para o debate sobre o conceito sustentável, sendo entendido e pretendido pela sociedade em geral e pelas empresas privadas.

Em 2000, criou-se a Unidade de Consumo Sustentável, da UNEP (United Nation Environmental Programme), através do entendimento de que o ecossistema está no limite de sua oferta de matérias naturais e de absorção de resíduos (GEYER-ALLELY, 2002).

Depois disso, outras definições surgiram, abrangendo, além do âmbito do sistema ecológico, o sistema econômico, o político e o socioético, na tentativa de envolver toda a comunidade em práticas favoráveis. Segundo Vezzoli (2010), o âmbito ecológico (da resiliência da biosfera e da geosfera), o socioético (como a capacitação para a geração de empregos, respeito à cultura, identidade e distribuição de recursos), e finalmente, o econômico e político (que possibilitem ações economicamente viáveis com vistas ao aumento monetário e do padrão de vida da comunidade) são os pilares do desenvolvimento sustentável moderno.

Carli *et al.* (2012, p. 72) consideram o desenvolvimento sustentável como um mediador do “conflito entre o desenvolvimento econômico com a preservação da qualidade do meio ambiente, do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida dos cidadãos”, evitando posturas extremas, que pregam o consumo desenfreado ou não.

Outra razão para considerar o desenvolvimento sustentável como mediador do conflito entre desenvolvimento econômico e preservação do meio ambiente é que, devido a ações de

boas práticas industriais, nas quais se preza pela eficiência do sistema, com processos bem formatados que utilizam apenas o necessário de matéria-prima, o custo final do produto acaba diminuindo. Enxergar a preservação ambiental pelo olhar econômico, onde menos recurso significa menos custo de produção, pode gerar empatia de empresários e acelerar a inserção de medidas sustentáveis.

Lançando mão da definição dada pelo International Council of Society in Industrial Design (ICSID) em 2005, que define o *design* como uma atividade criativa que objetiva “estabelecer as qualidades multifacetadas dos objetos, processos, serviços e seus sistemas, compreendendo todo o seu ciclo de vida”, o autor explica que, ao se preocupar com todo o ciclo de vida do produto, amplia-se também a sustentabilidade global e a proteção ao meio ambiente (VEZZOLI, 2010, p. 38).

O designer desempenha o papel de elo entre o consumidor final e a empresa, visto que, como projetista, interage com os dois atores. O consumidor traz a demanda, que é projetada pelo designer e fabricada pela indústria até chegar a ele. Deste modo, o designer tem responsabilidade na busca por inovação, ao promover o uso de processos mais sustentáveis.

Entender o ciclo de vida dos processos de estamperia é o primeiro passo para identificar em quais etapas a poluição é gerada. Ao se analisar todo o ciclo, deve-se considerar o contexto em que a empresa está inserida, assim como a legislação. Braungart e McDonough (2013) afirmam que toda a sustentabilidade é local, e por isso, deve ser pensada conforme os aspectos da localidade onde a empresa está inserida. Os elementos de projeto humanos estão diretamente ligados aos elementos naturais do planeta, com uma relação de dependência.

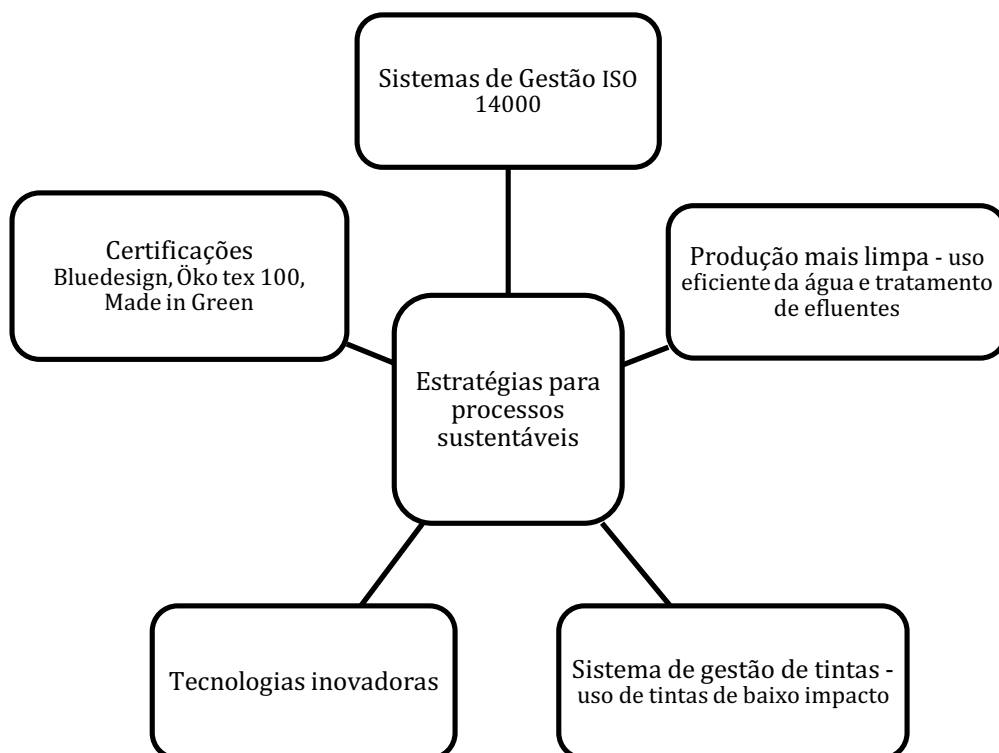
Entender a vida útil do produto de moda e seu processo produtivo pode contribuir para escolhas que resultem em produtos de menor impacto ambiental. Todas as etapas de um processo de estamperia têxtil devem ser consideradas quando se busca a produção de artefatos de moda alinhados à sustentabilidade. É preciso avaliar quais são os processos menos poluentes e menos tóxicos, mas que sejam atrativos o suficiente para que não se tornem defasados, visto que o período mercadológico de vida de um produto de moda é curto. Deste modo, evitam-se custos desnecessários ao final de seu ciclo de vida energético, matérias-primas e espaços físicos desperdiçados. Para tanto, convém adotar algumas estratégias.

2.3.2 Estratégias para processos de manufatura têxtil mais sustentável

Hoje a moda é uma indutora poderosa de consumo, e como ela e os têxteis estão diretamente ligados, estratégias que buscam minimizar o uso desenfreado de recursos naturais não renováveis, bem como a falta de cuidado desses meios, são necessárias. Berlim (2012) aponta que estratégias que estabelecem uma política ambiental para todos os setores da empresa, como a produção mais limpa e as normativas ISO's, são cada vez mais comuns nas empresas do setor.

Ampliando esse conceito, Salcedo (2014) destaca cinco estratégias que, quando usadas em conjunto, têm grande potencial no que tange à sustentabilidade das indústrias têxteis: Sistemas de Gestão ISO 14000 (tratado posteriormente), Produção mais limpa, Sistema de Gestão de Tintas, Tecnologias Inovadoras e Certificações (tratado no próximo subitem), como constam no gráfico a seguir:

Gráfico 12: Estratégias para processos sustentáveis



Fonte: SALCEDO, 2014, p. 83.

A produção mais limpa “é a aplicação contínua de estratégias ambientais preventivas nos processos produtivos”, de forma que se faça o uso eficiente dos recursos naturais (utilizando somente o necessário), se minimize os resíduos e as emissões e também os riscos oriundos do uso de produtos químicos, somado à sua eliminação gradual (SALCEDO, 2014, p. 83). Isto é, a produção mais limpa se refere a melhorias feitas nos processos produtivos, a fim de que sejam mais limpos que os processos existentes, reduzindo a necessidade de consumir mais recursos e diminuindo a produção de resíduos e efluentes. A produção + limpa envolve estratégias como evitar o desperdício, armazenar adequadamente os insumos, dispor resíduos no local correto, usar eficientemente as matérias-primas e substituir os produtos químicos tóxicos, como as tintas de estampagem.

Para a seleção de tintas, recomenda-se o uso de químicas que estejam em conformidade com as listas de substâncias restritas que excluem aquelas à base de formaldeídos, corantes azóicos, níquel, chumbo, cádmio, cromo, e que não sejam alergênicas. Essa lista leva em consideração a toxicidade humana — carcinogenicidade, mutagenicidade, toxicidade reprodutiva, alteração endócrinas —, a eco toxicidade e a bioacumulação. Na Europa utiliza-se a lista REACH (regulamentação) de substâncias proibidas no território (SALCEDO, 2014). No Brasil não existe uma legislação específica para o uso de químicas na indústria têxtil, embora se perceba um esforço das indústrias de tintas na substituição por produtos não tóxicos, com menor risco de causar alergias.

Braungart e McDonough (2013) acrescentam que não é necessário ‘jogar’ no lixo os produtos que temos hoje e criarmos novos a partir dos conceitos sustentáveis, já que mudar paradigmas drasticamente requer muito esforço, tempo, dinheiro e criatividade. Pequenas mudanças podem ser um *start* para que, gradativamente, essas substâncias parem de ser produzidas.

Essa postura estimula a criatividade e o desenvolvimento de uma nova linha de produtos livre de substâncias nocivas, que não repliquem os problemas anteriores. Como exemplo, há a marca alemã *Shirt for Life* (Figura 15). Pertencente ao projeto Ethical Fashion Show¹⁷, evento anual paralelo à semana de moda de Berlim, que promove marca de moda sustentável, a empresa oferece camisetas estampadas, de algodão orgânico, produzidas sem a adição de produtos químicos poluentes. Como comprovação, os produtos são certificados pela Global Organic Textile Standard (GOTS)¹⁸ como livres de produtos químicos. A certificação usa

¹⁷ Fonte: <http://ethicalfashionshowberlin.com>

¹⁸ Fonte: www.global-standard.org/certification/how-to-get-chemical-inputs-approved.html

como critério a lista REACH, a ISO 11014-1, entre outros, além de realizar testes e exigir informações adicionais para conceder a certificação.

Figura 15: Shirt for Life



Fonte: www.shirtsforlife.biz/index.php?p=collection, 2015.

Dentre essas estratégias, pode-se considerar o *design* como uma tática para a mudança de paradigmas, buscando a sustentabilidade na indústria têxtil.

Carbonaro e Votava (2009) apontam o designer como um agente de mudança, encorajador de padrões sociais emergentes, de forma a moldar esse comportamento. De acordo com as autoras, o designer tem o papel de explorar novos sistemas de trabalho, mais justos, priorizando a produção local e incentivando o consumidor a dar preferência a produtos sustentáveis.

A escolha dos processos e dos materiais a serem empregados no projeto de produtos estampados de moda aparece como ponto importante, visto que o designer desempenha o papel de mediador entre o cliente e a indústria. Ele projeta uma demanda vinda do cliente e que será produzida pela indústria. Assim, sugerir processos ambientalmente amigáveis e que resolvam a demanda do cliente colabora para disseminar o conceito de uma sociedade mais harmônica entre consumo e meio ambiente.

Ações que otimizam a produção são um exemplo de inserção da sustentabilidade dentro da indústria têxtil, tais como utilizar a quantidade de produtos químicos necessários, evitar a geração de resíduo (*zero waste*) do tecido na hora do corte da peça e utilizar retalhos e linhas residuais para a confecção de novas peças. O lixo de um processo pode ser a matéria-prima de outro produto.

Como exemplo de tal prática há o estilista americano Daniel Silverstein, que desenvolve peças de vestuário utilizando o conceito de *zero waste*. E quando este não é possível, ele utiliza a sobra de outras peças, como se constata na figura a seguir:

Figura 16: *zero waste* (Daniel Silverstein)



Fonte: www.danielsilverstein.us/lng-slv-rag-bowie

Em sua comunicação, o estilista explica que, ao adquirir uma peça *zero waste* feita à mão, o cliente apoia a redução da poluição de têxteis, os artesãos locais, as práticas trabalhistas justas e um hábito de moda sustentável. Comunicar de forma transparente também contribui para o engajamento do cliente por uma moda sustentável. A UNEP (2009) também sustenta que a elaboração de materiais educativos a serem disponibilizados para a sociedade contribui para o entendimento do desenvolvimento sustentável, aproximando-o das pessoas.

Outras ações que podem ser empregadas na busca pela sustentabilidade na moda é a customização de peças usadas que dão novo visual ao produto, prolongando seu ciclo de vida e o *slow fashion*, que prioriza a mão de obra local, aproveitando a matéria-prima e os aspectos culturais da localidade onde a empresa se insere. Nesse sistema não há lançamentos contínuos, uma vez que as peças são produzidas em um ritmo mais lento, antagônico ao *fast fashion* (PEREIRA e NOGUEIRA, 2013).

O Greenpeace (2012) aponta como estratégia para a redução do impacto causado pelos produtos de moda as políticas governamentais do “zero discharge”. Evitar o uso e a exposição de pessoas e do meio ambiente a produtos químicos tóxicos por longos períodos, desenvolver programas claros e difundidos sobre o uso desses produtos e de que forma suas embalagens

podem ser descartadas, e até políticas mais severas, como a proibição de produtos fabricados a partir de substâncias tóxicas.

Dentro desse cenário, a contribuição deste trabalho se dá através de um entendimento mais aprofundado acerca dos processos de estamparia, possibilitando sua avaliação quanto à sustentabilidade no âmbito ecológico. A seguir, apresentam-se as principais certificações e a legislação brasileira sobre os efluentes têxteis.

2.2.2 Legislação e Certificações

Esta seção versa sobre legislação e certificações, estratégia apontada no item anterior para a sustentabilidade em processos mais sustentáveis de manufatura têxtil. Abordam-se os principais órgãos reguladores no âmbito nacional, estadual (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e municipal acerca dos efluentes industriais, além das certificações internacionais voltadas para a área têxtil.

A legislação é de fundamental importância no incentivo à transformação, já que detém prerrogativas não cabíveis à sociedade civil, como a criação de novas leis, sua aplicação e o recolhimento de impostos e taxas que condicionam a uma mudança dos hábitos poluentes.

No Brasil, em 1981, estabeleceu-se a política nacional do meio ambiente, definida pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), “que determinou que todas as organizações [estavam] sujeitas às legislações e aos órgãos de fiscalização específicos no âmbito nacional, estadual e municipal” (JACQUES, 2011, p. 42).

No âmbito nacional, os órgãos regulares são o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis); no âmbito estadual (RS), a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), e municipal (Porto Alegre), a SMAM (Secretaria Municipal do Meio Ambiente). Os órgãos federais são responsáveis pelas políticas governamentais, pela legislação, controle e fiscalização. Os órgãos estaduais e municipais, além de fiscalizar, atuam na implementação de projetos e programas de fiscalização.

No estado de Santa Catarina há o SEMA (Sistema Estadual do Meio Ambiente), que busca a uniformidade na interpretação da legislação e a disposição das informações pertinentes aos municípios. Dentro do SEMA há o CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente), responsável por promover o equilíbrio entre o meio ambiente e o desenvolvimento

econômico social do estado. Setores responsáveis pelo controle e fiscalização também estão presentes no CONSEMA.

Percebe-se que, dentro do próprio país, há órgãos e políticas governamentais diversas que dificultam a padronização e o entendimento de normatizações, ações e metas voltadas para a sustentabilidade em âmbito nacional.

As principais normatizações referentes ao uso de recursos hídricos estão dispostas na Constituição Federal de 1988, que atribui à União a legislação desses recursos, bem como a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que estabelece diretrizes sobre o uso, cobrança, direitos e sistemas de informações sobre os recursos hídricos. O CONAMA, o CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) e a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) dispõem de normativas sobre efluentes, que preconizam, por exemplo, a construção de tanques assépticos para unidades de tratamento complementares e disposição final dos efluentes.

Em 2011, o Ministério do Meio Ambiente brasileiro lançou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), envolvendo a União, os estados e municípios. O plano engloba aspectos como a deposição final dos resíduos, as metas e proposições de sua reutilização, reciclagem e redução, além de metas para a eliminação dos lixões, etc. Prevê também a prevenção e a redução da geração de resíduos, outorgando a responsabilidade compartilhada aos principais geradores: fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, cidadãos e titulares. Propõe também a prática de hábitos de consumo mais sustentáveis, o aumento da reciclagem e da reutilização de resíduos com valor econômico e a destino correto do resíduo não aproveitado.

De acordo com o PNRS, produtos como pilhas e baterias, pneus, lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, óleos lubrificantes e seus resíduos, embalagens e componentes, e também produtos eletrônicos e seus componentes, são definidos como objetos obrigatórios de logística reversa, quando o produto deve retornar ao fabricante para que seja reciclado, reaproveitado ou enviado ao local correto de descarte. Embalagens, em geral, como as de tintas para a estamperia, também podem ser parte dessa cadeia, ficando a critério do fabricante. Para o descarte dessas embalagens e de outros produtos químicos utilizados nos processos de estamperia, indica-se a devolução ao fabricante, para que ele o reutilize ou descarte de maneira adequada.

O artigo 13 da PNRS define como resíduo industrial todo resíduo gerado nos processos produtivos e instalações industriais. Já o CONAMA, resolução 313/2002, determina que todo

resíduo que resulte de atividades industriais, e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso (quando contido) e líquido que causem impacto, inviabilizando o seu lançamento nos esgotos ou em outros sistemas hídricos, ou que exija alguma solução técnica ou tecnológica para o seu descarte, é considerado resíduo industrial. O lodo proveniente do tratamento de efluentes e o resíduo gerado em equipamentos e na instalação de controle de poluição também são contemplados pela norma, recebendo a mesma classificação.

Além das legislações reguladoras, existem iniciativas voluntárias como os Selos Verdes, que visam informar o consumidor acerca dos produtos ambientalmente amigáveis. Jacques (2011) aponta que, além da legislação, utilizam-se também as Certificações Ambientais de institutos internacionais reconhecidos, que promovem a confiabilidade nos produtos, facilitando o comércio entre as empresas.

Salcedo (2014) aponta três certificações internacionais voltadas, exclusivamente, para os têxteis:

- A BLUE SIGN é uma normativa suíça voltada para a indústria têxtil que busca avaliar e reduzir o consumo de recursos, com auditorias sobre o uso de energia, água e produtos químicos, incluindo tintas e outros acabamentos presentes na indústria têxtil.
- A ÖEKO TEX STANDARD 100 certifica empresas que respeitam o meio ambiente, tendo normativas mais rígidas que a legislação local. Abrange, além da energia e da água, as emissões e o controle sonoro de ruídos provenientes da indústria. A certificação só é obtida quando a indústria tem pelo menos 30% de toda a sua produção livre de substâncias nocivas.
- A MADE IN GREEN foi criada pelo instituto espanhol AITEX, abrangendo critérios ambientais e sociais referentes ao produto e seu processo. O instituto concede a certificação apenas a empresas que já detenham a ÖKO TEX STANDARD 100, o que indica que parte de sua produção se encontra livre de substâncias nocivas, e que tenham respeito com o meio ambiente durante toda a produção do têxtil obtido através da ISO 14000, além de respeitar critérios sociais.

No Brasil, a certificação mais usual é a ISO 14000, com normativas homologadas pela ABNT. Abrange seis áreas, como sistema de gestão ambiental, aspectos ambientais nas normas de produtos, auditorias ambientais, rotulagem, avaliação de desempenho ambiental e análise do ciclo de vida do produto. A família ISO busca a criação de um sistema de gestão

ambiental que auxilie as empresas a cumprir metas ambientais, diferenciando-as (JACQUES, 2011).

Entretanto, a certificação é apenas uma diretriz. Várias certificações podem ser combinadas de modo a se adequar ao objetivo da empresa. A utilização de mais de uma diretriz amplia o foco da análise, deixando o resultado mais elaborado, apontando caminhos não convencionais. Deste modo, nos próximos itens se abordarão as ferramentas que se mostraram adequadas para a confecção da ferramenta de coleta de dados, aplicada nesta pesquisa.

2.2.3 Análise do Ciclo de Vida (ACV)

Nesta seção apresenta-se a normativa ISO 14040, utilizada como princípio da confecção da ferramenta de coleta de dados. As etapas de inventário e normativa foram empregadas para desenvolver, primeiro, a representatividade gráfica dos fluxos dos processos, possibilitando a identificação das entradas e saídas de cada método estudado, e depois, a ferramenta de coleta de dados aplicada nas visitas técnicas às indústrias têxteis.

As principais aplicações diretas sugeridas pela normativa são o desenvolvimento e o aperfeiçoamento do produto, o planejamento estratégico, a elaboração de políticas públicas e o *marketing*. Contudo, pode ser aplicada também a estudos que não se centram, precisamente, na análise do ciclo de vida. Alguns de seus aspectos podem ser utilizados no estudo de partes específicas do ciclo de vida como, por exemplo, o gerenciamento de resíduos, a análise de componentes do produto, entre outros. A partir dessa prerrogativa, alguns aspectos da ISO 14040 são utilizados nesta investigação a fim de obter um indicador ambiental sobre os processos de estampa já explicitados.

A normativa ISO¹⁹ n° 14040 compõe a série 14000, que abrange sistemas de gestão ambiental. Destinada à análise do ciclo de vida de produtos, processos e serviços, a normativa analisa todas as etapas, da matéria-prima ao descarte.

Os primeiros estudos sobre a análise do ciclo de vida ocorreram durante a crise do petróleo, ao final da década de 1960 até o início dos anos 1980, com o objetivo de utilizar melhor os recursos energéticos. O foco inicial da técnica se detinha apenas na embalagem, e não no produto completo. A primeira entidade que padronizou seus termos foi a SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry). Hoje, a ACV é reconhecida

¹⁹ International Organization for Standardization.

internacionalmente e normatizada pela ISO 14040, que define os requisitos gerais de condução e critérios de divulgação dos resultados a serem publicados (CHEHEBE, 1997).

A normativa ISO 14040 é disponibilizada no Brasil através da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), sob o título ABNT NBR ISSO 14040 – Gestão ambiental: Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. A análise do ciclo de vida é a ferramenta utilizada para compreender os impactos ambientais associados ao desenvolvimento de produtos e serviços. Engloba os aspectos ambientais relacionados ao produto/serviço e os impactos ambientais potenciais ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima, produção, uso, pós-uso e disposição final ou descarte.

Com o uso da ferramenta é possível identificar oportunidades de melhoria em diversas fases do ciclo de vida de um produto. A coleta de informações relevantes auxilia na tomada de decisão visando à reprojeção do produto analisado, ao planejamento estratégico e à definição de prioridades de produção (ABNT NBR ISO 14040, 2014).

A normativa não abrange o âmbito econômico e social do desenvolvimento sustentável podendo ser combinada a outras ferramentas. Entretanto, a análise do ciclo de vida contempla todos os atributos ou aspectos do ambiente natural, da saúde humana e dos recursos, visando detectar potenciais impactos através da identificação e quantificação de entradas e saídas do processo de elaboração do produto. Chehebe (1997) complementa que a normativa pode auxiliar também na avaliação de alternativas de produção, além de dar apoio a indicadores ambientais.

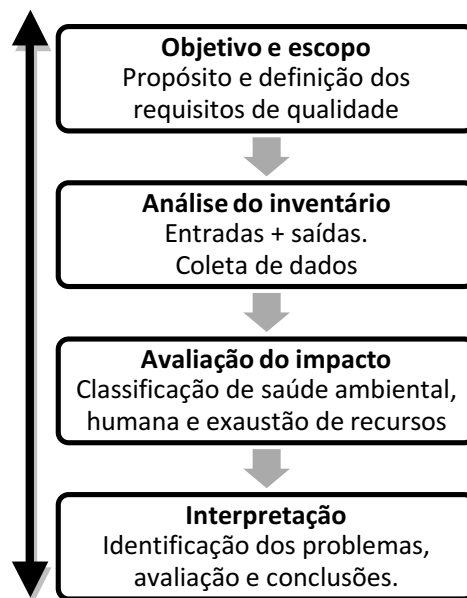
O autor ressalta ainda que a ACV encoraja as indústrias a considerar as questões produtivas sob a ótica ambiental, a fim de melhorar o entendimento desses aspectos de forma abrangente, identificar prioridades, afastando-as do conceito tradicional de *end of pipe*. Já Maçaneiro *et al.* (2015) apontam que *end of pipe* são tecnologias utilizadas para o tratamento ou remediação, e que são usadas nas indústrias de maneira forçosa devido à legislação ambiental. Isto é, essas tecnologias apenas minimizam os problemas ambientais sem questionar as causas geradoras, não tendo o propósito de eliminá-los permanentemente, uma vez que se encontram limitadas à legislação.

De acordo com Chehebe (1997), a ACV possui um enfoque gerencial que integra, de forma consistente, fatores como valor agregado, qualidade ambiental e qualidade tecnológica do produto. Ao lidar simultaneamente com esses três fatores, é possível repensar a estratégia empresarial e alinhar melhor o produto ao mercado ou até expandi-lo. Porém, essas mudanças precisam ser feitas de forma gradual e em todos os setores da empresa. Iniciar com pequenos

projetos-piloto e elaborar programas de implementação de médio a longo prazo, com profissionais qualificados, são ações que aumentam a chance de sucesso, já que é um processo com custos elevados e que exige envolvimento total da empresa.

O estudo de ACV divide-se em quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise do inventário, avaliação do impacto e interpretação, como segue no próximo gráfico:

Gráfico 13: Etapas da análise do ciclo de vida

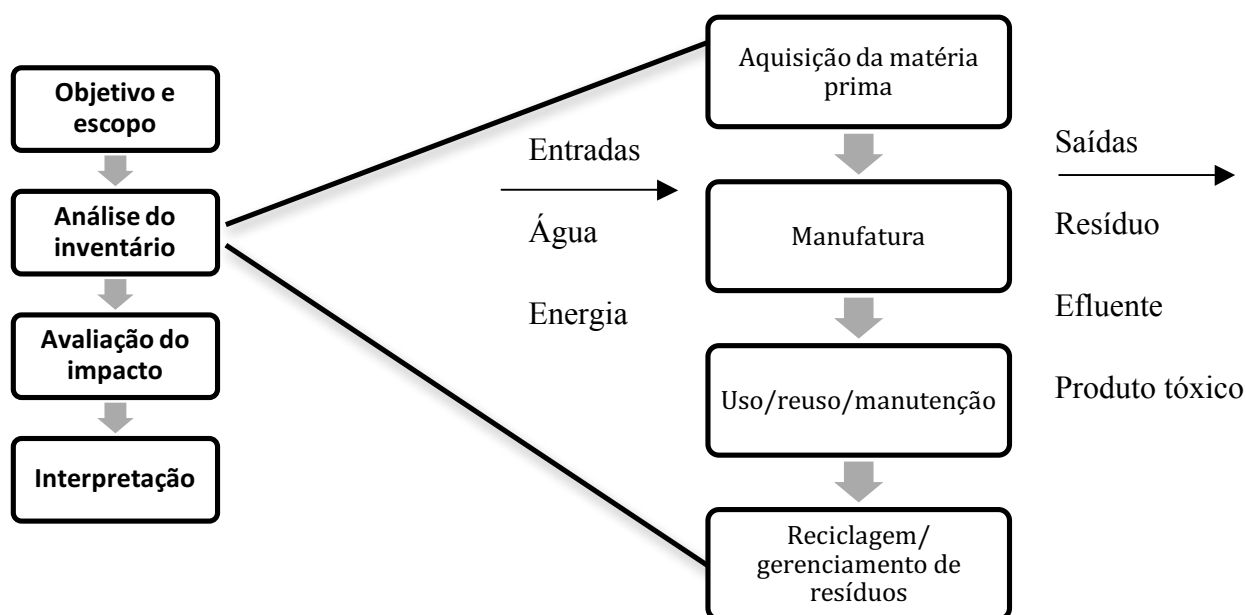


Fonte: CHEHEBE, p. 21.

O objetivo e o escopo compreendem a abrangência, os limites e a profundidade do estudo, além da definição do objetivo e da motivação para realizá-lo. Essa etapa contempla a estrutura e os princípios da investigação a ser realizada, bem como a forma que os resultados serão comunicados e a escolha de valores para a interpretação final.

A análise do inventário é a fase de coleta de dados e a quantificação das entradas e saídas como matéria-prima, energia, transporte, efluentes, resíduos, etc., conforme consta no gráfico a seguir:

Gráfico 14: Análise do inventário



Fonte: a autora, 2015.

O inventário pode fornecer várias informações: estabelecer a necessidade e quantificar a matéria-prima, energia e custos que o produto exige para a sua fabricação; identificar, dentro do processo produtivo, pontos poluentes ou que gastem matéria-prima e energia além do necessário; comparar entradas e saídas com um sistema ou produto com produção alternativa (menos poluente); auxiliar na inovação, visando produtos que utilizem menos recursos em sua produção.

De acordo com Chehebe (1997), a condução da etapa de inventário pode ser dividida em cinco etapas: **preparação para a coleta de dados**, quando se detalha todo o processo produtivo e os recursos utilizados; **a coleta dos dados** levantados; **o refinamento dos limites do sistema**, quando se excluem processos e fluxos de matérias não relevantes. Na etapa de **validação dos dados** justificam-se todos os dados levantados e, por fim, atribuem-se as emissões aos subprodutos oriundos de cada microprocesso produtivo, chamados de **alocação**.

Na fase de avaliação de impacto, os danos ambientais levantados no inventário são entendidos e avaliados de forma qualitativa e quantitativa, de acordo com sua significância e magnitude. E, por fim, na fase de interpretação, ocorre a identificação e a análise, que podem tomar forma de diretriz para a tomada de decisão, ou então, de recomendações. O sucesso da análise do ciclo de vida dependerá da sensibilidade e do conhecimento de quem irá executá-la. Deste modo, Chehebe (1997) sugere que seja composta uma comissão para se obter uma

revisão e crítica independentes desde o início do processo de análise, de forma a validar os resultados.

O designer, ao projetar para o ambiente (*Design for Environmental*) mediante o uso dessa ferramenta, deve ter bem claro qual aspecto irá priorizar, já que estes podem ser conflitantes. Estender a vida útil de um determinado produto ou processo pode ser mais importante do que utilizar materiais biodegradáveis que possam torná-lo frágil (VEZZOLI, 2010). A relevância dos aspectos deve ser bem definida para que não haja apenas a transferência de um impacto para outro.

Salcedo (2014) identifica a ACV como um método largamente aceito para avaliar o impacto ambiental dos diferentes processos na totalidade do ciclo de vida de um produto têxtil. Por conseguinte, a ferramenta pode ser usada para determinar os aspectos ambientais mais significativos nos processos e proporcionar informações para a empresa escolher, entre muitas alternativas possíveis, o caminho mais sustentável.

Para tornar a ferramenta de coleta de dados mais completa, empregaram-se aspectos do âmbito social e ambiental abordados na ferramenta *Sustainability Design Orienting toolkit*, que abrange os pilares do desenvolvimento sustentável em sua totalidade, contribuindo para a inserção de elementos que a ACV pode não contemplar. Na próxima seção, discute-se essa ferramenta.

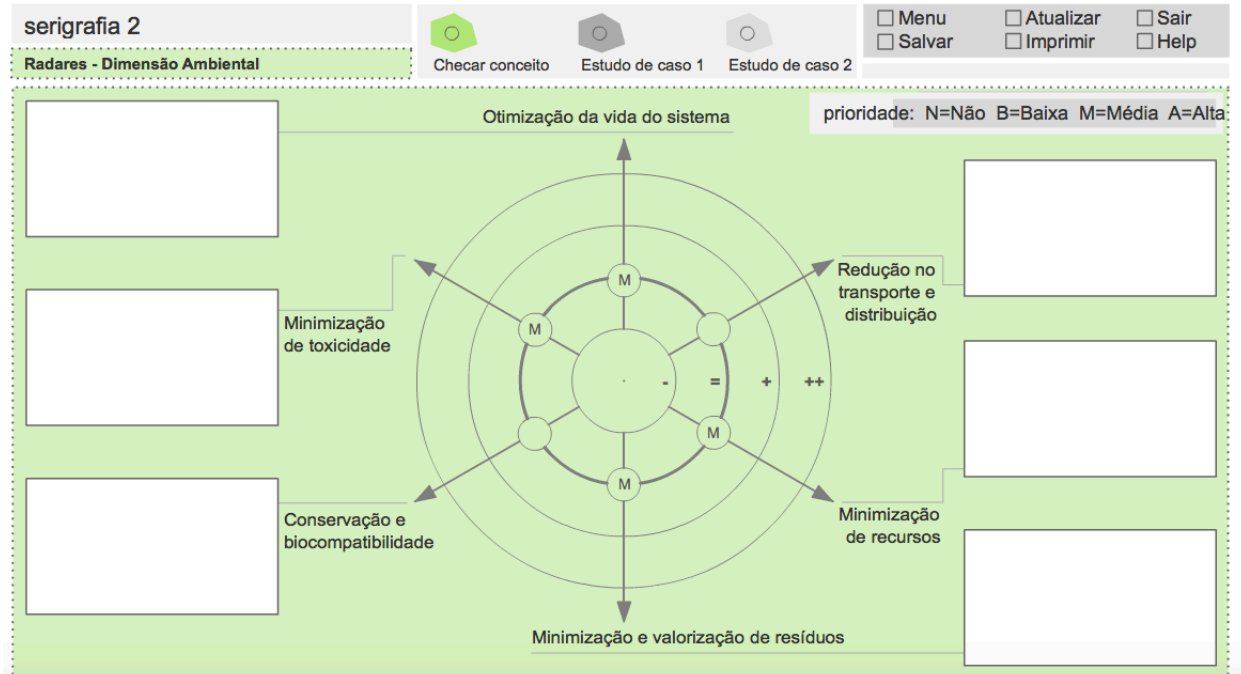
2.2.4 Sustainability Design Orienting toolkit (SDO)

Nesta seção explicita-se a ferramenta SDO, utilizada como complemento aos tópicos levantados pela ISO 14040, apresentada anteriormente. Os aspectos ambientais e sociais apresentados na SDO foram considerados na construção do *check list* aplicado nas visitas técnicas às fábricas, objetivando a obtenção de um indicativo sustentável acerca dos processos de estampa têxtil. A ferramenta é utilizada na produção do radar sustentável a fim de colaborar com a análise dos resultados obtidos na etapa de coleta de dados.

A ferramenta SDO é disponibilizada de forma *online* e gratuita no site www.sdo-lens.polimi.it. Foi criada por Vezzoli com a finalidade de “orientar o processo de *design* para soluções de sistemas sustentáveis” (VEZZOLI, 2010, p. 243). Ela auxilia o designer a definir as prioridades sustentáveis através de um *check list*, visualizando as potenciais melhorias em relação a um sistema referencial coexistente, que podem ser vistas em uma figura de diagrama, como se fosse um radar da sustentabilidade, como se evidencia na Figura 17. Tem

uma estrutura modular, o que permite utilizar apenas as partes interessantes para o sistema analisado.

Figura 17: Tela de radar ambiental, ferramenta SDO



Fonte: www.sdo-lens.polimi.it

O sistema se divide em três níveis de sustentabilidade: ambiental, socioético e econômico. No ambiental se definem prioridades como otimização de vida do sistema, redução de recursos, minimização e valorização de resíduos, conservação e biocompatibilidade e minimização de toxicidade; no socioético, promoção e capacitação de consumo responsável, priorização de recursos locais, melhoria nas condições de trabalho, entre outras; e no econômico, posicionamento de mercado e competitividade, valor agregado para relações b2b (relações entre empresas) e percebido pelo cliente final, desenvolvimento de negócios a longo prazo, parcerias e cooperações, etc. O autor define a SDO como uma “ferramenta qualitativa aplicável a sistemas complexos” (VEZZOLI, 2010, p. 237).

Os critérios utilizados no desenvolvimento da ferramenta de coleta de dados desta pesquisa são inspirados nos itens abordados no tópico “orientar conceitos”, da SDO. O tópico divide o âmbito em parte e traz conceitos que colaboram para a identificação de prioridades do sistema (Figura 18). Esse tópico foi estudado nos âmbitos social e ambiental a fim de contribuir com aspectos levantados pela ISO.

Figura 18: Tópico “orientar conceitos” SDO.

Sustentabilidade Sócio Ética - Orientar conceitos		Sistema	Serviço		
Melhorar condições de trabalho	Promover equidade e justiça na relação entre parceiros	Promover consumo responsável e sustentável	Integrar pessoas marginalizadas	Favorecer coesão social	Priorizar recursos locais
Melhorar condições de trabalho					
prioridade:					
<input type="radio"/>	Promover e elevar a proteção individual, coletiva e condições de trabalho.				<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	Promover e valorizar condições favoráveis de saúde e segurança no trabalho				<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	Promover e favorecer horário de trabalho e salário justos				<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	Promover e valorizar a satisfação, a motivação e a participação dos trabalhadores/empregados em todo processo				<input type="radio"/>
<input type="radio"/>					<input type="radio"/>

Fonte: www.sdo-lens.polimi.it

A partir desse tópico da ferramenta SDO, os conceitos nela apontados foram utilizados como norteadores para a sua confecção, determinando quais as prioridades de pesquisa seriam elencadas no item *check list*, no qual foram adaptados ao objeto de estudo desta investigação. Após a definição das prioridades, deu-se início à confecção da ferramenta de coleta de dados.

Portanto, a seguir, apresenta-se a ferramenta elaborada pela autora para a realização da referida etapa.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A partir da apropriação dos conceitos abordados e do conjunto de normas que buscam regulamentar as condições de trabalho e os aspectos de proteção ambiental, desenvolveu-se uma ferramenta para apoiar a observação *in loco* realizada a partir de visitas técnicas nas indústrias de beneficiamento, ou seja, indústrias que se ocupam em imprimir imagem sobre tecido de artigos de moda. Os itens abordados no *check list* provêm do detalhamento das etapas dos processos e das ferramentas, apresentadas no item 2. A partir do fluxo de processos, identificaram-se as fases em que o uso de produto químico, água, energia elétrica, além da obrigatoriedade do uso de EPI, eram necessários (Apêndice I). Deste modo, foi possível elencar os dados necessários para a realização da pesquisa.

A seleção das indústrias se deu em função dos métodos de estampa selecionados para o estudo. Neste cenário, e considerando as empresas que aceitaram participar dele, foram visitadas sete empresas: seis na grande Porto Alegre e região serrana (RS) e uma em Brusque (SC). Entretanto, analisaram-se apenas os dados coletados em cinco delas, visto que a coleta de dados em duas empresas não foi suficiente para o preenchimento do *check list*.

Desta forma, tem-se a seguinte relação:

- Empresa A: impressão a jato de tinta DTG – Região da Grande Porto Alegre/RS;
- Empresa B: Impressão a jato de tinta formato corrido e serigrafia por cilindro – Região de Brusque/SC;
- Empresa C: Sublimação por prensa – Porto Alegre/RS;
- Empresa D: Sublimação por calandra – Região da Grande Porto Alegre/RS;
- Empresa E: Serigrafia a quadro – Porto Alegre/RS.

A pesquisa por observação foi desenvolvida a partir de visitas com datas, horários e duração predeterminados pelas empresas participantes, e supervisionada por um funcionário responsável pela empresa ou setor. O *check list* foi enviado previamente a todas as empresas para que tomassem ciência dos dados a serem buscados.

Para possibilitar o cruzamento dos dados obtidos, utilizou-se um *check list* único que englobava todos os dados levantados no detalhamento dos processos, elencando as especificidades e as etapas comuns. Para o levantamento dos dados foram considerados o pré e o pós-tratamento do tecido, os subprocessos essenciais — substrato intermediário —, o uso de recursos naturais (água e energia), o armazenamento de insumos, a destinação dos resíduos

sólidos e os aspectos ergonômicos no ambiente de trabalho, tais como temperatura, ruído e uso de equipamento de proteção individual (EPI), como se mostra no quadro a seguir.

Quadro 2: *Check list*

(Continua)

Empresa X				
Processo:				
Escala de produção:				
Porte da empresa:				
	Sim	Não	NA	Obs.
• <i>Caracterização</i>				
Exige pré-tratamento do tecido				
Exige pós-tratamento do tecido				
Utiliza produto químico				
Utiliza produto químico solúvel em água				
Exige o uso de matriz ou substrato intermediário				
• <i>Subprocesso (gravação de matriz e substrato intermediário)</i>				
Utiliza água				
Utiliza energia elétrica				
Utiliza produto químico				
Gravação por processo mecânico				
Gravação por processo manual				
• <i>Pré-tratamento</i>				
Aplicação de química				
Utiliza energia elétrica				
Utiliza água				
• <i>Processo</i>				
Utiliza energia elétrica				
Política de redução do uso de energia elétrica				
Ambiente iluminado naturalmente				
Ambiente iluminado artificialmente				
Utiliza água potável				
Política de redução do uso de água potável				
Existe tratamento de efluentes				
A água tratada é reutilizada na empresa				
Limpeza do maquinário e acessórios - utiliza água potável				
Limpeza do maquinário e acessórios automatizada				
Limpeza do maquinário e acessórios manuais				
• <i>Insumos</i>				
Armazenamento adequado de tintas e produtos acessórios (telas, rodo, etc.)				
Descarte adequado das embalagens: tintas, papel, toner, telas e outros produtos acessórios				

(Conclusão)

Reúso de bastidores para a confecção de telas no processo de serigrafia				
Reciclagem de papel				
Uso de tintas e <i>toner</i> sem desperdício				
• <i>Pós-tratamento</i>				
Exige lavagem com água do tecido estampado				
Utiliza produto químico				
Utiliza energia elétrica				
• <i>Ambiente de trabalho</i>				
Temperatura agradável				
Boa qualidade do ar				
É produzido vapor durante o processo				
Utiliza produtos químicos com cheiro forte durante o processo				
É necessário o uso de máscara				
Existe medida para melhorar a qualidade do ar (plantas suspensas, entradas de ar adequadas, claraboias)				
Iluminação adequada (ambiente claro)				
Durante o processo de estamparia é necessário usar equipamento de segurança (EPS) como protetor auricular, luvas e máscara				
Funcionário utiliza o EPS durante a prática				

Fonte: a autora, 2015.

O quadro foi completado no momento da visita à empresa, sendo preenchida uma tabela para cada processo. Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, elencaram-se, como critério de avaliação, as seguintes proposições:

- Sim: assinalado quando positivo para a afirmação;
- Não: assinalado quando negativo para a afirmação;
- NA: não aplicável – quando a afirmação não faz parte do processo a ser analisado.

Há também um espaço para observações que o *check list* não engloba, desde que sejam pertinentes ao processo estudado.

O cabeçalho identifica a empresa de acordo com a relação explicitada acima, o processo a ser analisado, a escala de produção e o porte da empresa.

As empresas foram classificadas em micro, pequena, média ou grande, de acordo com as definições do SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequena Empresa), a fim de detectar de que forma empresas de portes diferentes interpretam a legislação quanto ao tratamento de efluentes e de resíduos sólidos:

- Micro – até nove pessoas ocupas assalariadas;
- Pequena – de 10 a 49 pessoas ocupas assalariadas;
- Média – de 50 a 249 pessoas ocupas assalariadas;
- Grande – acima de 250 pessoas ocupas assalariadas.

O item *caracterização* indica o processo pré e pós-tratamento e a necessidade de subprocesso para que ocorra a transferência do desenho à superfície. O item *subprocesso* versa sobre a gravação de tela e a impressão de papel sublimado, qualificando-as quanto ao uso de água, energia elétrica, produto químico e mecanização do processo. O terceiro item qualifica a etapa de *pré-tratamento* do tecido, e no seguinte, qualifica-se o *processo* em si e os insumos necessários para a sua execução. Essas informações permitem a comparação entre os métodos estudados. O quinto item (*pós-tratamento*) permite a compreensão da geração de efluentes e resíduos e o uso de recursos naturais e energéticos, enquanto que o último (*ambiente de trabalho*) corresponde à análise do ambiente físico em que as máquinas estão dispostas e o uso de EPI por parte do operador.

Os dados obtidos por meio do *check list* único possibilita a análise do processo através dos critérios determinados, permitindo a comparação entre si dos diferentes métodos de transferência de desenho para superfície.

No próximo item discutem-se os dados obtidos através da observação dos processos em empresas prestadoras de serviço de estamperia do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

4. COLETA DE DADOS

A etapa de coleta de dados foi desenvolvida a partir da observação dos processos de estamparia têxtil apresentados na fundamentação teórica deste estudo. Foram visitadas 7 empresas que oferecem serviços de estamparia, sendo 4 no RS, na região metropolitana de Porto Alegre, e outra em SC, na região de Brusque, importante polo de estamparia do país. As pesquisas acerca dos processos de serigrafia a quadro, sublimação por prensa, sublimação por calandra e impressão digital a jato de tinta localizada foram feitas no RS, e o processo de serigrafia por cilindro e impressão digital a jato de tinta corrida, em SC. Os dados coletados são apresentados a seguir.

4.1 Empresa A: Impressão digital a jato de tinta – DTG

Abaixo é apresentado o quadro referente a coleta de dados do processo de impressão a jato de tinta DTG.

Quadro 3: Impressão digital a jato de tinta DTG

(Continua)

Empresa A Processo: impressão a jato de tinta DTG Escala de produção: pequena Porte da empresa: micro				
	Sim	Não	NA	Obs.
• <i>Caracterização</i>				
Exige pré-tratamento do tecido				Aplicação de química reagente com o corante reativo
Exige pós-tratamento do tecido				Secagem
Utiliza produto químico				Tinta com corante reativo
Utiliza produto químico solúvel em água				Corante certificado pela OEKOTEX Standard.
Exige o uso de matriz ou substrato intermediário				
• <i>Subprocesso (gravação de matriz e substrato intermediário)</i>				
Utiliza água				
Utiliza energia elétrica				
Utiliza produto químico				
Gravação por processo mecânico				
Gravação por processo manual				

(Continuação)

• <i>Pré-tratamento</i>			
Aplicação de química	■		Automatizada Química à base de água
Utiliza energia elétrica	■		
Utiliza água		■	
• <i>Processo</i>			
Utiliza energia elétrica	■		Fonte de energia do maquinário
Política de redução do uso de energia elétrica		■	
Ambiente iluminado naturalmente	■		
Ambiente iluminado artificialmente	■		
Utiliza água potável		■	
Política de redução do uso de água potável		■	
Existe tratamento de efluentes			■ A pouca água contida na química reagente evapora no processo de secagem da peça
A água tratada é reutilizada na empresa			■
Limpeza do maquinário e acessórios - utiliza água potável		■	
Limpeza do maquinário e acessórios automatizada		■	
Limpeza do maquinário e acessórios manuais	■		■ Limpeza dos cabeçotes com fluido
• <i>Insumos</i>			
Armazenamento adequado de tintas e produtos acessórios (telas, rodo, etc.)	■		■ Compra tintas conforme a demanda
Descarte adequado das embalagens: tintas, papel, <i>toner</i> , telas e outros produtos acessórios		■	■ Disposto no lixo seco urbano
Reúso de bastidores para a confecção de telas no processo de serigrafia			■
Reciclagem de papel			■
Uso de tintas e <i>toner</i> sem desperdício	■		■ A máquina tem sistema de dosagem da tinta
• <i>Pós-tratamento</i>			
Exige lavagem com água do tecido estampado		■	■ Lavagem delegada ao consumidor final
Utiliza produto químico		■	
Utiliza energia elétrica	■		■ Secagem do tecido. Tecido de cor escura necessita mais tempo de secagem, quando comparado ao tecido de cor clara

(Conclusão)

• <i>Ambiente de trabalho</i>			
Temperatura agradável	■		A estufa transfere calor para as salas onde as máquinas estão dispostas
Boa qualidade do ar	■		Entrada de ar por aberturas (janelas)
É produzido vapor durante o processo		■	
Utiliza produtos químicos com cheiro forte durante o processo		■	
É necessário o uso de máscara		■	
Existe medida para melhorar a qualidade do ar (plantas suspensas, entradas de ar adequadas, claraboias)		■	
Iluminação adequada (ambiente claro)	■		
Durante o processo de estamperia é necessário usar equipamento de segurança (EPS) como protetor auricular, luvas e máscara		■	O funcionário não entra em contato com o processo, apenas dá partida na máquina. Não produz ruído
Funcionário utiliza o EPS durante a prática		■	

Fonte: autora, 2015.

Na tabela acima, referente ao processo de impressão digital a jato de tinta, percebe-se que há o pós-tratamento do tecido para a fixação do corante, embora se dispense a etapa de gravação de matrizes, de suma importância nos processos de serigrafia e bastante poluente. Nessa empresa, a lavagem do tecido no pós-tratamento não é necessária, visto que, no pré-tratamento, apenas a química indispensável é empregada. Deste modo, a etapa de lavagem é transferida para o cliente final, isto é, para o usuário da peça já pronta.

Produtos químicos são utilizados em etapas importantes do processo (pré e corante) e de manutenção da máquina. As máquinas (impressora e secadora) são conectadas à energia elétrica, enquanto que a água empregada no processo provém do veículo aquoso em que a química é diluída. A química utilizada no pré-tratamento é especificada pelo fabricante da máquina, assim como a tinta.

Os cabeçotes de impressão são alimentados por pequenos reservatórios de tinta acoplados à máquina, e o controle de uso é feito diretamente no *software* da máquina, controlando o uso do produto. Tecidos de cor escura exigem uma camada primária de tinta branca, consumindo, por consequência, mais tinta do que a impressão em tecidos claros.

O processo de pós-tratamento ocorre por meio de secagem em estufa (termo fixação), com tempo variável conforme o número de camadas de tinta aplicadas no tecido. Tecidos de cores claras precisam de apenas uma etapa de pós-tratamento, enquanto que, para os escuros, é necessário repetir a etapa de secagem. O tempo para fixação varia de 4 a 8 minutos.

Por não demandar o uso de água potável em sua forma pura, não são necessárias áreas de tratamento de efluentes, reutilização e políticas de redução de uso. O ambiente onde a máquina de impressão se localiza é iluminado artificialmente (por meio de eletricidade) e naturalmente através das aberturas amplas (janelas), diminuindo a necessidade de climatização (ar condicionado) em temperaturas mais amenas, visto que a máquina de impressão opera plenamente em temperatura ambiente de até 30° C.

A limpeza dos cabeçotes ocorre de forma manual, em que o operador é responsável pela higienização das peças, utilizando produtos químicos indicados pelo fabricante. Esse processo pode resultar em um uso excedente do produto químico, visto que é executado sem controle.

O corante é adquirido conforme a demanda, não havendo um estoque do produto disposto na sala de máquina. As embalagens são descartadas no lixo urbano da cidade, ficando a cargo do governo sua coleta e destino final.

A temperatura do lugar onde a secadora se encontra é elevada, pois ocorre a transferência do calor para o ambiente. Em dias com temperaturas elevadas, o rendimento do funcionário pode ser menor, diferentemente dos dias com temperaturas amenas ou baixas, quando o calor acaba por tornar agradável a temperatura do ambiente. A máquina emite baixo volume de ruído, não se tornando um agente estressor ao funcionário. Não é necessário o uso de EPI no processo de impressão por se tratar de um sistema fechado, em que a máquina executa as etapas de pré-tratamento e de impressão de forma automatizada sem que seja necessária a interferência do operador.

De acordo com o site do fabricante da impressora Kornit, as dimensões da área de impressão correspondem a 30x45 cm. Imprime até 40 camisetas por hora em tecido de cor clara, com composições com pouca quantidade de tinta, e 25 camisetas em tecido de cor escura e/ou estampas mais complexas.

O fabricante indica a impressão em tecidos em algodão, poliéster, misturas de algodão e poliéster, lycra, viscose, linho, couro, jeans, seda e lã, adequando o corante ao tipo de fibra. A resolução de impressão é de 300 dpi com arquivos em formato TIFF, PSD, PNG, TGA e JPG.

A partir dos dados levantados, pode-se observar que o processo de impressão digital a jato de tinta localizada não utiliza água potável em sua forma pura, apenas misturada na

química aplicada ao tecido, não produzindo efluentes. A energia elétrica é essencial para o funcionamento das máquinas, assim como o uso de produto químico. Sob esses aspectos, o processo não é agressivo ao meio ambiente e ao funcionário que executa a função.

Vale ressaltar que muitos aspectos levantados na pesquisa *in loco* são referentes a especificações do fabricante da máquina utilizada (Kornit), não podendo ser considerada como absoluta no que tange ao processo.

4.2 Empresa B: Impressão digital a jato de tinta corrida

Abaixo é apresentado o quadro 4 referente a coleta de dados do processo de impressão a jato de tinta corrido.

Quadro 4: Impressão digital a jato de tinta corrida

(Continua)

Empresa B Processo: impressão a jato de tinta corrido Escala de produção: pequena Porte da empresa: micro				
	Sim	Não	NA	Obs.
• <i>Caracterização</i>				
Exige pré-tratamento do tecido				Aplicação de química reagente com o corante
Exige pós-tratamento do tecido				Lavagem e secagem
Utiliza produto químico				Tinta com corante reativo
Utiliza produto químico solúvel em água				
Exige o uso de matriz ou substrato intermediário				
• <i>Sub processo (gravação de matriz e substrato intermediário)</i>				
Utiliza água				
Utiliza energia elétrica				
Utiliza produto químico				
Gravação por processo mecânico				
Gravação por processo manual				
• <i>Pré-tratamento</i>				
Aplicação de química				Química à base de água
Utiliza energia elétrica				Automatizado
Utiliza água				
• <i>Processo</i>				
Utiliza energia elétrica				Fonte de energia do maquinário
Política de redução do uso de energia elétrica				
Ambiente iluminado naturalmente				
Ambiente iluminado artificialmente				
Utiliza água potável				

(Conclusão)

Política de redução do uso de água potável				
Existe tratamento de efluentes				A pouca água contida na química reagente evapora no processo de secagem da peça
A água tratada é reutilizada na empresa				
Limpeza do maquinário e acessórios - utiliza água potável				
Limpeza do maquinário e acessórios automatizada				
Limpeza do maquinário e acessórios manuais				Limpeza dos cabeçotes com fluido
• <i>Insumos</i>				
Armazenamento adequado de tintas e produtos acessórios (telas, rodo, etc.)				Compra tintas conforme a demanda
Descarte adequado das embalagens: tintas, papel, <i>toner</i> , telas e outros produtos acessórios				Disposto no lixo seco urbano
Reúso de bastidores para a confecção de telas no processo de serigrafia				
Reciclagem de papel				
Uso de tintas e <i>toner</i> sem desperdício				A máquina tem sistema de dosagem da tinta
• <i>Pós-tratamento</i>				
Exige lavagem com água do tecido estampado				
Utiliza produto químico				
Utiliza energia elétrica				Rama
• <i>Ambiente de trabalho</i>				
Temperatura agradável				
Boa qualidade do ar				Entrada de ar por aberturas (janelas)
É produzido vapor durante o processo				
Utiliza produtos químicos com cheiro forte durante o processo				
É necessário o uso de máscara				
Existe medida para melhorar a qualidade do ar (plantas suspensas, entradas de ar adequadas, claraboias)				
Iluminação adequada (ambiente claro)				
Durante o processo de estamaria é necessário usar equipamento de segurança (EPS), como protetor auricular, luvas e máscara				O funcionário não entra em contato com o processo, apenas dá partida na máquina
Funcionário utiliza o EPS durante a prática				

Fonte: autora, 2015.

O processo de impressão digital a jato de tinta de forma corrida é bem semelhante ao de impressão digital a jato de tinta de forma localizada. As principais diferenças estão no tamanho de impressão (podendo imprimir a largura de 1,40 m do tecido), no uso da rama²⁰ e da lavagem no pós-tratamento, no descarte das embalagens das tintas e no local físico onde a máquina fica disposta.

A rama utilizada no pós-tratamento é compartilhada com outros serviços que a empresa oferece, como a serigrafia rotativa, ficando distante do local físico onde a máquina de impressão se encontra, não afetando a temperatura do local. A sala da impressora tem climatização (ar condicionado) sem janelas para o exterior. O descarte das embalagens se dá de forma adequada, sendo enviadas para as recicladoras.

Deste modo, pode-se concluir que o processo de impressão digital a jato de tinta de forma corrida utiliza água potável na lavagem e necessita de estruturas que demandam mais espaço físico e mais tempo de produção. Analisando sob o âmbito ambiental, esse processo pode ser considerado amigável ambientalmente, visto que os efluentes e os resíduos gerados são tratados.

4.3 Empresa C: Sublimação por prensa

Abaixo é apresentado o quadro 5 referente a coleta de dados do processo de sublimação por prensa.

Quadro 5: Sublimação por prensa

(Continua)

Empresa C Processo: sublimação por prensa Escala de produção: pequena Porte da empresa: micro				
	Sim	Não	NA	Obs.
• <i>Caracterização</i>				
Exige pré-tratamento do tecido				
Exige pós-tratamento do tecido				
Utiliza produto químico				
Utiliza produto químico solúvel em água				

²⁰ Rama: processo de secagem por exaustão do ar e controle de umidade residual do material processado. Pode ser utilizada também para determinar a estabilidade dimensional do tecido e corrigir imperfeições na trama provocadas por processos anteriores de beneficiamento.

(Continuação)

Exige o uso de matriz ou substrato intermediário			Papel com película de corante disperso
• <i>Subprocesso (gravação de matriz e substrato intermediário)</i>			
Utiliza água			
Utiliza energia elétrica			
Utiliza produto químico			
Gravação por processo mecânico			
Gravação por processo manual			
• <i>Pré-tratamento</i>			
Aplicação de química			
Utiliza energia elétrica			
Utiliza água			
• <i>Processo</i>			
Utiliza energia elétrica			Fonte de energia do maquinário
Política de redução do uso de energia elétrica			Prensa em funcionamento apenas um turno por dia
Ambiente iluminado naturalmente			Tem janelas amplas
Ambiente iluminado artificialmente			
Utiliza água potável			
Política de redução do uso de água potável			
Existe tratamento de efluentes			
A água tratada é reutilizada na empresa			
Limpeza do maquinário e acessórios - utiliza água potável			
Limpeza do maquinário e acessórios automatizada			
Limpeza do maquinário e acessórios manuais			
• <i>Insumos</i>			
Armazenamento adequado de tintas e produtos acessórios (telas, rodo, etc.)			Sala de insumos
Descarte adequado das embalagens: tintas, papel, toner, telas e outros produtos acessórios			Separados para coleta de lixo urbana
Reúso de bastidores para a confecção de telas no processo de serigrafia			
Reciclagem de papel			Reutilização do papel para rascunhos e proteção da prensa
Uso de tintas e toner sem desperdício			
• <i>Pós-tratamento</i>			
Exige lavagem com água do tecido estampado			
Utiliza produto químico			
Utiliza energia elétrica			

(Conclusão)

• <i>Ambiente de trabalho</i>			
Temperatura agradável		■	Prensa libera calor no ambiente
Boa qualidade do ar	■		
É produzido vapor durante o processo	■		Cheiro forte de queimado oriundo da queima do feltro
Utiliza produtos químicos com cheiro forte durante o processo		■	A quantidade de vapor varia com a umidade do ambiente e o tipo de tecido a ser sublimado
É necessário o uso de máscara		■	
Existe medida para melhorar a qualidade do ar (plantas suspensas, entradas de ar adequadas, claraboias)	■		Exaustor
Iluminação adequada (ambiente claro)	■		
Durante o processo de estampa é necessário usar equipamento de segurança (EPS), como protetor auricular, luvas e máscara	■		Uso de luvas seria indicado para diminuir chances de queimaduras nas mãos
Funcionário utiliza o EPS durante a prática		■	

Fonte: a autora, 2015.

A tabela acima corresponde ao *check list* do processo de sublimação por prensa. O método não exige as etapas de pré e pós-tratamento do tecido, mas exige o uso de substrato intermediário (papel impresso com corante disperso). Na empresa pesquisada, a sala de impressão fica distante da área onde a prensa está localizada. A impressão do papel é feita em máquinas do tipo *plotter* conectadas à eletricidade, alimentadas com o corante disperso, em sala climatizada (ar condicionado) e com controle de umidade para não alterar o papel impresso. A limpeza dos cabeçotes é feita com fluido indicado pelo fabricante da impressora e não utiliza água em sua forma pura. O nível de ruído da máquina é baixo. Para operar a impressora, não é necessário o uso de EPI. As tintas são adquiridas conforme a demanda, sem dispor de um estoque na ocasião da visita à empresa. Os papeis já impressos ficam alocados na sala de impressão, enquanto os papeis ainda não utilizados ficam dispostos em outra sala com ventilação.

Nessa empresa, o processo de sublimação utiliza energia elétrica nas etapas principais (impressão e prensa), em que a prensa é utilizada apenas um turno por dia. O ambiente onde a prensa está localizada conta com janelas amplas e sistema de exaustão, sendo iluminado de forma natural e artificial, sem climatização.

O processo não utiliza água potável, portanto, dispensa áreas de tratamento de efluentes e políticas de redução de uso. A prensa não exige limpeza, pois são alocados papéis já sublimados para a proteção das chapas, evitando que o corante migre para a superfície da máquina. Outra saída é a utilização como folha de rascunho ou para testes de moldes para vestuário, sendo que o restante é destinado à coleta de lixo urbana.

O ambiente de trabalho onde a prensa se encontra tem a temperatura elevada, pois a prensa transfere calor para o ambiente. O local não tem ventilação forçada ou climatização (ventilador e ar condicionado, respectivamente), apenas o exaustor localizado acima da prensa. O cheiro da queima é evidente, o volume de ruído agradável e não se utiliza produto químico no processo de sublimação. Não há EPI disponível.

Existe a possibilidade de queimaduras nas mãos e nos braços no manuseio da prensa e do tecido sublimado, já que o tecido aquece em contato com a temperatura elevada da prensa e os funcionários não utilizam qualquer proteção nos membros superiores. Entretanto, o uso de luvas pode prejudicar a precisão no posicionamento do papel e do tecido.

Assim, conclui-se que o processo de sublimação se mostra favorável para a estamparia em tecidos sintéticos pela visão ambiental, visto que não exige o uso de recursos naturais, e também porque seu processo é enxuto, com poucas etapas, diminuindo a quantidade de produto químico empregado. Entretanto, há risco de queimaduras por parte dos operadores, tornando-o perigoso.

4.4 Empresa D: Sublimação por calandra

A seguir é apresentado o quadro 6 referente a coleta de dados do processo de sublimação por calandra.

Quadro 6: Sublimação por calandra

(Continua)

Empresa D				
Processo: sublimação por calandra				
Escala de produção: média				
Porte da empresa: média				
	Sim	Não	NA	Obs.
• <i>Caracterização</i>				
Exige pré-tratamento do tecido			■	
Exige pós-tratamento do tecido			■	
Utiliza produto químico	■			
Utiliza produto químico solúvel em água			■	
Exige o uso de matriz ou substrato intermediário	■			Papel com película de corante disperso
• <i>Subprocesso (gravação de matriz e substrato intermediário)</i>				
Utiliza água			■	
Utiliza energia elétrica	■			
Utiliza produto químico	■			
Gravação por processo mecânico	■			
Gravação por processo manual		■		
• <i>Pré-tratamento</i>				
Aplicação de química			■	
Utiliza energia elétrica			■	
Utiliza água			■	
• <i>Processo</i>				
Utiliza energia elétrica	■			Fonte de energia do maquinário
Política de redução do uso de energia elétrica	■			Otimização de produção
Ambiente iluminado naturalmente		■		
Ambiente iluminado artificialmente	■			
Utiliza água potável			■	
Política de redução do uso de água potável			■	
Existe tratamento de efluentes			■	
A água tratada é reutilizada na empresa			■	
Limpeza do maquinário e acessórios - utiliza água potável			■	
Limpeza do maquinário e acessórios automatizada			■	
Limpeza do maquinário e acessórios manuais			■	
• <i>Insumos</i>				
Armazenamento adequado de tintas e produtos acessórios (telas, rodo, etc.)	■			Sala de insumos
Descarte adequado das embalagens: tintas, papel, toner, telas e outros produtos acessórios	■			Destinado a recicladores
Reúso de bastidores para a confecção de telas no processo de serigrafia			■	

(Conclusão)

Reciclagem de papel	■			
Uso de tintas e <i>toner</i> sem desperdício	■			
• <i>Pós-tratamento</i>				
Exige lavagem com água do tecido estampado			■	
Utiliza produto químico			■	
Utiliza energia elétrica			■	
• <i>Ambiente de trabalho</i>				
Temperatura agradável	■			
Boa qualidade do ar		■		
É produzido vapor durante o processo	■			
Utiliza produtos químicos com cheiro forte durante o processo		■		A quantidade de vapor varia com a umidade do ambiente e o tipo de tecido a ser sublimado
É necessário o uso de máscara		■		
Existe medida para melhorar a qualidade do ar (plantas suspensas, entradas de ar adequadas, claraboias)	■			Exaustores
Iluminação adequada (ambiente claro)	■			
Durante o processo de estamparia é necessário usar equipamento de segurança (EPS), como protetor auricular, luvas e máscara	■			Protetores auriculares
Funcionário utiliza o EPS durante a prática		■		

Fonte: a autora, 2015.

O processo de sublimação por calandra é semelhante ao processo de sublimação por prensa, como se percebe na tabela acima, visto que a essência do processo é a mesma. As principais diferenças, além de uma maior produção e, conseqüentemente, maior emprego de produto químico, energia elétrica e papel, são atribuídas à organização, ao espaço físico da empresa e ao tipo de máquina utilizada para a execução do processo.

O processo também não exige pré e pós-tratamento, não utiliza água potável e não requer áreas de tratamento de efluente e políticas de redução desse recurso, mas exige a utilização de substrato intermediário (papel com película de corante disperso), sendo que a energia elétrica é essencial. Esta não provém de fonte renovável e o descarte dos resíduos

ocorre de forma adequada, com o papel sendo reutilizado na empresa ou encaminhado para a reciclagem a cooperativas locais.

A empresa pesquisada tem porte médio com atividades bem definidas. Os setores de impressão de papel e a calandra são separados, sendo o primeiro climatizado (ar condicionado), e o segundo, com maior número de exaustores, auxiliando na melhora da qualidade do ar, diminuindo o cheiro de queimado e o calor, que é transferido da máquina para o ambiente.

Na unidade fabril estão dispostos outros maquinários, além da calandra de sublimação, sem divisórias (paredes ou retentores de ruído) entre as máquinas, produzindo ruído, sendo um agente estressor em potencial. Isso implica no uso de protetores auriculares por parte dos funcionários. Na ocasião, os funcionários que operavam a máquina não utilizavam o EPI.

Por se tratar de uma tecnologia em que não há a necessidade de o funcionário posicionar o tecido e o papel da mesma forma exigida pelo processo de sublimação por prensa, o risco de queimaduras diminui, visto que o processo ocorre de forma mecânica. O rolo de tecido e o rolo de papel são acoplados à máquina, enquanto esta executa o processo de forma automática.

A partir do levantamento de dados, a sublimação por calandra se mostra pouco agressiva ao meio ambiente e à saúde dos funcionários, pois não utiliza água, sem contar que o vapor proveniente do processo é captado pela exaustão posicionada acima da máquina. No entanto, produz volume considerável de resíduo, já que cada metro de tecido estampado representa um metro de papel sublimado.

4.5 Empresa E: Serigrafia por quadro plano

A seguir é apresentado o quadro 7 referente a coleta de dados do processo de serigrafia a quadro plano manual.

Quadro 7: Serigrafia a quadro plano manual

(Continua)

Empresa E				
Processo: serigrafia por quadro plano				
Escala de produção: média				
Porte da empresa: micro				
	Sim	Não	NA	Obs.
• <i>Caracterização</i>				
Exige pré-tratamento do tecido			■	
Exige pós-tratamento do tecido	■			
Utiliza produto químico	■			
Utiliza produto químico solúvel em água	■			Tinta à base de água
Exige o uso de matriz ou substrato intermediário	■			
• <i>Subprocesso (gravação de matriz e substrato intermediário)</i>				
Utiliza água	■			Limpeza da tela após a gravação
Utiliza energia elétrica	■			Impressão do fotolito e sensibilização na câmara de luz
Utiliza produto químico	■			Emulsão fotossensibilizante e impressão do fotolito
Gravação por processo mecânico	■			
Gravação por processo manual		■		
• <i>Pré-tratamento</i>				
Aplicação de química			■	
Utiliza energia elétrica			■	
Utiliza água			■	
• <i>Processo</i>				
Utiliza energia elétrica	■			Berço aquecido, gravação da tela, cura da tinta
Política de redução do uso de energia elétrica		■		Otimização de produção
Ambiente iluminado naturalmente	■			Janelas amplas
Ambiente iluminado artificialmente	■			Lâmpadas elétricas
Utiliza água potável	■			Lavagem das telas pós-gravação e pós-uso
Política de redução do uso de água potável				
Existe tratamento de efluentes		■		Rede de esgoto doméstica
A água tratada é reutilizada na empresa		■		
Limpeza do maquinário e acessórios - utiliza água potável	■			
Limpeza do maquinário e acessórios automatizada		■		

(Conclusão)

Limpeza do maquinário e acessórios manuais			Utiliza tanque e jatos de água
• <i>Insumos</i>			
Armazenamento adequado de tintas e produtos acessórios (telas, rodo, etc.)			Insumos armazenados sob a mesa de estampagem
Descarte adequado das embalagens: tintas, papel, <i>toner</i> , telas e outros produtos acessórios			Insumos descartados na coleta de lixo urbana
Reúso de bastidores para a confecção de telas no processo de serigrafia			Bastidores de alumínio
Reciclagem de papel			
Uso de tintas e <i>toner</i> sem desperdício			Orientação de utilizar apenas o necessário de tinta na tela
• <i>Pós-tratamento</i>			
Exige lavagem com água do tecido estampado			
Utiliza produto químico			
Utiliza energia elétrica			Secagem ou cura da tinta
• <i>Ambiente de trabalho</i>			
Temperatura agradável			
Boa qualidade do ar			
É produzido vapor durante o processo			
Utiliza produtos químicos com cheiro forte durante o processo			Tintas e cola sem cheiro
É necessário o uso de máscara			
Existe medida para melhorar a qualidade do ar (plantas suspensas, entradas de ar adequadas, claraboias)			Janelas amplas
Iluminação adequada (ambiente claro)			
Durante o processo de estamparia é necessário usar equipamento de segurança (EPS), como protetor auricular, luvas e máscara			Luvas
Funcionário utiliza o EPS durante a prática			

Fonte: a autora, 2015.

O processo de serigrafia não exige pré-tratamento do tecido. Entretanto, o pós-tratamento é uma etapa importante. Dependendo da tinta utilizada na estampagem, como por exemplo o plastisol, a cura se torna obrigatória. Em tintas a base d'água, onde a secagem

mecânica não é obrigatória, opta-se pela cura da tinta para acelerar o processo, como acontece na empresa pesquisada.

Dentro do processo de serigrafia tem-se o processo essencial de gravação da tela. O fotolito, filme de poliéster, é impresso no setor de gravação da empresa, utilizando impressora a laser. Posteriormente a esta etapa, é aplicada a emulsão foto sensibilizadora na tela já disposta no bastidor de alumínio e posicionado o fotolito para ser fotossensibilizado na câmara de luz. Após a fotossensibilização, que cria áreas abertas e fechadas na superfície da tela, a emulsão que não foi fotossensibilizada é retirada com jatos de água potável. Não há controle no volume de água potável utilizada, tampouco tratamento do efluente, sendo enviado diretamente à rede de esgoto urbana o resíduo misturado à água.

O produto químico está inserido em grande parte das etapas do processo. Além da tinta e da emulsão utilizada na gravação da tela, é usada cola removível para evitar que o tecido que receberá a estampa se desloque no momento da impressão. Uma fina película de cola de fraca aderência, solúvel em água, é aplicada no verso do tecido (que vai em contato com a pele), que reage com o calor do berço, fixando-o.

As máquinas utilizadas no processo de serigrafia, berço aquecido e estufa utilizada na cura da tinta, ficam sempre conectados à energia elétrica, mesmo não estando em uso. A energia elétrica é obtida pela rede elétrica urbana, não sendo resultado de fonte renovável independente. A água é utilizada na limpeza das telas e dos rodos após o uso, o excesso de produto depositado na tela não é raspado antes da lavagem, resultando no emprego de maior volume do recurso.

Os funcionários são orientados a utilizar apenas o volume necessário de tintas, evitando o desperdício. As embalagens de tinta são descartadas no lixo urbano. Os bastidores são de alumínio, que permite maior tempo de vida ao material sem sofrer danos.

O ambiente de trabalho é bem iluminado e arejado, com janelas amplas que permanecem abertas. O volume de ruído é agradável, assim como a temperatura. Não tem ocorrência de fortes odores, o processo não produz vapor, sendo apenas necessário o uso de EPI (luvas) a fim de evitar possíveis alergias.

Deste modo, conclui-se que neste caso a serigrafia é poluente e utiliza água e produtos químicos em grande quantidade. A falta de controle do uso de água na limpeza dos materiais e da tela, acrescido pela falta de tratamento dos efluentes torna o processo agressivo ao meio ambiente. Medidas como o tratamento dos efluentes e de economia no consumo de água tornam o processo atrativo.

4.6 Empresa F: Serigrafia por cilindro

Abaixo é apresentada o quadro 8 referente a coleta de dados do processo de serigrafia rotativa.

Quadro 8: Serigrafia por cilindro

(Continua)

Empresa F				
Processo: serigrafia rotativa				
Escala de produção: grande				
Porte da empresa: média				
	Sim	Não	NA	Obs.
• <i>Caracterização</i>				
Exige pré-tratamento do tecido		■		
Exige pós-tratamento do tecido	■			
Utiliza produto químico	■			
Utiliza produto químico solúvel em água	■			
Exige o uso de matriz ou substrato intermediário	■			
• <i>Subprocesso (gravação de matriz e substrato intermediário)</i>				
Utiliza água		■		Processo de gravação por cera (digital)
Utiliza energia elétrica	■			
Utiliza produto químico	■			
Gravação por processo mecânico	■			
Gravação por processo manual		■		
• <i>Pré-tratamento</i>				
Aplicação de química			■	
Utiliza energia elétrica			■	
Utiliza água			■	
• <i>Processo</i>				
Utiliza energia elétrica	■			
Política de redução do uso de energia elétrica	■			
Ambiente iluminado naturalmente	■			
Ambiente iluminado artificialmente	■			
Utiliza água potável	■			
Política de redução do uso de água potável	■			
Existe tratamento de efluentes	■			
A água tratada é reutilizada na empresa	■			
Limpeza do maquinário e acessórios - utiliza água potável	■			
Limpeza do maquinário e acessórios automatizada	■			
Limpeza do maquinário e acessórios manuais		■		
• <i>Insumos</i>				
Armazenamento adequado de tintas e produtos acessórios (telas, rodo, etc.)	■			

(Conclusão)

Descarte adequado das embalagens: tintas, papel, <i>toner</i> , telas e outros produtos acessórios	■			Destinação correta
Reúso de bastidores para a confecção de telas no processo de serigrafia	■			
Reciclagem de papel		■		
Uso de tintas e <i>toner</i> sem desperdício	■			
• <i>Pós-tratamento</i>				
Exige lavagem com água do tecido estampado	■			
Utiliza produto químico	■			
Utiliza energia elétrica	■			
• <i>Ambiente de trabalho</i>				
Temperatura agradável	■			
Boa qualidade do ar	■			
É produzido vapor durante o processo		■		
Utiliza produtos químicos com cheiro forte durante o processo		■		
É necessário o uso de máscara		■		
Existe medida para melhorar a qualidade do ar (plantas suspensas, entradas de ar adequadas, claraboias)	■			
Iluminação adequada (ambiente claro)	■			
Durante o processo de estamparia é necessário usar equipamento de segurança (EPS), como protetor auricular, luvas e máscara	■			Protetor auricular
Funcionário utiliza o EPS durante a prática		■		

Fonte: a autora, 2015.

Por ser um dos serviços que a empresa pesquisada oferece, no fluxo de processo, a etapa de alvejamento, tingimento e lavagem é considerada como pré-tratamento do tecido. Como a pesquisa não considera os processos anteriores à etapa de estamparia, estes não são avaliados.

O processo de serigrafia por cilindro exige a cura da tinta e a lavagem do tecido na etapa de pós-tratamento. Utiliza produto químico como tintas à base de água semelhante ao processo de serigrafia a quadro. O processo de pós-tratamento se dá através da passagem do tecido pela rama, onde ocorre a cura da tinta e, posteriormente, a lavagem para a retirada do corante que não se esgotou no processo de estamparia, seguida da secagem do tecido.

Nessa empresa, o cilindro é gravado de maneira digital, descartando as etapas de impressão do fotolito, emulsificação, exposição na câmara de luz e lavagem, diminuindo,

assim, a quantidade de produto químico e de água. O cilindro de níquel é inserido na impressora que deposita cera criando áreas abertas e fechadas. Esse sistema de impressão possibilita a limpeza do cilindro já gravado para ser regravado com outra estampa. A limpeza da cera do cilindro é feita com água para não danificar o níquel.

As máquinas do processo de serigrafia por cilindro imprimem 80 metros por hora, com capacidade de 8 cilindros de cores, além de utilizar energia elétrica. Utiliza também grandes quantidades de água potável para a limpeza da esteira de rolagem do tecido. Como a água que sai desse processo tem temperatura elevada, é necessário resfriá-la para não destruir as bactérias do sistema biológico de tratamento. Para isso, o efluente é resfriado através de um trocador de calor, sendo que a água potável utilizada no resfriamento é utilizada no processo de tingimento. Para o aquecimento das caldeiras empregadas nesse processo, a empresa utiliza a queima de madeira a partir de reflorestamento próprio.

Todo efluente do processo de serigrafia é direcionado para a estação de tratamento que combina processos físico-químicos e biológicos, corroborando a teoria de Kunz *et al.* (2002) apresentada no item 2.2.4. O resíduo da estação de tratamento, o lodo, tem cerca de 80% de água. Para diminuir o seu volume antes de depositá-lo no aterro sanitário, o lodo passa por uma máquina, um sistema fechado que evapora a água, reduzindo-o e resultando em um pó fino. A máquina é alimentada com o calor residual das caldeiras utilizadas no tingimento. O calor que seria expelido para a atmosfera é canalizado e reutilizado no processo de secagem do lodo.

Existe restrição quanto ao uso de determinados corantes, como o rodamina, que corresponde à cor rosa fluorescente, altamente resistente aos processos de tratamento de efluentes. O corante não se esgota no momento da estamperia e o resíduo se deposita na esteira de rolamento do tecido contaminando a água no momento da lavagem. Somente pequenas doses diárias são processadas pela estação de tratamento. A empresa utiliza ainda corantes reativos, ácidos e dispersos, além de pigmentos na fabricação das pastas de estampagem.

Para a limpeza das régua e dos cilindros, a pasta de estampagem residual é raspada e o material disposto dentro de uma lavadora com sistema fechado com capacidade para 10 régua²¹. Na primeira etapa, a máquina é alimentada com água potável. A água proveniente da primeira etapa é reciclada e reutilizada na segunda etapa, diminuindo o volume de água potável utilizada e reduzindo os custos de produção.

²¹ Cada cilindro possui uma régua.

A empresa dispõe de um local adequado para o armazenamento dos insumos, contando com uma área destinada para o acondicionamento de corantes e para o material utilizado nos processos. Dispõe também de uma cozinha química onde são produzidas as tintas de acordo com o tom que o cliente deseja, produzidas conforme a demanda.

Todos os resíduos são separados em boxes e destinados a recicladoras, cooperativas e/ou retornados ao fabricante quando necessário. A unidade fabril é iluminada por luz de LED, com exaustores alimentados por luz solar. A fim de manter a qualidade do ar, folhagens estão dispostas ao decorrer da unidade fabril e cada funcionário é responsável por cuidar de uma planta. Perto da estação de tratamento há também uma horta, onde são plantadas verduras.

O telhado é resfriado a partir de esguichos de água da chuva armazenada em cisternas, para manter a temperatura agradável em dias mais quentes. O volume de ruído é alto, sendo necessária a utilização de protetores auriculares.

Para a confecção de amostras e variante de cor, a empresa dispõe de uma máquina de serigrafia de apenas 1 cilindro e com extensão de impressão de 6 metros de tecido. O cilindro é bipartido internamente, onde é possível colocar duas cores diferentes na caneta que alimenta o cilindro, não sendo necessário parar a produção das máquinas maiores para produzir poucos metros de tecido.

Através do levantamento de dados, percebe-se que, neste estudo, o processo de serigrafia por cilindro não pode ser considerado um potencial poluidor, visto que, mesmo utilizando grandes volumes de água e aplicando grandes volumes de produtos químicos, todo o efluente é tratado, retornando ao meio ambiente limpo e afetando pouco o meio onde a empresa se situa. Vale ressaltar que o tratamento de efluente é determinado por lei conforme abordado no item 2.2.4, embora outras medidas, como a inserção de plantas, sejam adotadas pela própria administração da empresa. Muitas das medidas tomadas são pensadas objetivando a redução de custo, tendo como resultado a minimização do impacto negativo que o processo teria se não houvesse tais decisões.

Retomando os dados levantados, tem-se o seguinte quadro-resumo:

Quadro 9: Resumo dos dados coletados

Processo	Consumo			Pré-tratamento	Pós-tratamento	Tratamento de efluentes	Tratamento de resíduos	Necessidade do uso de EPI
	Água potável	Produto químico	Energia elétrica					
Impressão a jato de tinta DTG	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Impressão a jato de tinta corrida	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Sublimação por prensa	Não	Sim	Sim	Não	Não	NA	Não	Sim
Sublimação por calandra	Não	Sim	Sim	Não	Não	NA	Sim	Não
Serigrafia a quadro	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
Serigrafia rotativa	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não

Fonte: a autora, 2015.

A tabela resumo contempla os principais itens pesquisados a partir da ferramenta do *check list*. Com base nos estudos de caso apresentados, percebe-se uma deficiência em medidas voltadas para o meio ambiente, como o tratamento de efluentes e resíduos nas empresas de pequeno porte (empresas A, C e E). Entretanto, nas de médio porte (empresas B, D e F), constata-se um maior cuidado no que tange ao destino correto dos efluentes e resíduos, dispondo de melhor infraestrutura. Deste modo, vê-se que o volume de produção não é uma premissa para que o processo seja considerado poluente.

O uso de energia elétrica e de produto químico é comum a todos os processos, porém, o uso de água é empregado em três dos seis estudados.

Outro ponto a ser destacado é a preferência das duas empresas de serigrafia por produtos químicos à base de água, que não agridem a saúde do operador de forma tão severa, como os produtos feitos de solvente ou outros compostos, como o plastisol.

O uso de EPI é necessário na maioria dos processos (empresas C, D, E e F): o processo de sublimação por prensa apresenta maior risco de queimadura nas mãos por descuido do operador. Os processos de impressão digital a jato de tinta, sublimação por calandra e de serigrafia por cilindro são automatizados e o funcionário não entra em contato com o tecido no momento da transferência do desenho, entretanto, são ares fabris com ruído que podem

gerar estresse. Na serigrafia a quadro, o funcionário entra em contato com os produtos químicos utilizados e pode desenvolver alergias, sendo indicado o uso de luvas.

No próximo item, discutem-se os dados levantados nesta etapa através da comparação entre os processos.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são comparados os processos entre si, em sua forma localizada ou corrida, salientando as principais diferenças. Como a área de impressão é a diferença principal em todos, faz-se igualmente a comparação por formato. E pelo fato de a energia elétrica ser fundamental em todos os métodos, e devido a não contemplação da quantificação deste aspecto, não será utilizada como critério de comparação.

5.1 Impressão digital a jato de tinta DTG e corrido (empresas A e B)

Os processos de impressão digital a jato de tinta DTG e corrida são muito semelhantes. Nos dois formatos, é indispensável pré-tratar o tecido, aplicando a química que reagirá com o corante, etapa que a própria máquina realiza. No pós-tratamento, é necessário secar o corante em estufas e realizar a lavagem para retirada da química que não reagiu. No formato DTG, o processo de lavagem é repassado ao consumidor final, não sendo operado pela empresa. No formato corrido, o tecido é lavado e seco antes de ser entregue ao cliente.

O corante reativo utilizado na impressão no tecido de algodão não se esgota totalmente e o excedente reage com a água, como afirma Blackburn (2006). Portanto, quando o processo de lavagem é repassado para o consumidor final, este é depositado no esgoto urbano, que não tem condições suficientes para o seu tratamento, poluindo o ambiente.

O sistema de secagem é fechado e o tempo varia conforme o número de camadas de tinta necessárias à impressão. Tecidos claros demoram, em média, quatro minutos para secar totalmente. Tecidos de cor preta, que necessitam da aplicação de uma camada de tinta branca, demoram o dobro para a secagem total da tinta.

Por conseguinte, o uso de água, de energia elétrica e a quantidade de produto químico também variam conforme o tamanho da peça a ser impressa. Não é necessário o uso de EPI, pois existe pouca interação entre funcionário e máquina, sendo que o corante utilizado não tem cheiro.

É necessário o uso de climatização na sala onde a impressora digital a jato de tinta ficará localizada, pois conforme as instruções de uso do fabricante, a temperatura do cômodo não pode ultrapassar 30° C. A limpeza dos cabeçotes é feita com fluido indicado pelo próprio fabricante da máquina.

Ao aplicar os dados obtidos na ferramenta SDO, tem-se o seguinte radar:

Figura 19: radar - impressão a jato de tinta



Fonte: a autora, 2016.

Na figura, a área menor em cinza representa o estudo de caso de impressão a jato de tinta DTG, enquanto a área maior em cinza representa o estudo de caso de impressão a jato de tinta corrido. Percebe-se, na figura, que a diferença entre os dois casos se dá na minimização e valorização que versa sobre o tratamento adequado de resíduos. No caso de impressão a jato de tinta DTG, o resíduo sólido é destinado à coleta de lixo urbano e o líquido delegado ao cliente, visto que a lavagem da peça não é feita na empresa. Já no caso da impressão a jato de tinta corrido, a empresa destina o resíduo sólido de forma adequada a recicladoras, sendo o efluente tratado totalmente, tornando-se, assim, menos impactante ao meio ambiente visto nesse critério.

5.2 Sublimação por prensa e calandra (empresas C e D)

Para analisar o processo de sublimação por prensa e calandra foram visitadas duas empresas no Rio Grande do Sul: uma de pequeno e outra de médio porte.

O subprocesso essencial de impressão do papel para sublimação é semelhante nos dois processos. Em ambos, são usadas impressoras do tipo *plotter*²², sendo a maior diferença o

²² Impressora destinada a imprimir desenhos em grandes dimensões, com elevada qualidade e rigor, como mapas cartográficos, estampas, plantas arquitetônicas.

tamanho da área impressa no papel. Na impressão destinada à prensa, o tamanho da figura impressa equivale ao tamanho do tecido a ser sublimado para otimizar o uso de *toner* (tinta), visto que apenas a área que estiver em contato com o tecido irá sublimar. Na impressão destinada à calandra, a impressão é feita no papel em seu tamanho total, a fim de acompanhar a largura do tecido a ser sublimado. Nos dois processos, a sala de impressão fica distante da sala onde a prensa ou a calandra estão dispostas. Quanto ao tipo de arquivo digital necessário para a impressão, há variedade conforme o *software* da própria máquina, sendo mais utilizado o formato em TIFF.

Quando analisados pelo item de pré e pós-tratamento, os dois subprocessos essenciais de impressão são isentos, bem como o uso de água. A limpeza do maquinário se faz com fluido indicado pelo próprio fabricante da impressora. Os dois processos demandam energia elétrica, que varia conforme a capacidade de produção de cada empresa. Os ambientes iluminados artificialmente (sendo apenas a empresa que fornece o serviço de sublimação por prensa com entrada de luz e ventilação natural) e o uso de EPI por parte do funcionário não são práticas comuns.

Ao se comparar os processos de sublimação em sua totalidade, as principais diferenças observadas se dão no ambiente de trabalho e na quantidade de produto químico e energia elétrica utilizada, já que tais aspectos estão ligados diretamente ao volume de produção de cada empresa. A empresa de menor porte utiliza a impressora e a prensa conforme seu volume de produção; a de porte médio, por ter maior volume de produção, mantém a calandra em uso constante, bem como as impressoras.

Quando analisados pelo item de armazenamento de insumos, a empresa de porte médio dispõe de áreas para essa função. Já na de menor, o estoque é pequeno ou adquirido conforme a necessidade.

Na de pequeno porte, os resíduos provenientes do processo de sublimação são encaminhados para a coleta seletiva de lixo ou enviados para o cliente quando este os solicita. Nas empresas de porte médio, o papel é enviado para a cooperativa de reciclagem.

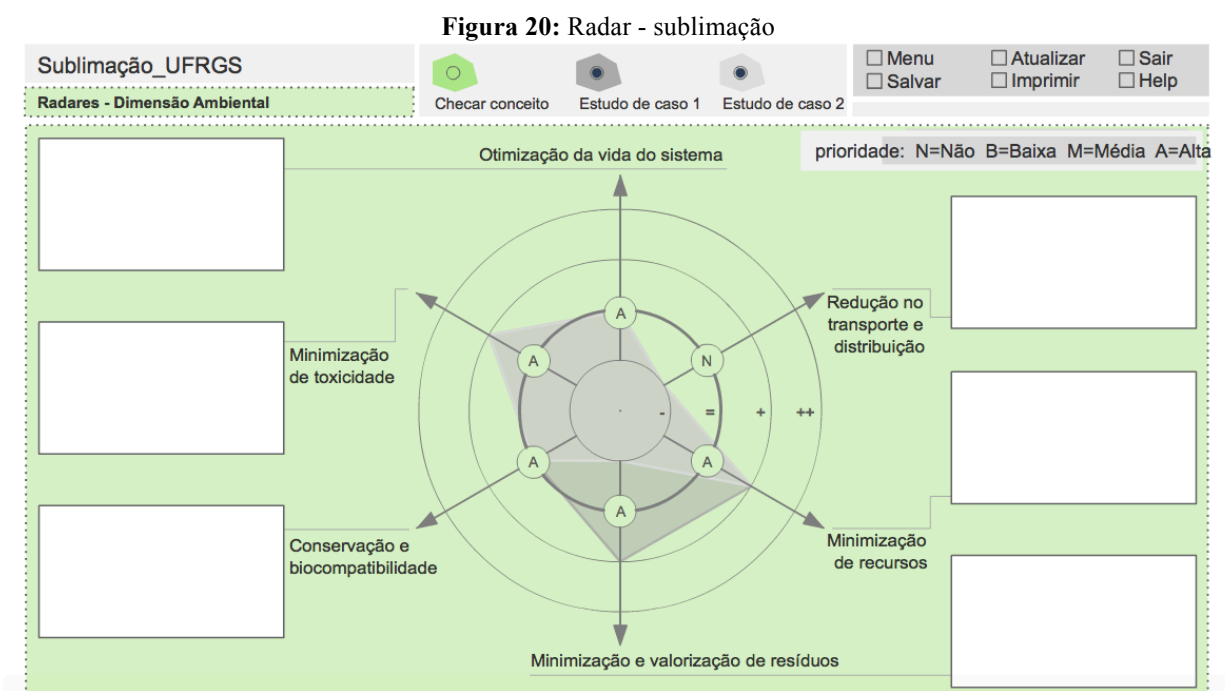
Ao se cruzar esse dado com a pesquisa bibliográfica, percebe-se que Fletcher (2008) considera a sublimação o processo mais sustentável. Entretanto, sua análise é feita considerando apenas o uso de água, sendo a produção de resíduos ignorada. A sublimação produz grandes volumes de resíduo de papel especial. A cada metro de tecido estampa, sobra um metro de papel. Assim, sem o tratamento adequado, o processo passa a ser poluente, já que esse resíduo pode ser depositado de forma inapropriada no meio ambiente.

Quando analisadas pelo viés da ergonomia no ambiente de trabalho, as empresas apresentaram sistema de exaustão para solucionar o resíduo de vapor que provém do processo. No uso da prensa, existe risco de queimadura nas mãos caso o funcionário não respeite o tempo necessário para que o tecido esfrie. Entretanto, o uso de luvas de proteção pode acarretar em perdas quanto ao posicionamento do tecido e do papel na prensa, visto que alguns tecidos são escorregadios.

Nas empresas pesquisadas, a temperatura ao lado da prensa ou da calandra é elevada, intensificando-se no verão, já que os locais não têm climatização, somente ventilação natural (janelas) ou forçada (ventiladores). O cheiro de queimado também é algo característico desse procedimento.

O processo de sublimação, tanto por prensa quanto por calandra, é uma alternativa pouco agressiva ao meio ambiente no que tange à produção de efluentes e pouco uso de produto químico. Entretanto, o resíduo sólido oriundo dos processos, quando não destinado corretamente, pode poluir o ambiente. Alternativas como o reuso ou a reciclagem do papel residual são práticas que devem ser comuns a empresas que prestam esse tipo de serviço, de modo que as embalagens de *toner* cheguem a seu destino.

Ao aplicar os dados obtidos na ferramenta SDO, tem-se o seguinte radar:



Fonte: a autora, 2016.

Na figura, a área menor em cinza representa o estudo de caso sobre sublimação por prensa e a área maior, em cinza, representa o estudo de caso de sublimação por calandra. Percebe-se que a principal diferença é a minimização e valorização de resíduos, que indica o tratamento de resíduos de forma adequada. Na empresa que oferece a sublimação por prensa, o resíduo não é destinado de forma correta, sendo enviado à coleta de lixo. Já na empresa que oferece a sublimação por calandra, o resíduo é destinado a recicladoras, tornando o processo, nesse quesito, mais ambientalmente amigável.

5.3 Serigrafia a quadro manual e serigrafia por cilindro (empresas E e F)

Os processos de serigrafia manual e por cilindro não exigem pré-tratamento quando se considera o tecido já beneficiado e tingido. Em ambos, é necessário considerar a gravação da tela ou do cilindro. O processo de gravação da tela demanda grande volume de água na lavagem da emulsão não fotossensibilizada. Entretanto, considerando o processo de gravação do cilindro adotado pela empresa pesquisada, não é preciso usar água, pois a cera é depositada apenas nas áreas necessárias, tornando o processo ambientalmente amigável.

O pós-tratamento, secagem da pasta ou tinta é obrigatório nos dois processos, sendo feito através de estufa ou rama. Assim, enquanto na serigrafia rotativa o tecido é lavado após passar pela rama, utilizando grandes volumes de água, na serigrafia a quadro manual, o processo de lavagem é transferido para o cliente final.

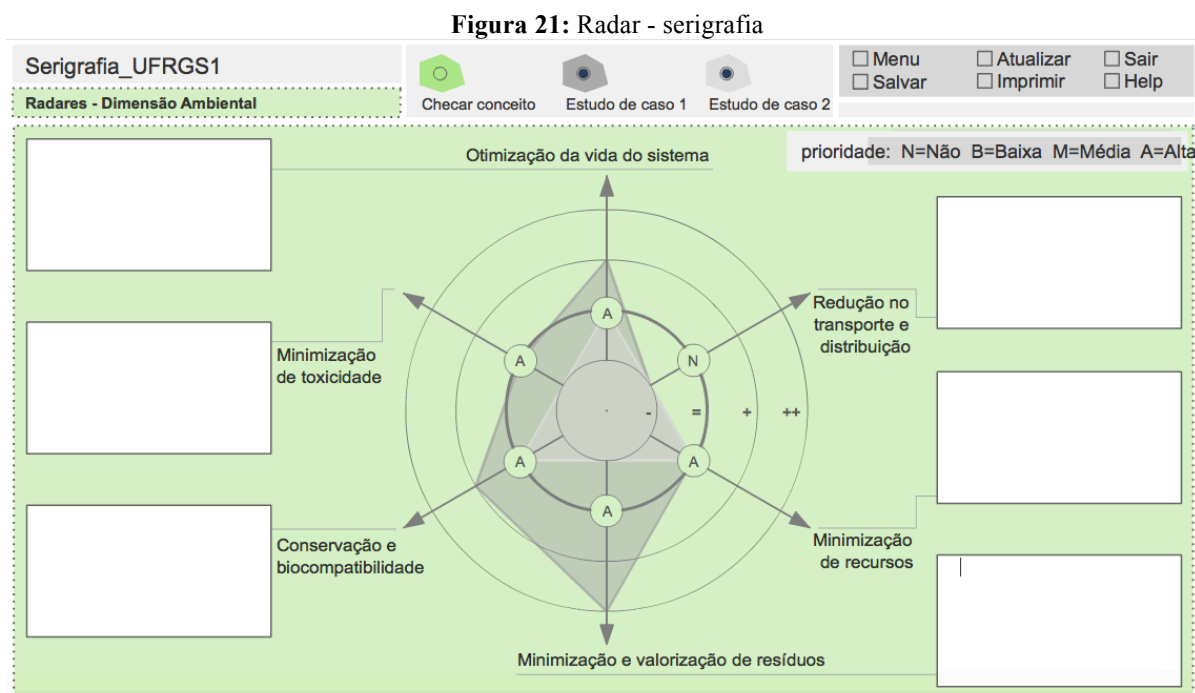
O tratamento do efluente ocorre apenas na empresa de serigrafia por cilindro, em que a água da limpeza das esteiras, cilindros e régua é destinada ao tratamento físico-químico e biológico, juntamente com os efluentes dos outros serviços de estamperia e tingimento prestados pela empresa. Como a limpeza dos equipamentos é automatizada, existe o controle do volume de água empregado. O tratamento de resíduos sólidos também é destinado de forma adequada.

Na empresa de serigrafia a quadro manual, a limpeza dos equipamentos é manual, sem controle, de modo que o efluente e os resíduos não recebem tratamento, sendo destinados à rede urbana de esgoto e coleta de lixo, respectivamente.

O processo manual exige mais interação do funcionário, que fica propenso a desenvolver alergias aos produtos utilizados. No processo por cilindro, ele não interage com a química e o uso de EPI pode ser indicado devido ao ruído produzido pelo maquinário. Em ambos os casos, o uso de água é bastante empregado. Entretanto, como no processo de

serigrafia por cilindro ocorre o tratamento das saídas do processo, o que retorna para o meio ambiente não o agride severamente. No processo a quadro manual, o efluente vai direto para o tratamento de esgoto doméstico, que não é eficiente para a química utilizada, poluindo os aquíferos onde este é depositado.

Aplicando os resultados na ferramenta SDO, tem-se o seguinte radar de sustentabilidade (âmbito ambiental):



Fonte: a autora, 2016.

A área cinza menor é representada pelo estudo de caso de serigrafia a quadro e a área cinza maior pelo estudo de caso de serigrafia rotativa. Percebe-se que, comparando os dois estudos de caso, a empresa de serigrafia a quadro não emprega ações que objetivam a redução do impacto ambiental do serviço prestado. Já a empresa que oferece serigrafia rotativa dispõe de estrutura para minimizar os impactos provenientes do processo. O item N da figura representa uma área não abordada nesta investigação (logística).

A seguir, os processos são comparados a partir dos seus formatos, localizado e corrido. O principal objetivo é auxiliar na tomada de decisão quanto ao método de estampa sob o aspecto sustentável de acordo com o formato desejado.

5.4 Processos de estampa formato localizados (empresas A, C e E)

De acordo com os dados levantados apresentados na seção anterior, é possível comparar os processos a partir do formato (área de impressão). O formato localizado tem dimensões de menor tamanho quando comparadas ao corrido. A definição da dimensão varia de acordo com o processo. Nesta pesquisa, consideraram-se os tamanhos para estampagem em camiseta.

Os processos de serigrafia e sublimação implicam na utilização de substrato intermediário para a realização do processo, como a gravação da tela serigráfica e a impressão do papel com corante disperso. O processo de gravação de tela serigráfica exige grandes volumes de água, já que é necessário lavar a tela para retirar o produto não fotossensibilizado na câmara de luz. Já o processo de impressão do papel com corante disperso é feito em impressoras do tipo *plotter*, sem a utilização de água potável, apenas energia elétrica. A impressão a jato de tinta não necessita de nenhum substrato intermediário para ser executado.

Quando analisados pelo item “pré e pós-tratamento”, o processo de impressão a jato de tinta é o único processo que demanda ambas as etapas. No pré-tratamento é necessário aplicar a química que reagirá com o corante direto, e após a impressão, é preciso realizar a secagem do corante em estufa. A serigrafia demanda o pós-tratamento de secagem da pasta de estampagem, que também varia conforme o tipo de química aplicada. A sublimação é o único processo isento dessas etapas.

Durante o subprocesso essencial de gravação de tela, e após a finalização das transferências de desenho para o tecido, convém lavar as telas mediante grandes volumes de água. Na empresa de serigrafia analisada não ocorre a raspagem da tinta excedente da tela, que é retirada apenas com água corrente. Não existe sistema de reciclagem e reutilização da água residual; faz-se uso de água potável e da rede de esgoto comum da cidade. Neste estudo de caso, a serigrafia resultou ser a mais impactante.

O processo de impressão a jato de tinta não utiliza água em sua forma pura, apenas misturada nas químicas indicadas pelo fabricante. Já o processo de sublimação não utiliza água em nenhuma das etapas. Para a limpeza dos cabeçotes, tanto da sublimática quanto da impressora a jato de tinta, utiliza-se fluido próprio, indicado pelo fabricante, o que dispensa o uso de água.

Quanto ao armazenamento de insumos, como tintas, colas e outros equipamentos, verificou-se que nas três empresas estudadas todas estocam os produtos perto da linha de produção, que ficam ao alcance do trabalhador. As embalagens de tintas dos três processos

são descartadas no lixo comum, separados do lixo orgânico oriundo de outros setores da empresa. A empresa que presta serviço de sublimação, quando solicitada, encaminha aos próprios clientes os resíduos de papel ou utiliza como folha de apoio ou “rascunho” na própria empresa. O excedente é descartado no lixo comum da mesma forma que as embalagens sem cuidado, sem considerar o dano que tal prática pode causar ao ambiente.

E por fim, ao analisar o ambiente de trabalho, constatou-se que não é uma prática comum em todas as empresas visitadas o uso de EPI, como luvas, óculos e protetores auriculares. Nenhuma delas utiliza produtos químicos com cheiro ou dispõe de maquinário que não emita ruídos altos. Em geral, são processos silenciosos, em locais bem arejados, com iluminação natural e artificial (lâmpadas brancas) e com exaustão, quando necessário.

Quanto à temperatura, somente a empresa que presta serviço de impressão a jato de tinta tem climatização. Como a pesquisa foi executada no inverno, o ambiente nos locais de estamperia estava agradável, porém, em temperaturas mais elevadas, pode ser desagradável devido ao calor proveniente da prensa de sublimação.

Comparando os processos de estamperia que aceitam fibras naturais, como a serigrafia e a impressão digital a jato de tinta, o processo digital se mostra menos agressivo, devido ao grande volume de água residual da serigrafia. Entretanto, quando se comparam os custos de produção, a serigrafia se torna mais atrativa, por causa dos volumes maiores.

Ao se comparar os processos digitais de sublimação e a jato de tinta, observou-se que as principais diferenças, além do tipo de tecido adequado, são o resíduo sólido produzido e as etapas de pré e pós-tratamento. A sublimação produz grandes volumes de resíduos sólidos, mas não exige etapas de pré e pós-tratamento. Já a impressão digital a jato de tinta não produz volume considerável de resíduos sólidos, embora tenha mais etapas em seu processo, que demanda maior uso de produto químico. Se o resíduo proveniente da sublimação tiver um fim adequado, pode-se considerar como o mais amigável ambientalmente.

5.5 Processos de estamperia no formato corrido (empresas B, D e F)

Ao se comparar os processos de impressão a jato de tinta, sublimação por calandra e serigrafia por cilindro sob o item pré e pós-tratamento, percebe-se que a sublimação por calandra não exige nenhuma das duas etapas. A serigrafia e a impressão a jato de tinta demandam pós-tratamento de cura e fixação, respectivamente, tal como a lavagem do tecido.

A impressão a jato de tinta demanda ainda tratamento prévio com a aplicação da química reagente.

Os processos de gravação do cilindro e de impressão do papel não exigem o uso de água. Após o uso, o cilindro pode ser regravado. Já o papel com a camada de corante disperso, após a queima, não pode ser reimpresso. Dão-se outros fins, como a reciclagem ou a reutilização como folha de rascunho, etc. Nas duas situações, caso se dê o devido tratamento a essas saídas, pode se evitar a poluição do meio ambiente.

Quando comparados pelo uso de água, a sublimação por calandra é isenta. A serigrafia por cilindro utiliza também grandes volumes de água na limpeza da esteira de rolagem do tecido. Como carrega resíduo, esse efluente precisa necessariamente de tratamento antes de ser devolvido ao meio ambiente, etapa que é contemplada pela empresa.

Em todos os processos, o contato do funcionário com o maquinário é restrito, não havendo risco direto ao se executar uma tarefa. Apenas se verificou um ruído muito alto, que pode vir a ser um agente estressor em potencial nas empresas de maior porte.

Ressalta-se que essas análises são baseadas nos dados coletados, sem transferir os problemas descritos como prática comum às empresas que ofertam métodos de estamperia.

Deste modo, retomando os dados discutidos, conclui-se que, dentre os processos de forma corrida estudados, a sublimação por calandra é a opção mais amigável ambientalmente, justamente por não demandar o uso de água potável e destinar o resíduo sólido gerado (papel) adequadamente. O processo de impressão a jato de tinta no formato corrido e a serigrafia por cilindro são igualmente impactantes, visto que o efluente e os resíduos gerados são tratados, devolvendo ao meio ambiente a água limpa e destinando os resíduos de forma correta.

Na comparação dos casos apresentados em sua forma localizada, percebem-se vários problemas que podem acarretar em poluição desmedida. O resíduo sólido da sublimação não recebe o tratamento adequado, assim como o efluente da serigrafia a quadro manual. O efluente que seria de responsabilidade da empresa de impressão a jato de tinta é transferido para o cliente final, que acaba sendo depositado diretamente na rede de esgoto comum. Vale ressaltar que a impressão a jato de tinta esgota quase em sua totalidade o corante utilizado no processo, sendo menor se comparado ao excesso de tinta de estampagem retirado com a limpeza das telas a partir de jato d'água potável. Em relação ao ambiente de trabalho, o manuseio da prensa de sublimação pode ocasionar queimaduras por descuido e a pasta de estampagem da serigrafia pode gerar alergias de contato, além do ruído gerado pelo maquinário nos parques fabris.

Portanto, neste estudo a serigrafia a quadro é o processo mais poluente, já que despeja grande quantidade de água com produto químico sem tratamento na rede de esgoto urbana, além de utilizar o recurso sem qualquer controle.

Assim, com base nos dados levantados, tem-se o seguinte indicativo:

Quadro 10: Indicativo de processos ambientalmente amigáveis

Tecido	Formato	Processo indicado	Aspectos negativos	Aspectos positivos
Fibra natural	Localizado	Impressão a jato de tinta	Custo elevado	Número ilimitado de cores da estampa Fibra natural
Fibra natural	Corrido	Impressão a jato de tinta	Custo elevado Ruído	Número ilimitado de cores da estampa Fibra natural
Fibra natural	Corrido	Serigrafia por cilindro	Ruído Número limitado de cores	Baixo custo
Fibra sintética	Localizado	Sublimação por prensa	Grande volume de papel Risco de queimadura (operador)	Número ilimitado de cores da estampa
Fibra sintética	Corrido	Sublimação por calandra	Grande volume de papel Ruído	Número ilimitado de cores da estampa

Fonte: a autora, 2015.

Percebe-se, portanto, que para fibras naturais, no formato localizado, o mais indicado é o processo a jato de tinta. Para a mesma fibra, porém, no formato corrido, o processo adotado pode ser determinado pelo custo, visto que em ambos os procedimentos não há poluição do meio ambiente por efluente contaminado ou resíduo não tratado. Para fibras sintéticas, indica-se o uso da sublimação devido à ausência de água no processo. Entretanto, vale investigar de que forma a empresa escolhida trata o resíduo, já que pode haver discrepância no tratamento e consequentemente poluição do meio ambiente.

5.6 Avaliação do método de pesquisa aplicado

Após o término da etapa de coleta de dados e da análise dos resultados, faz-se necessário avaliar se o método de pesquisa aplicado foi satisfatório e suficiente para alcançar o objetivo proposto.

Como pontos negativos, pode-se ressaltar a necessidade de uma mostra maior de empresas que ofertam os processos de estamperia investigados, uma vez que se detectaram vários problemas em relação à execução dos processos, os quais não podem ser generalizados à técnica. Uma amostragem maior poderia resultar em um panorama mais consistente.

Outro ponto a ser ressaltado é a falta de quantificação dos recursos utilizados na execução dos processos, tornando a comparação entre os mesmos mais efetiva, além de possibilitar a aplicação da ferramenta Análise do Ciclo de Vida (ACV), utilizada neste estudo como princípio na confecção da ferramenta de coleta de dados.

Como ponto positivo, destaca-se o levantamento do estado da arte das técnicas de estamperia apresentadas, bem como um panorama inicial da realidade da indústria, abrindo espaço para novas pesquisas. O método aplicado foi suficiente para alcançar o objetivo.

6. CONCLUSÃO

Produtos estampados de vestuário e moda tem forte influencia no cotidiano das pessoas, sendo produzidos em baixa e larga escala, chegando ao consumidor a preços muitas vezes acessíveis e estimulando o seu consumo. Em sua comercialização, a sustentabilidade muitas vezes é utilizada como argumento de venda. Entretanto, sua produção, ocasionalmente, não envolve requisitos sustentáveis. Deste modo, a fim de entender esse cenário, esta dissertação teve como objeto de estudo a etapa de beneficiamento — estamparia — do produto têxtil, no intuito de auxiliar o designer e os empresários no desenvolvimento de produtos de moda ambientalmente amigáveis.

Neste panorama, o designer atua como agente de mudança no comportamento do seu cliente, provendo informações de cunho sustentável e incentivando-o a optar por processos de estamparia e fornecedores ambientalmente amigáveis. Cabe ao designer de superfície e de moda estimular a consciência ecológica do cliente, selecionando materiais e processos de diferenciação ambiental.

Para tal, torna-se necessário conhecer os processos e a linha de produção de seus fornecedores, as entradas e saídas de cada sistema, riscos, vantagens e desvantagens compreendendo o ciclo produtivo de uma estampa, dando atenção para o processo de forma completa e não apenas na confecção e atributos do desenho a ser impresso. Desenvolver o senso crítico e entender que para se ter um produto de moda estampado, diversos recursos naturais e produtos químicos são utilizados, gerando resíduos que se não tratados poluirão a comunidade ao redor, dá ao designer argumentos que auxiliam na tomada de decisão a cerca do método mais adequado de estamparia a ser empregado.

Atualmente existem diretrizes governamentais e tecnologias que tornam obrigatório a implementação de ações como tratamento de efluentes e de resíduos, bem como a proteção individual (EPI) do prestador do serviço, amenizando os impactos no meio ambiente e na saúde das pessoas originados pela indústria têxtil. A inclusão dessas práticas aos processos já existentes deve ser prioridade a todas as empresas para que seja possível oferecer serviços de estamparia ambientalmente amigáveis.

Sabe-se que em processos tecnológicos, como a impressão a jato de tinta sobre tecido, o fornecedor investe grandes quantias de dinheiro em máquinas modernas, ficando refém do fabricante quanto ao uso de tintas e outros insumos, tornando o processo mais oneroso. Tal fato, aliado aos altos tributos praticados no país, abre margem para que processos de

estamparia com baixa tecnologia e que possam acarretar em diversos impactos na saúde do trabalhador e no meio ambiente quando executados de forma errônea, ainda perpetuem.

Assim, pesquisas que estimulam a discussão sobre a relação entre sustentabilidade e estamparia têxtil mostram que ainda há muito a ser feito para obter-se o cenário ideal de uma cadeia produtiva têxtil totalmente sustentável. Novas investigações a cerca de têxteis inteligentes e tintas nano tecnológicas já apontam para insumos com menor impacto.

Como estudos futuros a partir dos dados levantados nesta exploração, indica-se desenvolver pesquisas mais aprofundadas e que quantifiquem o uso de recursos naturais e produtos químicos, voltadas para a engenharia têxtil e ambiental e com apoio de grupos de pesquisa e de fomento, tornam viável o mapeado completo do cenário atual da indústria têxtil. Através do mapeamento é possível traçar diretrizes mais efetivas que contribuam para o estreitamento entre a sustentabilidade e a indústria têxtil.

Educar futuros designers com a introdução de disciplinas de sustentabilidade em processos de estamparia nos cursos superiores de design de moda contribui para que seja reforçado o papel do designer como agente de mudança no comportamento do cliente (quem encomenda a estampa). Transformando a forma com que o cliente enxerga o seu produto, não só como fonte de lucro, mas como passível de poluir grandes áreas, estimula desde o pequeno empresário até a grande indústria a rever a maneira com que é executado o serviço de estamparia.

Como forma de instruir o cliente sobre quais materiais e processos são mais indicados ao seu produto, indica-se também o desenvolvimento de softwares ou aplicativos onde seja possível transitar dentre os mais diversos substratos e métodos de estamparia, indicando vantagens e desvantagens. Visualizar e analisar as opções disponíveis atualmente na indústria colabora para o melhor entendimento da cadeia produtiva de um produto estampado por parte do cliente.

A relação entre estamparia e sustentabilidade precisa ser estreitada no que tange a busca por produtos estampados menos impactantes. Este estudo traz contribuições teóricas e práticas e aponta para pesquisas futuras mostrando sua importância como pesquisa acadêmica.

7. BIBLIOGRAFIA

_____. **Níveis de ruído para conforto acústico**: NBR 10152. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **Norma reguladora 6 - Equipamento de proteção individual – EPI**. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>. Acesso em: 2015.

_____. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: www.mma.gov.br.

_____. **Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário**: NBR 9000. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

A TURCANU, T BECHTOLD, E GANGLBERGER, S GEISSLER. **Natural dyes in modern textile dyehouses — how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future?**. Journal of Cleaner Production. Volume 11, Issue 5, August 2003, Pages 499–509.

ALBRECHT, John. **Optimizing Variables for Success in Direct-to-Garment Printing**. Specialty Graphic Imaging Association Journal. Canadá, 2014.

ANICET, Anne; BESSA, Pedro; BROEGA, Cristina. A quantificação da sustentabilidade no design têxtil. In: **Moda, sustentabilidade e emergências**. DE CARLI, Ana Mery Sehbe; VENZON, Bernadete Lenita Susin (Orgs.). Caxias do Sul: Ed. EDUCS, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. Disponível em: www.abit.org.br. Acesso em: nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura**: NBR ISSO 14040. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BELTRAME, Leocádia Terezinha Cordeiro. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Natal: 2000.

BERLIM, Lilyan Guimarães. A Indústria têxtil brasileira e suas adequações na implementação do desenvolvimento sustentável. **Modapalavra E-periódico** (Dossiê: Sustentabilidade & Moda: interações possíveis para um novo paradigma), Florianópolis, Ano 7, n.13, Jan./Ju., 2014.

BERLIM, Lilyan. **Moda e sustentabilidade**: uma reflexão necessária. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2012.

BETTINI, Ana Maria de Souza Luiz; LASCHUK, Tatiana. A experimentação de diferentes matérias-primas e estruturas têxteis nos processos sublimáticos. In: **Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. São Paulo: Blucher, 2014, p. 1854-1864.

BLACKBURN, R. S. **Sustainable textiles**: Life cycle and environmental impact. Inglaterra. Woodhead Publishing, 2009.

BOWLES, M.; ISAAC, C. **Digital Textile Design**. London: Laurence King Publishers, 2012.

BRANDALISE, Loreni Teresinha. **Modelo de suporte à gestão organizacional com base no comportamento do consumidor considerando sua percepção da variável ambiental nas etapas da análise do ciclo de vida do produto**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BRADDOCK, S., & O'MAHONY, M. (1998). **Techno textiles : Revolutionary fabrics for fashion and design**. London: Thames and Hudson.

BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. **Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente**. São Paulo. Editora G. Gilli, 2013.

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 agronegócio on line**, v. 3, n. 1, p. 87-110, Jan/Jun, 2007.

CARBONARO, Simonetta. VOTAVA, Christian. **The function of fashion? The design of new styles... of thought**. The Nordic Textile Journal. 2009.

CARLI, Ana Mery Sehbe; DE ROSS, Gilda Eluiza; SILVA, Flávia Parente da. Transformando resíduos em benefício social. Banco do Vestuário. In: **Moda, sustentabilidade e emergências**. Caxias do Sul: Ed. EDUCS, 2012.

CIE, Christina. **Ink Jet Textile Printing**. Inglaterra. Woodhead Publishing Limited, 2015.

CHEHEBE, José Rimabar Brasil. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., CNI, 1997.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONAMA. **Resolução Conama N° 001**, de 23 de janeiro de 1986. Publicado no D. O. U de 17 /2/86. Site. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html

DELLAMATRICE, P. M. **Biodegradação e toxicidade de corantes têxteis e efluentes da estação de tratamento de águas residuárias de Americana, SP**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Piracicaba, 2005.

EL-MOLLA, M M; EL-KHATIB, E M; EL-GAMMAL, M S; ABDEL-FATTAH, S H. **Nanotechnology to improve coloration and antimicrobial properties of silk fabrics**. Indian Journal of fibre & textile research Vol.36(3) [September 2011], pages. 266-271.

EMBRAPA. **Madeira para energia**. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000gcg1gusg02wx5ok0rofsmqn47zi4f.html. Acesso em: nov. 2015.

FLETCHER, Kate. **Sustainable fashion and textiles design journeys**. UK: Ed. Earthscan, 2008.

FORUM FOR THE FUTURE. **Fashioning sustainability: A review of the sustainability impacts of the clothes industry**. London, 2007.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil**. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG, 2014. Disponível em: www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_textil.pdf. Acesso em: abr. 2015.

GÊNESIS TINTAS. Disponível em: www.genesistintas.com.br.

GOMES, João Manoel. **Estamparia a metro e à peça**. Porto. 2007.

GREENPEACE INTERNATIONAL. **Toxic Threads: The Big Fashion Stitch-Up: How big brands are making consumers unwitting accomplices in the toxic water cycle**. Netherland, 2012.

JACQUES, Jocelise Jacques de. **Estudo de iniciativas em desenvolvimento sustentável de produtos em empresas calçadistas a partir do conceito berço ao berço**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

KUNZ *et al.* Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, Vol. 25, No. 1, p. 78-82, 2002.

LASCHUK, Tatiana; RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet; **Adequação dos processos de estamparia nas etapas produtivas de produtos de moda e vestuário**. 10 Colóquio de Moda – 8ª Edição Internacional/ 2o Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Design e Moda, 2015.

LASCHUK, Tatiana; RUTHSCHILLING, Evelise Anicet. Adequação dos processos de estamparia nas etapas produtivas de produto de moda e vestuário. In: **Anais**. 11º Colóquio de Moda. 2º Congresso de Iniciação Científica em Design e Moda, 2015.

M.M. MARIE, Y.H. EL-HAMAKY, D. MAAMOUN, D.F. IBRAHIM, AND S.M. ABBAS, **“Pigment Ink Formulation for Inkjet Printing of Different Textile Materials”** *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 4, no. 1, pp. 239–247, September 2013.

MAÇANEIRO, Marlete Beatriz *et al.* A regulamentação ambiental conduzindo estratégias ecoinovativas na indústria de papel e celulose. **RAC-Revista de Administração Contemporânea**, v. 19, n. 1, p. 65-83, 2015.

MACEDO, José Clarindo de. **A inovadora tecnologia da estamparia digital**. In: XIX Congresso Latino Americano de Química e Têxtil, 2008.

MCCARTHY, Sigrid. **What even is sustainable fashion?** Fashion Journal. Austrália, 2015. Disponível em: <http://www.fashionjournal.com.au/fashion/features/what-even-sustainable-fashion>. Acesso em: dez/2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Empresa de Pesquisa Energética**. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro: EPE, 2007. Disponível em: www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-energia. Acesso em: out. 2015.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora no 17**. Brasília: MTE, SIT, 2002. Disponível em: www3.mte.gov.br/seg_sau/pub_cne_manual_nr17.pdf. Acesso em: out. 2015.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. capítulo v, seção iv, artigo 166. **DA SEGURANÇA E DA MEDICINA DO TRABALHO**.

NEVES, Jorge. **Manual de Estamparia Têxtil**. Minho: 2000.

OU, YINGJIE, M.S. **Apparel Mass Customization: Perceptions of Young Chinese Consumers**. Dissertação de Mestrado. The University of North Carolina at Greensboro, 2011.

PARRILO- CHAPMAN, Lisa. **Textile design engineering within the product shape**. Tese de Doutorado. Textile Technology Management. The North Carolina State University, 2008.

PEREIRA, Dilara Rubia. NOGUEIRA, Márcia Ferreira. **Moda sob medida uma perspectiva do slow fashion**. 9o Colóquio de Moda – Fortaleza(CE) – 2013.

QUADROS, S. S. **Tratamento e reutilização de efluentes têxteis gerados nos tingimentos de tecidos de algodão**. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional de Blumenau, 2005.

RESOLUÇÃO CONAMA n. 313, de 29 de outubro de 2002. Publicada no DOU nº 226, de 22 de novembro de 2002, Seção 1, pp. 85-91.

RUTHSCHILLING, Evelise Anicet; LASCHUK, Tatiana. Processos contemporâneos de impressão sobre tecidos. In: **Moda palavra E-periódicos**, Florianópolis, Ano 6, n.11, jul-dez 2013, p. 60-79.

RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet. **Design de Superfície**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

SALCEDO, Elena. **Moda ética para um futuro sustentável**. Ed. G. Gilli., 2014.

SAMANTA, Ashis Kumar. AGARWAL, Priti. **Application of natural dyes on textile**. Indian Journal of fibre & textile research. Vol. 34, 2009, p. 384-399.

SEBRAE. **Critérios de classificação de empresas: MEI - ME – EPP**. Disponível em: www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154. Acesso em: nov. 2015.

STRALIOTTO, Luiz Marcelo. **Ciclos: Estudos de caso de ecodesign de jóias**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Design. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

SWEATSHOP DEADLY FASHION. Direção: Joakin Kleven. Produção: Aftenposten. Documentário, 2015. Disponível em: <http://www.aftenposten.no/webtv/#!/kategori/10514/sweatshop-deadly-fashion>. Acesso em: dez. 2015.

TAM WING YEE, Denise. **Application of creative digital textile printing to footwear design**. Institute of Textiles & Clothing. The Hong Kong Polytechnic University, 2011.

UJIE, H. **Digital printing of textiles**. Inglaterra. Woodhead Publishing Limited, 2006.

UNEP. **Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. Social and socio-economic LCA guidelines complementing environmental LCA and Life Cycle Costing, contributing to the full assessment of goods and services within the context of sustainable development**, United Nations Environment Programme, 2009.

VEZZOLI, Carlo. **Design de sistemas para a sustentabilidade: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”**. Salvador: EDUFBA, 2010.

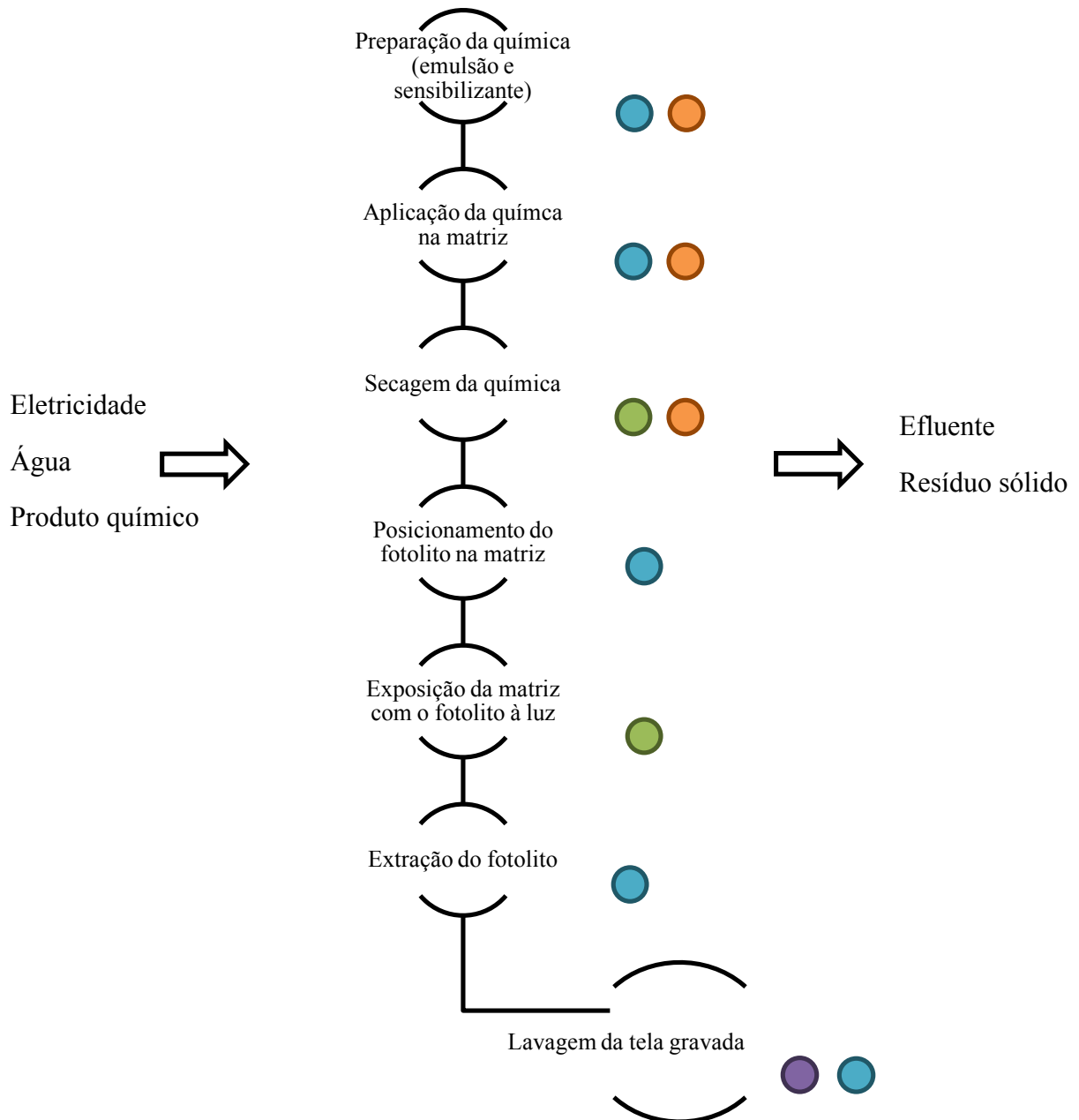
VIEIRA, Liliana Bellio. **A estamperia têxtil contemporânea: produção, produtos e subjetividades**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em têxtil e moda. Universidade de São Paulo, 2014.

Well dressed? The present and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom. University of Cambridge. Institute for Manufacturing, 2006.

YAMANE, Laura Ayako. **Estamperia Têxtil**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação da Escola de Comunicações e Artes. Universidade de São Paulo, 2008.

Apêndice I

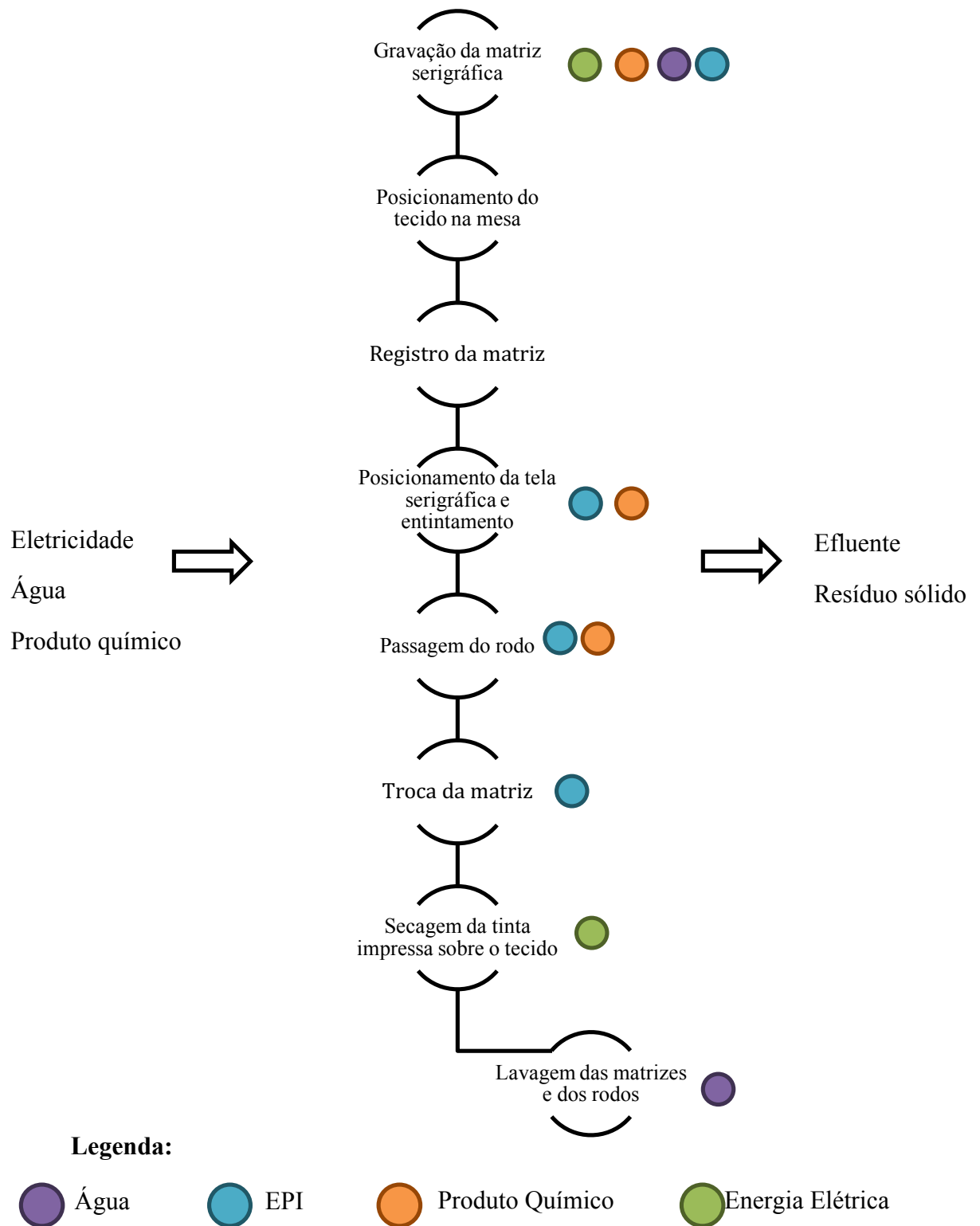
Fluxo de processo de gravação da tela de serigrafia, considerando o fotolito já impresso.



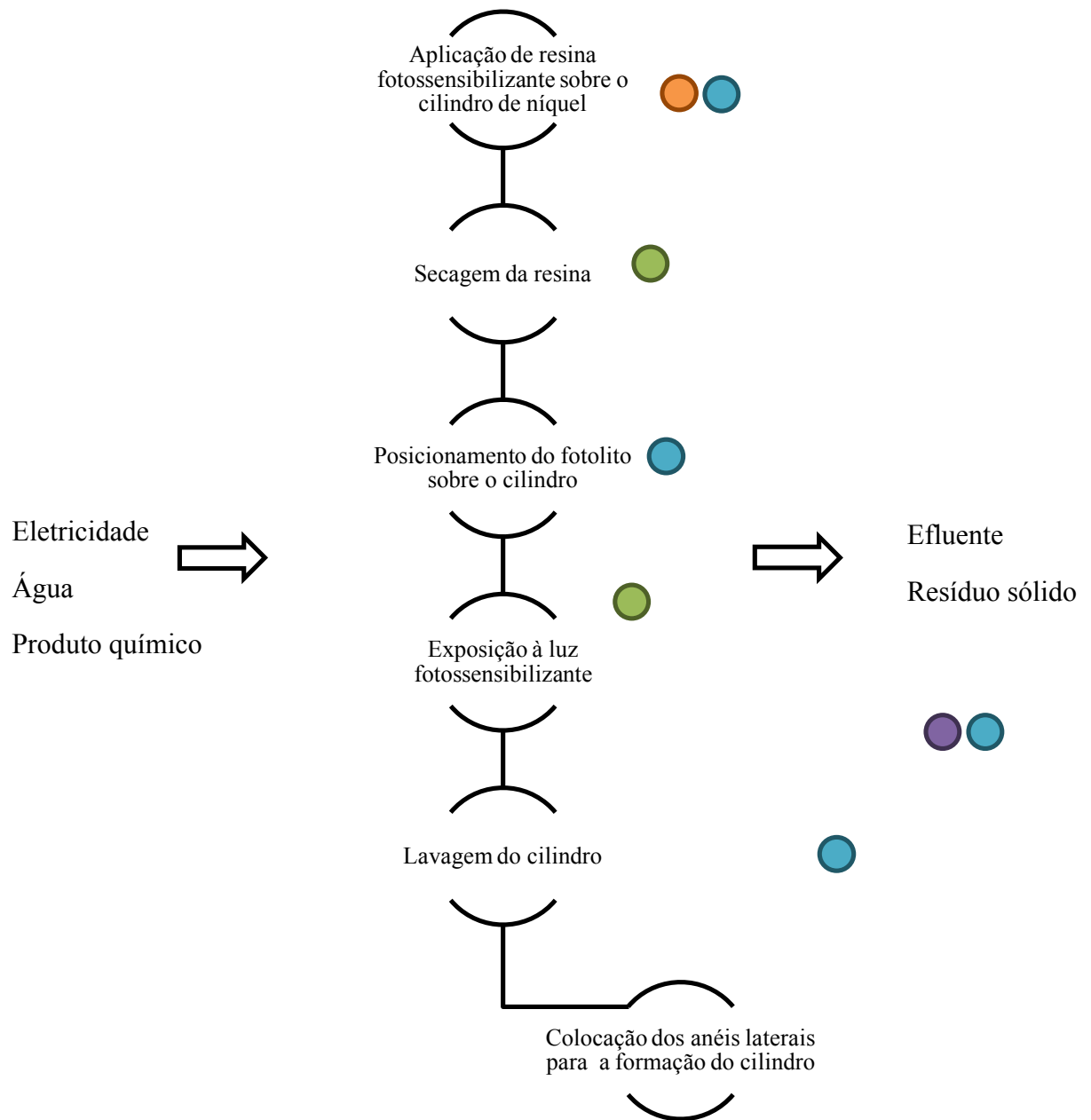
Legenda:



Fluxo do processo de serigrafia a quadro manual, carrossel e automático.



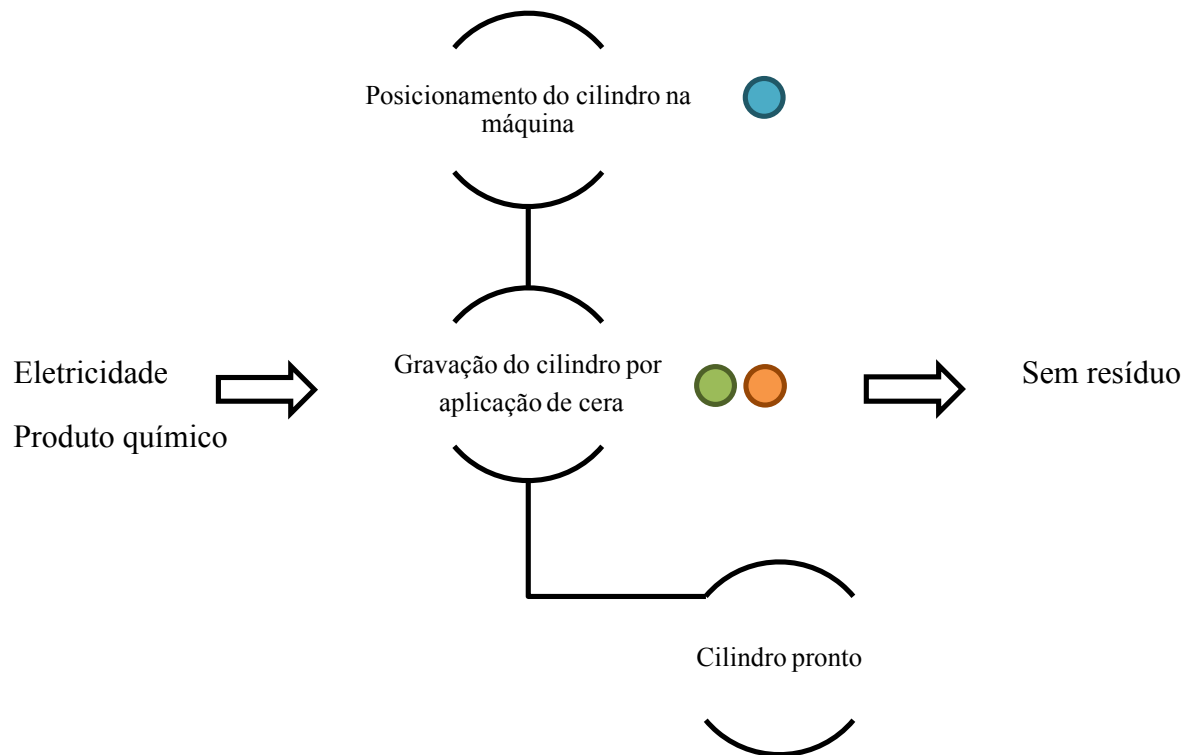
Fluxo de processo de gravação do cilindro serigráfico.



Legenda:



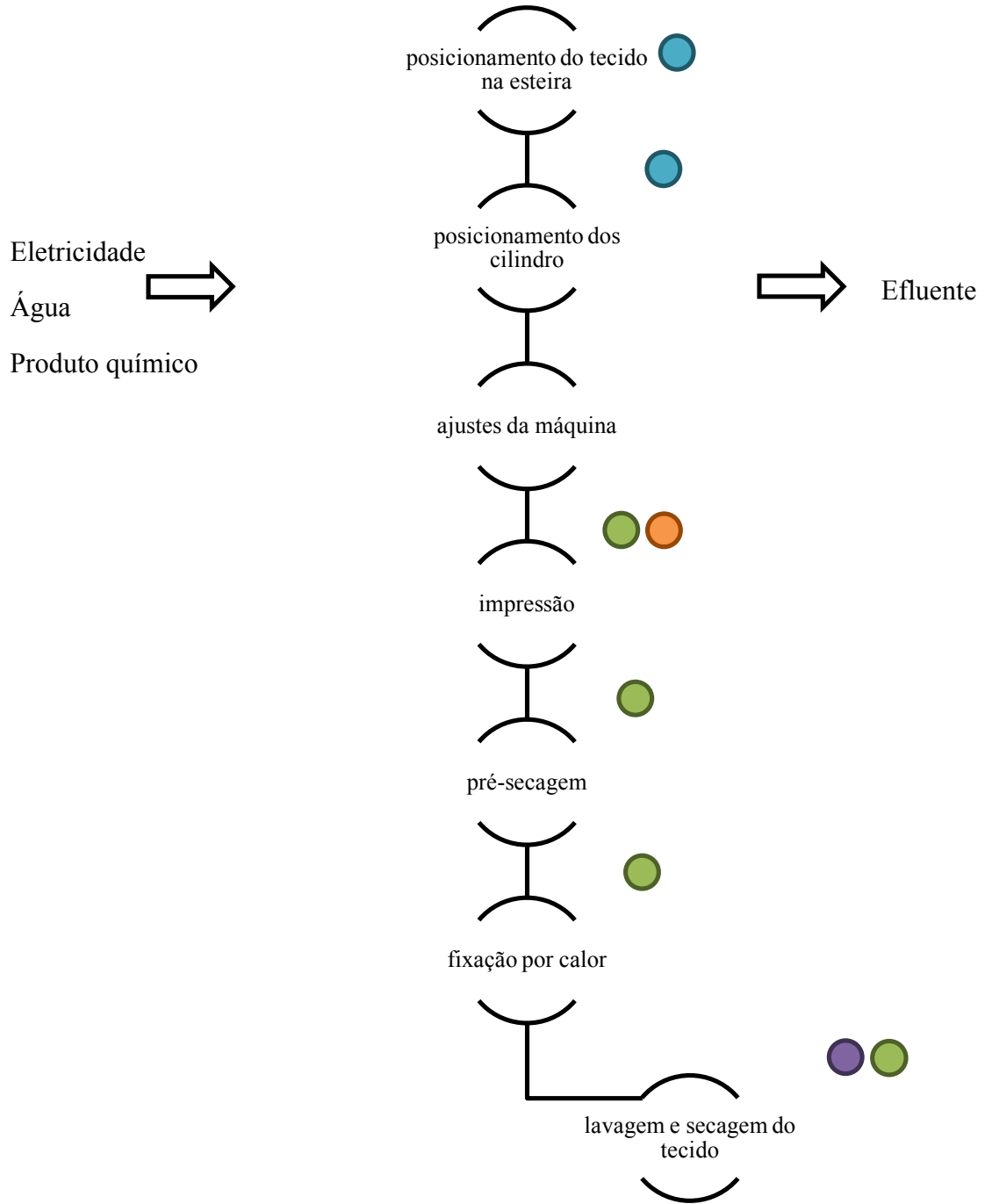
Fluxo de processo da gravação de cilindro por aplicação de cera.



Legenda:



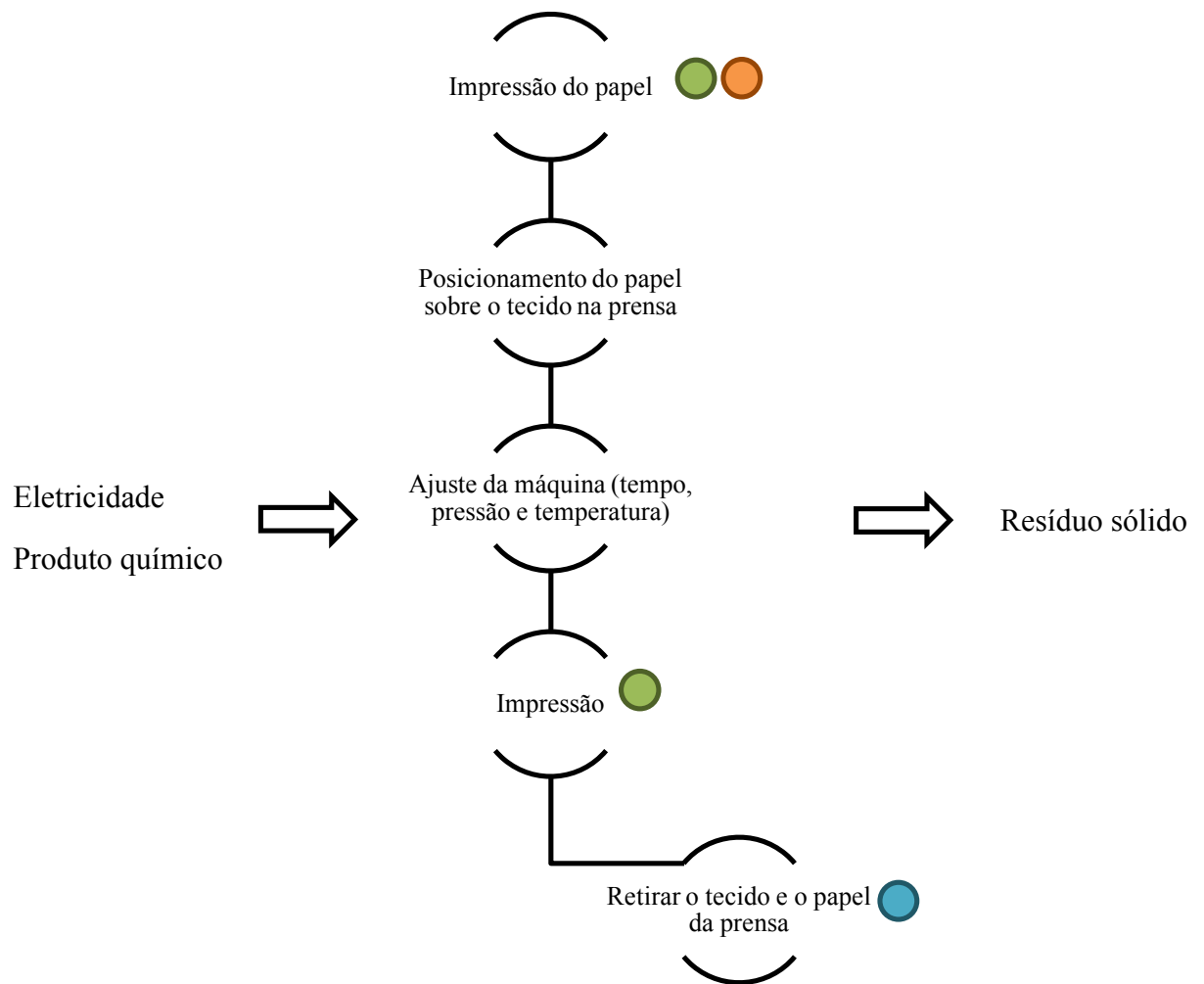
Fluxo de processo da serigrafia rotativa



Legenda:

- Água
- EPI
- Produto Químico
- Energia Elétrica

Fluxo de processo de sublimação por prensa.



Legenda:

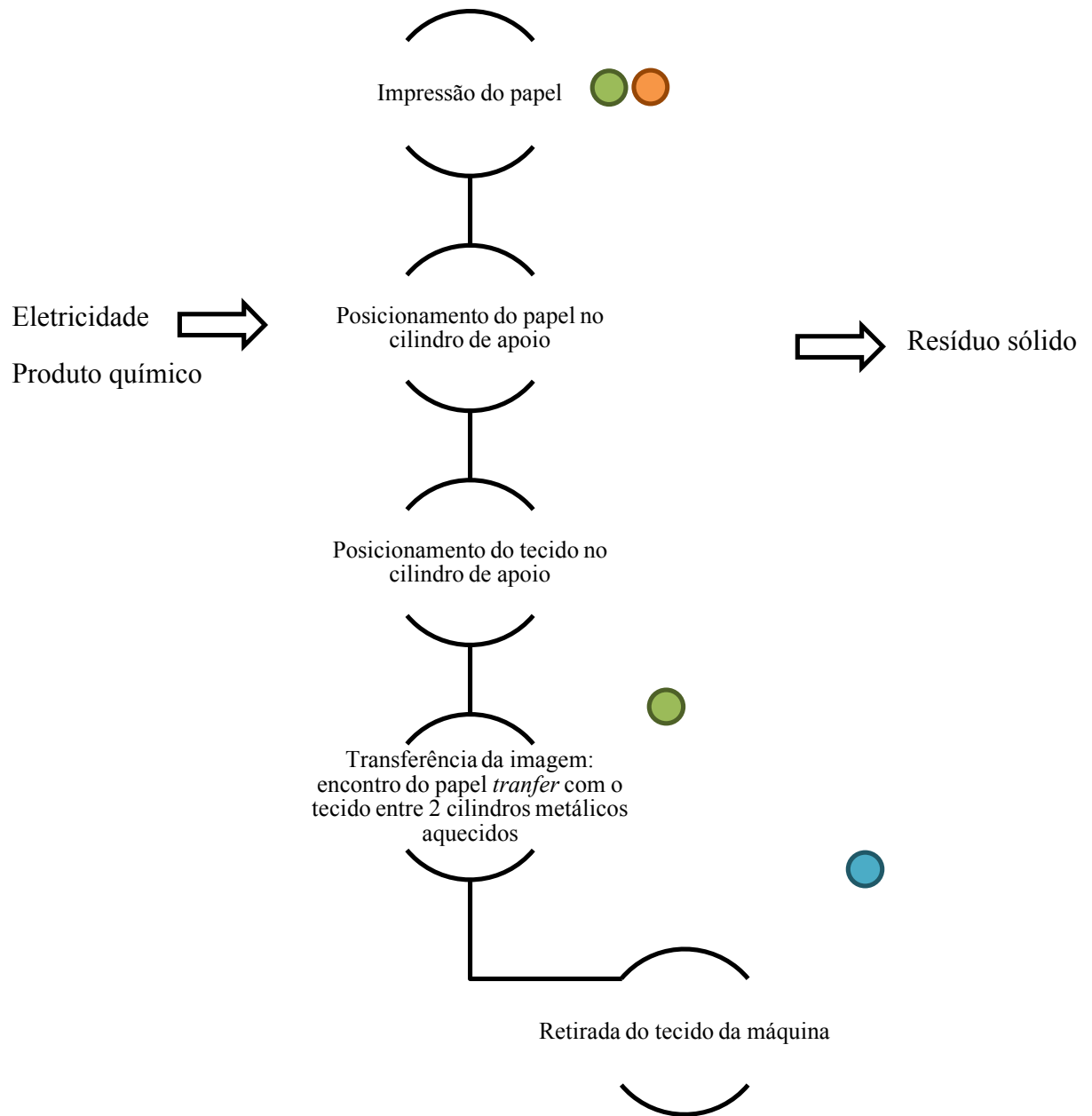
Água

EPI

Produto Químico

Energia Elétrica

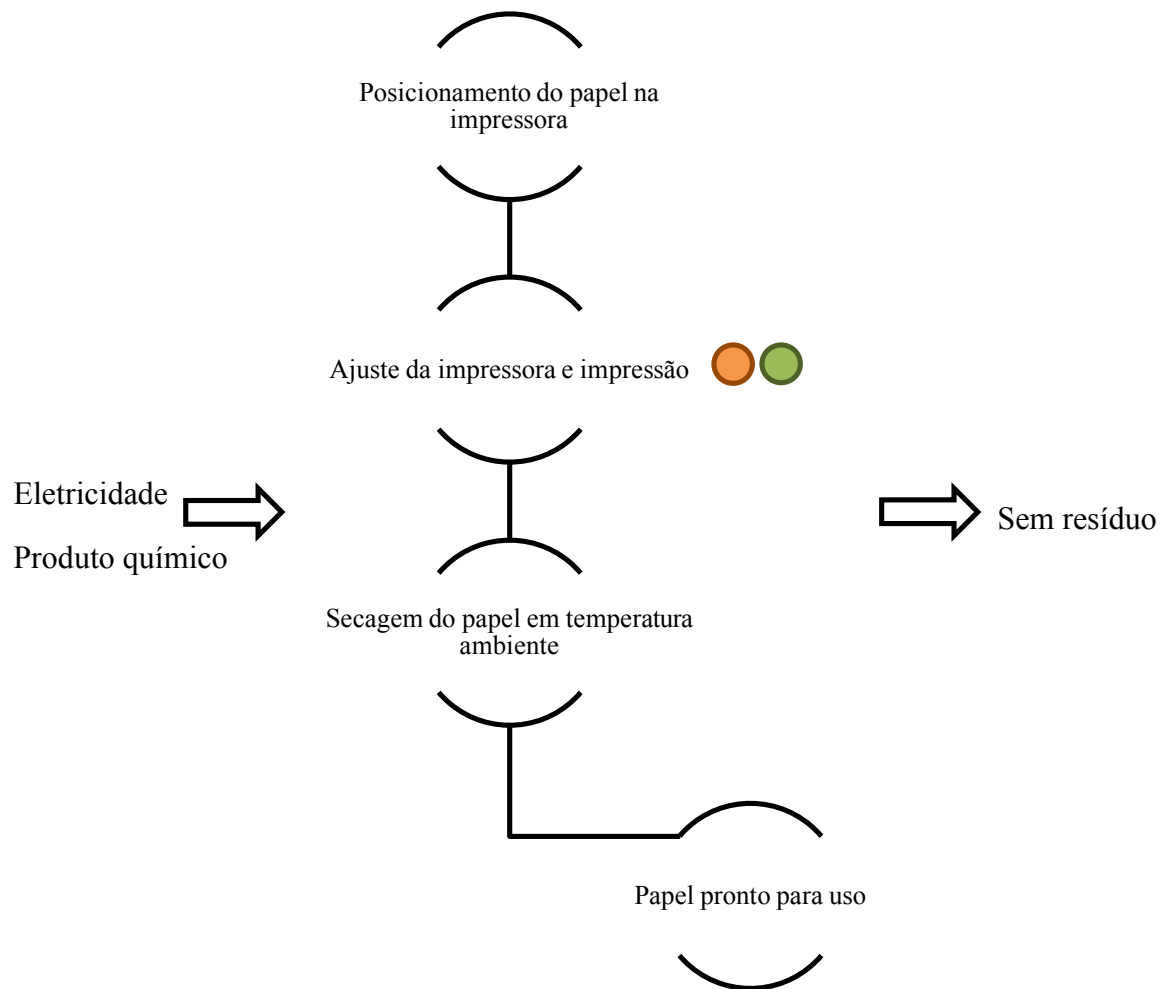
Fluxo de processo de sublimação por calandra.



Legenda:



Fluxo de processo da impressão do papel com corante disperso.



Legenda:

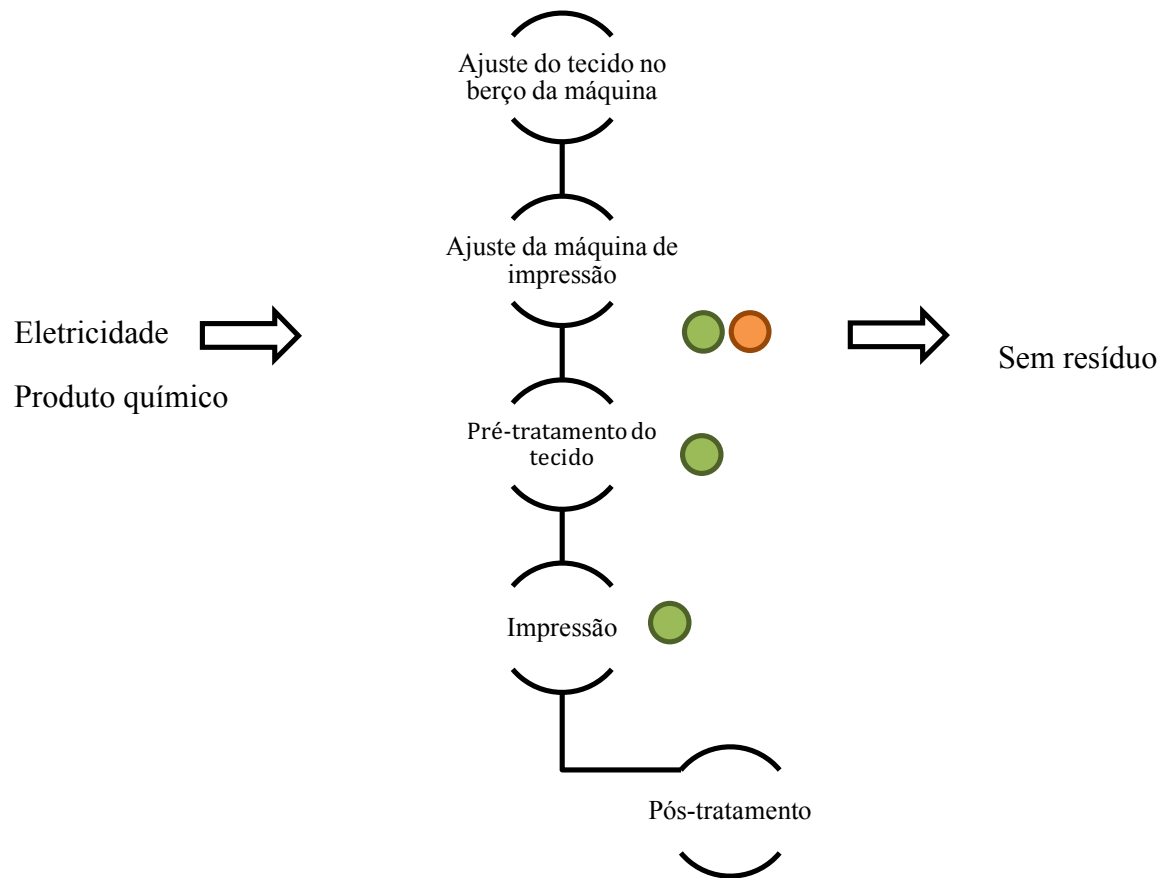
Água

EPI

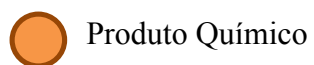
Produto Químico

Energia Elétrica

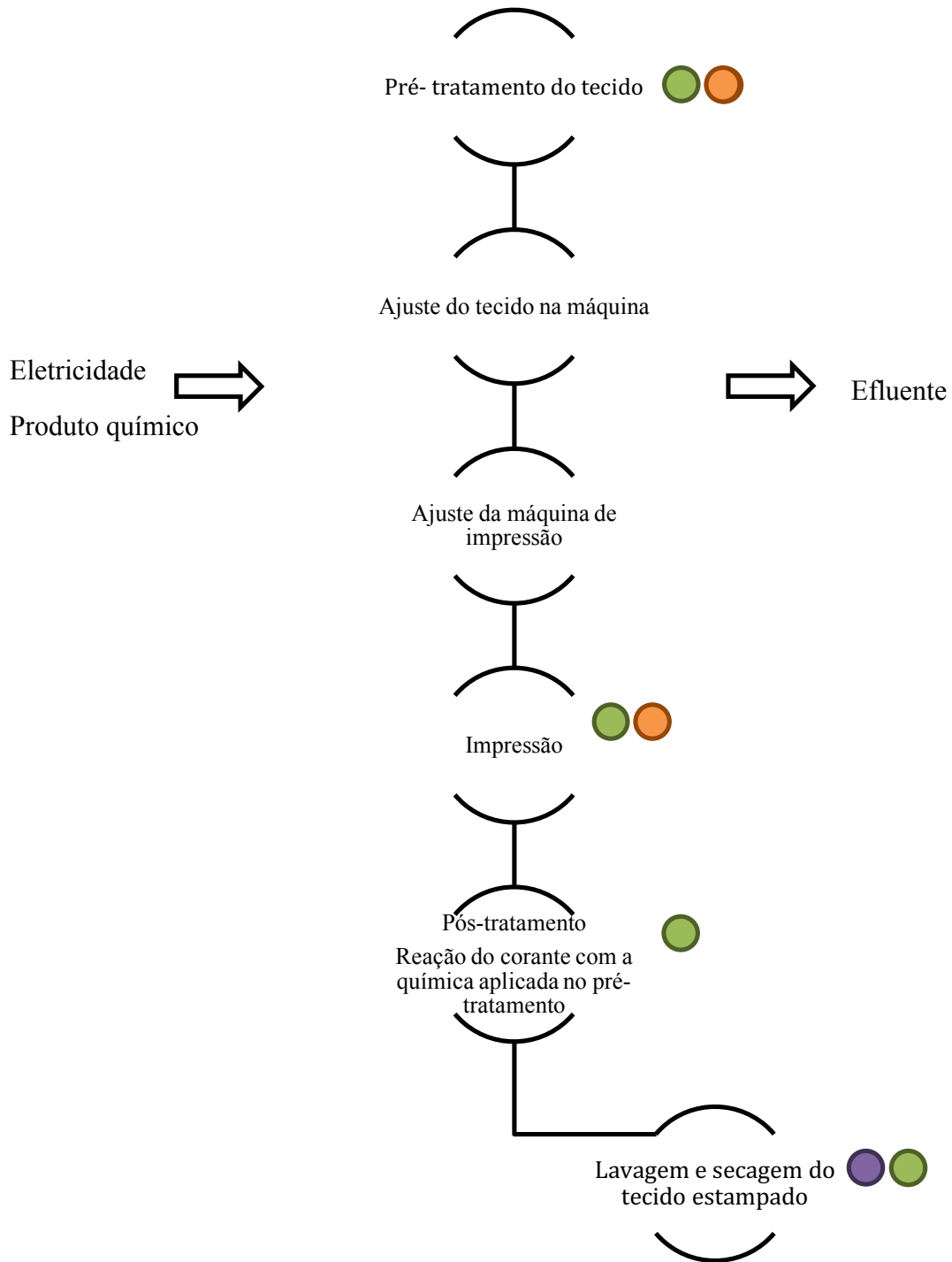
Fluxo de processo de impressão a jato de tinta localizada.



Legenda:



Fluxo de processo de impressão a jato de tinta corrido.



Legenda:

- Água
- EPI
- Produto Químico
- Energia Elétrica