

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MATEUS BERTOLINI SONDA

**A RASTREABILIDADE COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO EM UMA
INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS**

CAXIAS DO SUL

2018

MATEUS BERTOLINI SONDA

**A RASTREABILIDADE COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO EM UMA
INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Bergmann Borges Vieira

CAXIAS DO SUL

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

S698r Sonda, Mateus Bertolini

A rastreabilidade como ferramenta de apoio à gestão em uma indústria de plásticos / Mateus Bertolini Sonda. – 2018.

109 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018.

Orientação: Guilherme Bergmann Borges Vieira.

1. Plásticos - Indústria e comércio. 2. Rastreabilidade. 3. Qualidade dos produtos. 4. Controle de qualidade. 5. Engenharia de produção. I. Vieira, Guilherme Bergmann Borges, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 678.5

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

MATEUS BERTOLINI SONDA

**A RASTREABILIDADE COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO EM UMA
INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul.

Aprovado em 10/12/2018

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gabriel Vidor
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Rafael Mozart da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Roberto Birch Gonçalves
Universidade de Caxias do Sul

Dedico este trabalho a minha família, por esta ter abdicado muitos sonhos pela minha formação e pela compreensão nas ausências em virtude dos estudos.

AGRADECIMENTOS

Permito-me externar um especial agradecimento aos meus sócios, os quais compreenderam minhas ausências da empresa para que este trabalho fosse desenvolvido e apostaram na alternativa por mim proposta; a minha família e namorada, que compreenderam as abdições a alguns momentos em família devido aos estudos; e ao meu orientador, Dr. Guilherme que não se cansou de exigir, apontar caminhos e contribuir não só com esta dissertação, mas em uma mudança no modo de agir através de ‘método’.

RESUMO

A rastreabilidade é definida como a capacidade de visualização dos acontecimentos ao longo da história de determinado produto desde sua origem até o final de sua vida útil. O conhecimento de seu uso teve início na década de 1960, após a publicação de um artigo que se referia ao controle de qualidade de sistemas espaciais da NASA, e tem sido frequente a sua aplicação em setores como a indústria alimentícia e farmacêutica, também sendo identificada sua utilização em outros setores como o de tecnologia de informação. Inserida nesse contexto, esta dissertação teve como objetivo propor uma sistemática de implementação da rastreabilidade em peças plásticas produzidas pelo processo *vacuum forming*, identificando os (potenciais) resultados de sua utilização. Para tanto, primeiramente foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre rastreabilidade na indústria, visando identificar técnicas de rastreabilidade já estudadas e analisar sua potencial aderência ao tipo de processo estudado. A partir dos resultados dessa revisão da literatura e considerando o objetivo da dissertação, foi realizada uma pesquisa-ação em uma empresa de médio porte localizada na serra gaúcha e que atua no setor de transformados plásticos. A pesquisa seguiu uma abordagem mista (qualitativa-quantitativa) e foi operacionalizada mediante observação participante e análise documental. Os resultados obtidos indicaram que o modelo de rastreabilidade proposto à empresa possibilitará uma maior assertividade na tomada de decisões e na implementação de ações corretivas para eliminar causas raízes de problemas de qualidade; transmitirá segurança aos clientes em eventuais problemas de campo que necessitem de *recall*, por meio da agilidade e precisão na implementação das ações necessárias à solução dos problemas; proporcionará a atuação sobre perdas e custos da não qualidade, facilitando a implementação de ações junto aos responsáveis a partir de dados estatísticos gerados pela rastreabilidade; e estimulará a integração da cadeia de suprimentos mediante o controle dos processos envolvendo diferentes atores dessa cadeia.

Palavras-chave: Rastreabilidade; Indústria Plástica; Modelo de Implementação; Gravação em Peças Plásticas; Potenciais Benefícios.

ABSTRACT

Traceability is defined as the ability to visualize events throughout a product's history from its origin to the end of its life cycle. The knowledge of its use began in the 1960s, after the publication of an article referring to the quality control of NASA's space systems. Since then it has been frequently applied in sectors such as food and pharmaceutical industry and also in other sectors such as information technology. In this context, this dissertation aimed to propose a systematic implementation of traceability in plastic parts produced by vacuum forming process, identifying the potential results of its use. For this, a systematic literature review of the traceability in the industry was carried out, aiming to identify traceability techniques already studied and to analyze its potential adherence to the type of process . Based on the results of this literature review and considering the dissertation's objective, an action-research was carried out in a medium-sized company located in the state of Rio Grande do Sul, which operates in the plastic sector. The research followed a mixed approach (qualitative-quantitative) and was carried out through participant observation and documentary analysis. The results indicated that the traceability model proposed to the company will allow greater assertiveness in decision making process and in the implementation of corrective actions to eliminate quality problems. It will also transmit safety to the customers in field problems that need recall, through the agility and precision in the implementation of the necessary actions to solve the problems; it will also provide better performance on losses and non-quality costs, facilitating the implementation of corrective actions by means of statistical data generated by traceability; and will stimulate the supply chain integration through the control of the processes involving different actors of this chain.

Keywords: Traceability; Plastic Industry; Implementation Model; Plastic Parts Recording; Potential Benefits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma simplificado da cadeia petroquímica e de plástico - Fase I	17
Figura 2 – Fluxograma simplificado cadeia petroquímica e plástico - Fase II	18
Figura 3 – Resinas termoplásticas consumidas no Brasil.....	19
Figura 4 – Distribuição das empresas por porte considerando o número de funcionários (2015)	20
Figura 5 – Distribuição das empresas por porte considerando o faturamento (2014).....	21
Figura 6 – Processos produtivos utilizados na produção de transformados plásticos no Brasil (2013)	22
Figura 7 – Processo produtivo de extrusão (2013).....	22
Figura 8 – Faturamento por setor (2016).....	23
Figura 9 – Faturamento por setor (primeiro semestre de 2017)	24
Figura 10 – Participação percentual por segmento (2016).....	25
Figura 11 – Participação por segmento no primeiro semestre de 2017 (em %).....	25
Figura 12 – Objetivos e resultados esperados da rastreabilidade na empresa estudada.....	27
Figura 13 – Etapas do desenvolvimento da revisão sistemática da literatura desta dissertação	35
Figura 14 – Etapas I a III da revisão sistemática da literatura – destaque Fases I e II.....	35
Figura 15 – Etapas I a III da revisão sistemática da literatura – destaque Fase III	37
Figura 16 – Etapas IV a VII da revisão sistemática da literatura – destaque Fases IV e V	37
Figura 17 – Quantidade de publicações por ano.....	38
Figura 18 – Quantidade de publicações por periódico	39
Figura 19 – Quantidade de publicações por autor	41
Figura 20 – Afiliações dos autores	42
Figura 21– Mapa dos países com maior número de publicações	43
Figura 22 – Grau de aderência dos estudos ao tema da dissertação	44
Figura 23 – Etapas da revisão sistemática, com destaque para as Etapas VI e VII.....	45
Figura 24 – Fases da pesquisa-ação.....	50
Figura 25 – Resina de ABS recebida em caixa	58
Figura 26 – Resina de ABS recebida em sacaria.....	58
Figura 27 – Resina ABS	58
Figura 28 – Pigmento para resina ABS	58

Figura 29 – Extrusora de chapas.....	59
Figura 30 – Etiqueta de rastreabilidade nas chapas	59
Figura 31 – Molde ‘macho’	60
Figura 32 – Molde ‘fêmea’	60
Figura 33 – Máquina termoformadora.....	60
Figura 34 – Fluxo de termoformatação	61
Figura 35 – Etiqueta de identificação atual	61
Figura 36 – Etiqueta adesiva de rastreabilidade	63
Figura 37 – Base de cobre com resistência aquecida	68
Figura 38 – Temperatura chapa de ABS para gravação	69
Figura 39 – Carimbo de gravação.....	70
Figura 40 – Personalização carimbo de gravação	70
Figura 41 – Temperatura chapa de ABS para gravação	71
Figura 42– Sistema de gravação.....	71
Figura 43 – Gravação na chapa de ABS antes da termoformagem	72
Figura 44 – Resultado gravação chapa de ABS após termoformagem	73
Figura 45 – Gravação chapa de ABS aquecida	73
Figura 46 – Corpos de prova sentido da extrusão	74
Figura 47 – Corpos de prova sentido oposto da extrusão.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais periódicos por setores de aplicação da rastreabilidade	40
Quadro 2 – Artigos por classe temática.....	46
Quadro 3 – Etapas de um relatório de pesquisa-ação.....	51
Quadro 4 – Relação entre o modelo de Tripp (2005) e a estrutura da presente dissertação.....	52
Quadro 5 – Resultados esperados com base nas temáticas identificadas na revisão sistemática da literatura.....	56
Quadro 6 – Resultados esperados com base nos objetivos da organização.....	57
Quadro 7 – Escala verbal de importância ou preferência relativa.....	65
Quadro 8 – Mensuração do atual cenário e seus impactos	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais produtores mundiais de resinas termoplásticas (2015).....	19
Tabela 2 – Empresas de transformados plásticos no Brasil por estado (2015)	20
Tabela 3 – Municípios com plantas industriais de transformação de materiais plásticos (2015)	20
Tabela 4 – Setores consumidores de transformados plásticos no Brasil (2014)	21
Tabela 5 – Participação por segmento (2016 e 2017/1)	26
Tabela 6 – Quantidade de artigos publicados por setor de aplicação da rastreabilidade.....	40
Tabela 7 – Publicações por país	43
Tabela 8 – Graus de importância atribuídos aos critérios	66
Tabela 9 – Graus de preferência atribuídos às alternativas em cada critério	66
Tabela 10 – Valor global normalizado por alternativa	67
Tabela 11 – Resultados dos testes de tensão (Mpa)	75
Tabela 12 – Média e desvio padrão do módulo de elasticidade (Mpa)	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
EPS	<i>Expanded Polystyrene</i>
EUA	Estados Unidos da América
EVA	<i>Ethylene-Vinyl-Acetate</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	Polietileno de Baixa Densidade Linear
PET	<i>Polyethylene terephthalate</i>
PP	<i>Polypropylene</i>
PPE/PP	<i>Polyphenylene Ether and Polypropylene</i>
PS	<i>Polystyrene</i>
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>
QR code	<i>Quick Response Code</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
RTM	<i>Resin Transfer Molding</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2.	JUSTIFICATIVA.....	28
1.3.	QUESTÃO DE PESQUISA.....	29
1.4.	OBJETIVOS.....	29
1.4.1.	Objetivo geral	29
1.4.2.	Objetivos específicos.....	30
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1.	RASTREABILIDADE: PRINCIPAIS CONCEITOS	31
2.2.	REVISAO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE RASTREABILIDADE.....	34
2.2.1.	Aspectos bibliométricos e aderência dos estudos selecionados ao tema da dissertação	38
2.2.2.	Aspectos de conteúdo dos artigos mais relevantes	44
3.	MÉTODO.....	50
3.1.	MÉTODO DE PESQUISA	50
3.2.	MÉTODO DO TRABALHO	52
3.2.1.	Planejamento	52
3.2.2.	Implementação.....	53
3.2.3.	Monitoramento	54
3.2.4.	Avaliação	54
4.	RESULTADOS.....	56
4.1.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO ATUAL.....	57
4.2.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO PROPOSTO.....	62
4.2.1.	Escolha da melhor alternativa.....	62
4.2.2.	Detalhamento da alternativa a ser implementada.....	67
4.2.3.	Testes práticos e laboratoriais.....	72
4.3.	POTENCIAIS RESULTADOS DA RASTREABILIDADE NA EMPRESA.....	77

5.	CONCLUSÕES	81
5.1.	IMPLICAÇÕES GERENCIAIS.....	82
5.2.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS....	83
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICE A - DETALHAMENTO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	88
	APÊNDICE B - ENSAIOS DE LABORATÓRIO	104
	APÊNDICE C - RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS DE TENSÃO	108
	APÊNDICE D - RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS DE ELASTICIDADE.....	109

1. INTRODUÇÃO

A rastreabilidade compreende a identificação do produto, bem como o conhecimento de sua origem e destino. A sua utilização pode constituir um diferencial competitivo para as empresas, reduzindo seus custos internos e externos, e contribuindo para o aumento da satisfação dos clientes. Internamente, a mesma possibilita, com base em dados que podem ser analisados estatisticamente, uma maior precisão e velocidade nas ações para solucionar as causas raízes de problemas como o índice de refugo por máquina e a identificação do operador e fornecedor quando divergências em relação aos padrões estabelecidos.

Externamente, a rastreabilidade pode permitir uma resposta rápida e precisa a questionamentos ou problemas de qualidade enfrentados pelos clientes. Desse modo, a mesma possibilita a gestão da qualidade dos produtos por parte da empresa, tanto internamente (durante o processo produtivo) quanto externamente (durante a utilização do produto), contribuindo com a redução dos custos da não qualidade e reduzindo a probabilidade de fracasso nas ações corretivas, quando necessárias.

A rastreabilidade de um produto plástico produzido através do processo de *vacuum forming* pode ser estendida a toda a cadeia de suprimentos quando o custo não comprometer os resultados obtidos pelos atores envolvidos. Nesse sentido, cita-se a necessidade da identificação dos materiais: i) antes de sua expedição pelos fornecedores, com os requisitos especificados; ii) no momento de seu recebimento na empresa; iii) durante as etapas produtivas; iv) no momento da expedição aos clientes; e v) durante sua vida útil. Nesse contexto, faz-se necessário o registro das informações relevantes para a adequada caracterização dos materiais.

Os custos para a implementação da rastreabilidade variam de acordo com o sistema a ser utilizado, mas, para a seleção do modelo a ser adotado, tão importante quanto a análise dos custos é a confiabilidade das informações e a capacitação dos usuários. Ressalta-se que a operacionalização do sistema, em algumas etapas, é condicionada ao ser humano, seja este o programador ou o executor. Isso evidencia que nem sempre a solução de maior custo e/ou de maior robustez reduzirá a importância das pessoas nos processos de rastreabilidade.

Conforme comentado anteriormente, a identificação do produto é imprescindível para a rastreabilidade, seja esta por meio de código de barras, *Radio-Frequency Identification* (RFID), *Quick Response* (QR code), ou outro meio. Porém, em alguns produtos existem limitações à utilização das técnicas de identificação anteriormente citadas. Nesses casos, a adaptação das soluções existentes às especificidades dos processos das empresas faz-se

necessária, uma vez que determinados processos produtivos não permitem a utilização de padrões de identificação já consolidados.

Um exemplo desse tipo de limitação é encontrado em produtos plásticos produzidos pelo processo de *vacuum forming*. Esses produtos sofrem, durante as etapas de transformação da matéria prima, atividades como lixamento, colagem e pintura, ações que comprometeriam a integridade das identificações mencionadas anteriormente.

Portanto, embora a rastreabilidade seja amplamente utilizada e seu uso já se encontre consolidado em alguns setores da indústria, tais como agropecuário, alimentício e farmacêutico, entre outros, em setores como a indústria de peças plásticas, especialmente as produzidas pelo processo de *vacuum forming*, a sua utilização encontra-se em um estágio pouco difundido e as soluções implementadas demonstram-se menos eficazes. Embora existam evidências em campo da rastreabilidade de peças produzidas por esse tipo de processo, percebe-se a não eficácia desta quanto à abrangência do ciclo de vida do produto. Isso abre espaço para estudos abordando o tema, uma vez que os atuais modos de identificação de produtos evidenciados nesse setor muitas vezes não possibilitam às empresas os benefícios da rastreabilidade. As informações contidas em uma etiqueta, por exemplo, são perdidas quando esta se desprende do produto ou é danificada pelo processo produtivo sofrido pelo mesmo, como ocorre em operações de pintura. Além disso, analisando-se o contexto externo, as identificações vistas *in loco* por vezes não se encontram disponíveis nos produtos devido a problemas na qualidade dos materiais com que são produzidas, exposição a intempéries, dentre outros fatores. Os efeitos dessa falta de integridade são o comprometimento da proteção da empresa produtora quanto a processos judiciais, dificultando a eventual responsabilização de terceiros; a dificuldade na tomada de ações corretivas de modo rápido e objetivo; a impossibilidade de segregação de eventuais lotes em processo de produção; e o impacto na satisfação dos clientes.

Adicionalmente, embora se observe na literatura um destaque para publicações referentes à rastreabilidade na indústria de alimentos, a quantidade de estudos sobre rastreabilidade na indústria plástica publicados na base de dados *Science Direct* no período de 2007 a 2016 limitou-se a 132 artigos. Além disso, não foram identificadas publicações específicas sobre a rastreabilidade em peças plásticas produzidas pelo processo de *vacuum forming*, o que evidencia uma oportunidade de pesquisa.

Dado esse contexto, a presente dissertação propõe a implementação de um sistema de rastreabilidade em peças plásticas produzidas pelo processo de *vacuum forming* em uma empresa do setor plástico instalada na região da Serra Gaúcha. Além de contribuir com uma

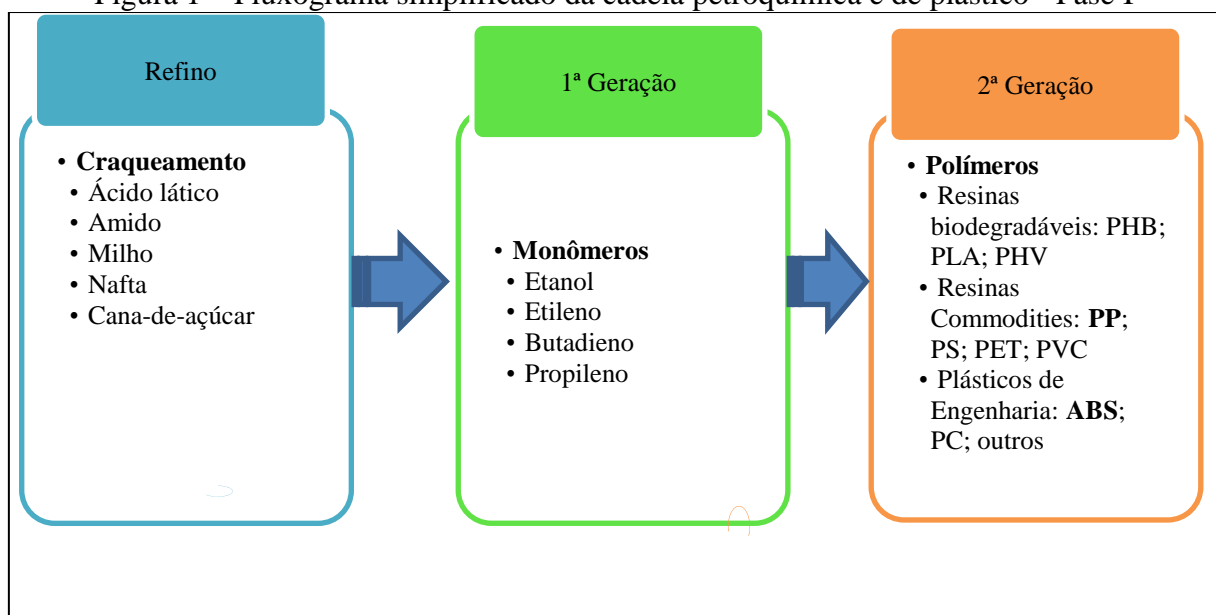
lacuna teórica identificada, o estudo também apresenta resultados práticos da rastreabilidade de peças produzidas pelo processo mencionado, contribuindo para gerar informações para a implementação de ações voltadas à redução dos custos internos e externos, e para o aumento da competitividade e da satisfação dos clientes.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2016), a cadeia produtiva petroquímica e do plástico encontra-se dividida em quatro gerações, além do refino e dos mercados consumidores. A primeira geração é constituída pelos monômeros, ou seja, etanol, etileno, propileno, entre outros. As resinas biodegradáveis, *commodities* e plásticos de engenharia – caso do Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) – formam a segunda geração. A terceira geração é composta pelos transformadores plásticos, isto é, as empresas que transformam os polímeros em produtos a serem vendidos aos mercados consumidores. Tratando-se da quarta geração, citam-se os consumidores finais e os produtos fabricados com materiais reciclados.

Analisando-se a cadeia petroquímica, percebe-se que a empresa e o processo analisado têm relação com a 2ª e 3ª gerações do processo produtivo (Figuras 1 e 2). Na 2ª geração, ocorre a produção de polipropileno (PP) e acrilonitrila butadieno estireno (ABS), que são resinas utilizadas no processo de *vacuum forming*; na 3ª está o processo de extrusão das resinas e termoformagem das peças plásticas

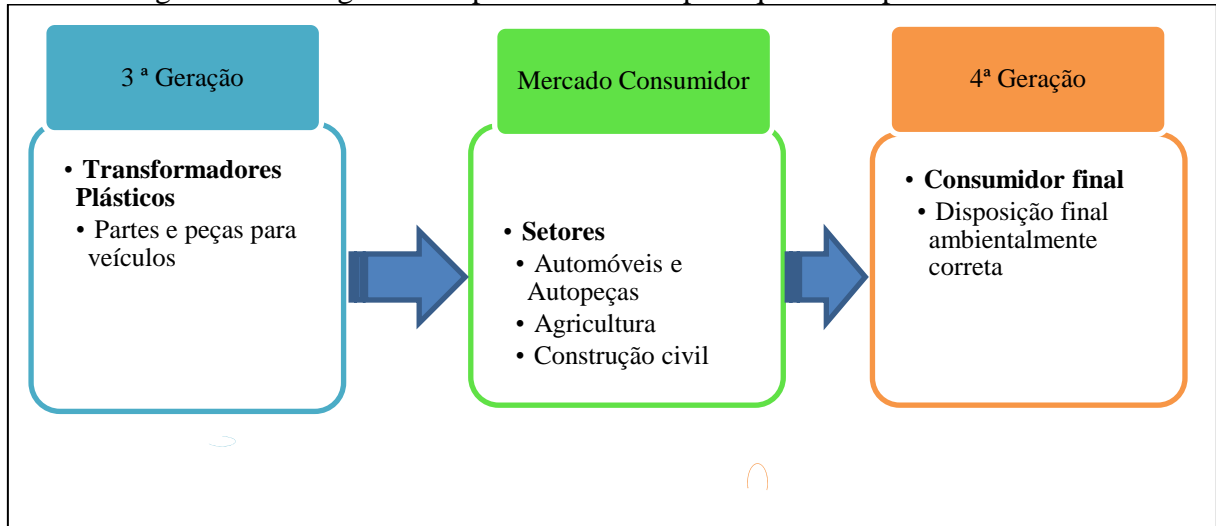
Figura 1 – Fluxograma simplificado da cadeia petroquímica e de plástico - Fase I



Fonte: Adaptado de Abiplast (2016).

Cita-se na 2ª geração a necessidade de associação da matéria prima com os respectivos lotes de produção e certificados de análise, a fim de contribuir com as próximas etapas de transformação. A Figura 2 complementa o fluxograma simplificado da Fase I da cadeia petroquímica e de plástico.

Figura 2 - Fluxograma simplificado cadeia petroquímica e plástico - Fase II

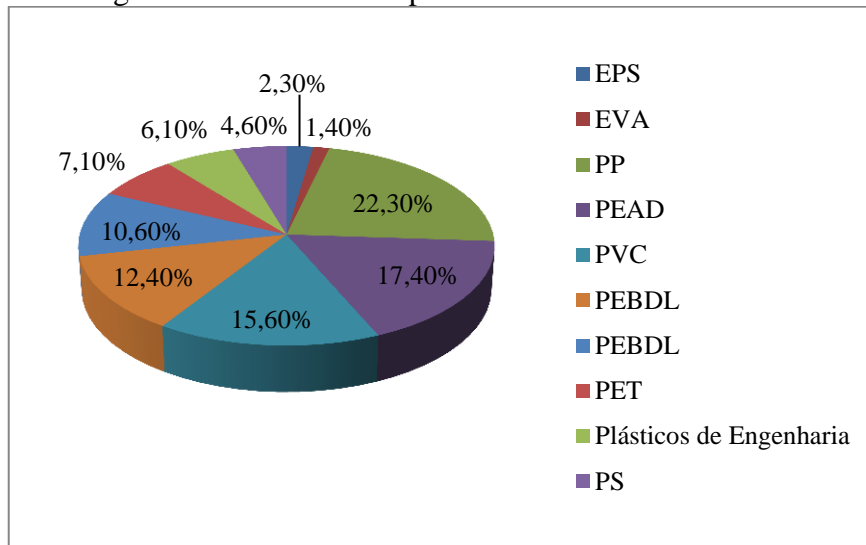


Fonte: Adaptado de Abiplast (2016).

As informações recebidas da segunda geração devem permanecer íntegras: i) na terceira geração, na qual ocorre a transformação das resinas em produtos plásticos, como por exemplo as partes e peças para veículos; ii) durante a sua utilização pelo mercado consumidor como componentes na fabricação de produtos dos setores atendidos, tais como automotivo, agrícola e de construção civil; e iii) durante o seu uso por parte do consumidor final, considerando todo o ciclo de vida do produto até a sua disposição final. Tratando-se da terceira geração, a rastreabilidade contribui internamente com a atuação sobre as perdas; auxilia na resolução de problemas inerentes à produção e possibilita o aumento da produtividade da organização. Já no mercado consumidor e na quarta geração sua função é atuar sobre problemas de qualidade de modo eficaz.

Ilustra-se na Figura 3 a participação percentual das resinas termoplásticas consumidas no Brasil. Percebe-se que as resinas utilizadas pela empresa estudada no processo de *vacuum forming* - ABS, Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Éter de polifenileno e polipropileno (PPE/PP) - são amplamente utilizadas no país, representando cerca de 30% do total consumido.

Figura 3 – Resinas termoplásticas consumidas no Brasil



Fonte: Pesquisa Industrial Anual - PIA Produto (IBGE, 2014) e Pesquisa Industrial Mensal de Produção Física - PIM-PF (IBGE, 2016) apud Abiplast (2016).

Destaca-se na Figura 3 o percentual mais expressivo da resina de PP (22,3%) e o menor percentual da resina de EVA (1,4%). Na Tabela 1 são apresentados os principais produtores mundiais de resinas termoplásticas no ano de 2015 (em percentual).

Tabela 1 – Principais produtores mundiais de resinas termoplásticas (2015)

País	%
China	27,8%
Europa	18,5%
Canadá, México e Estados Unidos	18,5%
Restante da Ásia	16,7%
Oriente Médio	7,3%
Japão	4,3%
Comunidade dos Estados Independentes (<i>Commnwealth</i>)	2,5%
Brasil	2,3%
América Latina (exceto Brasil)	2,1%

Fonte: Plastics Europe (2016) apud Abiplast (2016).

A expressiva participação da China torna-se evidente na Tabela 1. A participação do Brasil na produção mundial de resinas termoplásticas representa 2,3%, porém, o mesmo produz 0,2% a mais que todo o restante da América Latina. Enquadrando-se nesse contexto as resinas adquiridas pela empresa em análise, cita-se a importação de ABS do Oriente Médio e da China, e a aquisição de PP e PS no Brasil.

No âmbito brasileiro, havia em 2015 um total de 11.459 empresas transformadoras de plástico e o setor de transformados plásticos empregava, no ano de 2016, um total de 313.062 pessoas. A Tabela 2 apresenta a quantidade de empresas do setor de transformados plásticos por estado e a representatividade de cada estado na quantidade total de empresas.

Tabela 2 – Empresas de transformados plásticos no Brasil por estado (2015)

Estado	Quantidade	%
São Paulo	4892	42,7%
Rio Grande do Sul	1252	10,9%
Santa Catarina	973	8,5%
Paraná	970	8,5%
Minas Gerais	824	7,2%
Rio de Janeiro	597	5,2%
Outros	1951	17%

Fonte: Relação Anual de Informações Sociais (RAIS, 2015) e Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED, 2016) apud Abiplast (2016).

Destaca-se o estado de São Paulo com a maior participação, seguido do Rio Grande do Sul. A Tabela 3 apresenta os principais municípios brasileiros com plantas industriais de transformação de materiais plásticos.

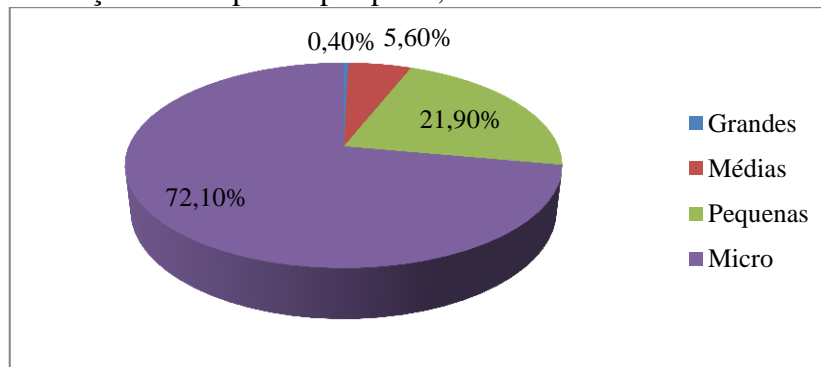
Tabela 3 – Municípios com plantas industriais de transformação de materiais plásticos (2015)

Municípios	Quantidade de plantas
São Paulo - Capital	1406
Caxias do Sul	258

Fonte: Relação Anual de Informações Sociais (RAIS, 2015) e Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED, 2016) apud Abiplast (2016).

Observa-se na Tabela 3 a cidade de Caxias do Sul com destaque entre os municípios brasileiros com plantas industriais de transformação de materiais plásticos. A distribuição de empresas por porte, conforme o número de funcionários, é apresentada Figura 4.

Figura 4 - Distribuição das empresas por porte, conforme o número de funcionários (2015)



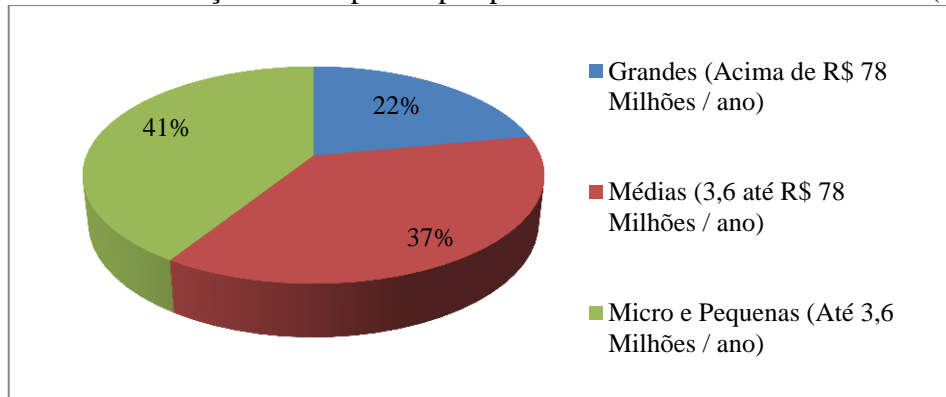
Fonte: Relação Anual de Informações Sociais (RAIS, 2015) e Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED, 2016) apud Abiplast (2016).

Observa-se que 72,1% das empresas são microempresas. A organização analisada enquadra-se na categoria de médias empresas, que representa 5,6% do total de empresas. Apenas 0,40% das empresas do setor são consideradas de grande porte no que se refere ao número de funcionários.

A Figura 5 apresenta a distribuição das empresas conforme o seu faturamento anual. Observa-se que 78% das empresas são de micro, pequeno ou médio porte, e os 22% restantes

são de empresas de grande porte. Esse maior percentual de empresas de grande porte quando se considera o faturamento deve-se ao fato de se tratar de um setor intensivo em capital.

Figura 5 – Distribuição das empresas por porte considerando o faturamento (2014)



Fonte: Pesquisa Industrial Anual - PIA Empresa (IBGE, 2014) apud Abiplast (2016).

Considerando-se as classes expostas na Figura 5, a empresa analisada está entre as empresas de médio porte, as quais representam 37% do total de empresas do setor. Na Tabela 4 são apresentados os principais setores consumidores de transformados plásticos no Brasil.

Tabela 4 – Setores consumidores de transformados plásticos no Brasil (2014)

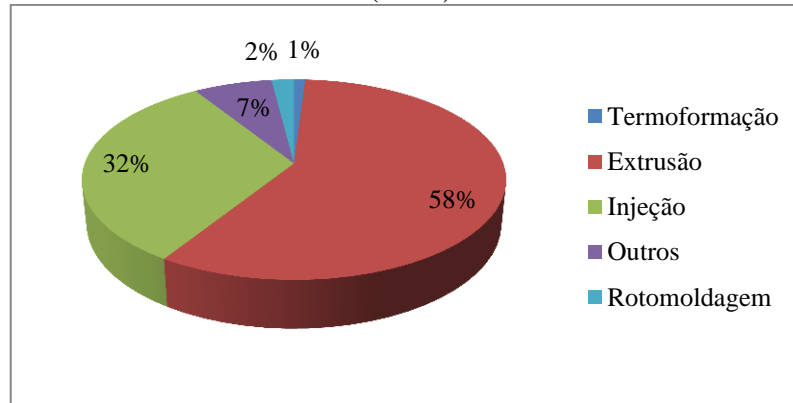
Setor	%
Construção civil	23,4%
Alimentos	17,1%
Automóveis e autopeças	11,0%
Artigos de comércio em atacado e varejo	10,0%
Máquinas e equipamentos	6,1%
Produtos de metal	5,9%
Bebidas	5,5%
Móveis	4,4%
Papel, celulose e impressão	3,2%
Perfumaria, higiene e limpeza	3,1%
Eletrônicos	2,5%
Agricultura	2,5%
Químicos	2,3%
Têxteis e vestuário	0,9%
Farmacêutico	0,8%
Outros equipamentos de transporte	0,6%
Outros	0,7%

Fonte: Tabela de usos e recursos (IBGE, 2014) apud Abiplast (2016).

A construção civil corresponde a 23,4% do consumo de transformados plásticos, constituindo o percentual mais expressivo. Dentre os setores atendidos pela empresa em análise, podem ser citados: automóveis e autopeças; máquinas e equipamentos; móveis; agricultura; e outros equipamentos de transporte. Esses setores, somados, representam 24,6%

do consumo de transformados plásticos no Brasil. A Figura 6 ilustra os processos produtivos utilizados na produção de transformados plásticos no Brasil.

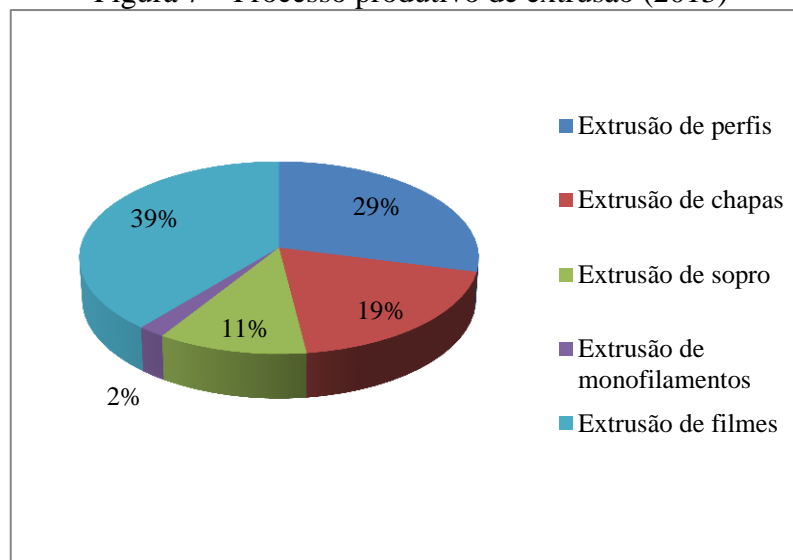
Figura 6 – Processos produtivos utilizados na produção de transformados plásticos no Brasil (2013)



Fonte: Abiplast (2016).

Embora a organização em questão transforme resinas pelos processos de injeção e termoformação (*vacuum forming*), o processo de *vacuum forming* não ocorre diretamente com a resina termoplástica granulada, isto é, a mesma é extrusada e transformada em chapas plásticas. Os percentuais de extrusão (58%) e de injeção (32%) destacam-se em relação aos demais, representando juntos 90% do total (Figura 6). O processo de extrusão subdivide-se, de modo genérico, em extrusão de perfis, chapas, sopro, monofilamentos e filmes (Figura 7).

Figura 7 – Processo produtivo de extrusão (2013)



Fonte: Abiplast (2016).

A extrusão de filmes destaca-se na Figura 7, representando 39% do total. Entende-se por filmes películas finas – mono e multicamadas – utilizadas principalmente para a confecção de embalagens flexíveis. Direcionando-se ao contexto do estudo em questão, a extrusão de chapas (19%) compreende a fabricação de lâminas, as quais serão insumos para a

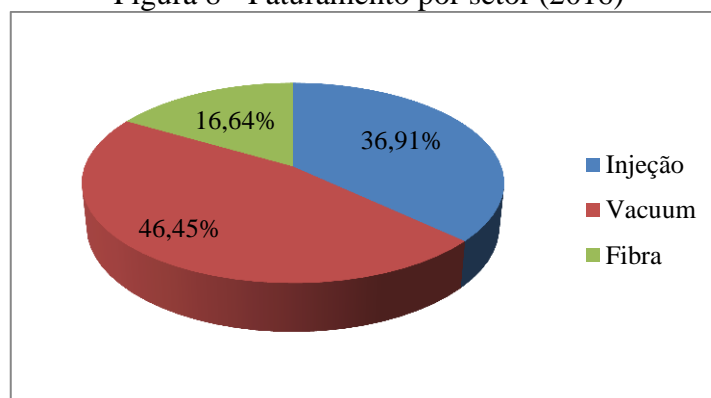
produção de peças termoformadas para atendimento aos diversos setores anteriormente explicitados.

O presente estudo desenvolve-se em uma empresa do setor plástico, situada na cidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, a qual foi fundada em 2011. A empresa estudada é fabricante de peças plásticas sob os processos de injeção, *vacuum forming* e fibra de vidro (*spray up* e RTM – *Resin Transfer Molding*), atendendo aos segmentos de transporte de pessoas e cargas, refrigeração, construção civil, moveleiro, agrícola, utilidades domésticas, dentre outros de menor representatividade. Aos segmentos referenciados, a empresa fornece peças como frentes, traseiras, para-choques, tetos e revestimentos plásticos internos para ônibus; para-lamas e peças plásticas de reposição para implementos rodoviários; partes plásticas e de fibra de vidro para equipamentos de ar condicionado automotivos e residenciais; telhas de policarbonato para aplicação em telhados de galpões; encostos, assentos, divisores de talher plásticos; peças plásticas internas, para-lamas e tetos para cabines de tratores; e tábuas de corte e espátulas misturadoras plásticas para atividades domésticas.

Além dos produtos anteriormente mencionados, a empresa possui uma área técnica capacitada para o desenvolvimento de projetos desde o seu início até o final. A empresa é capaz de dispor aos seus clientes três diferentes processos - *vacuum forming*, injeção e fibra de vidro - para fazer o mesmo produto, isto é, dependendo do consumo e do investimento necessário em ferramental, por exemplo, pode-se indicar o processo com a melhor relação custo \times benefício.

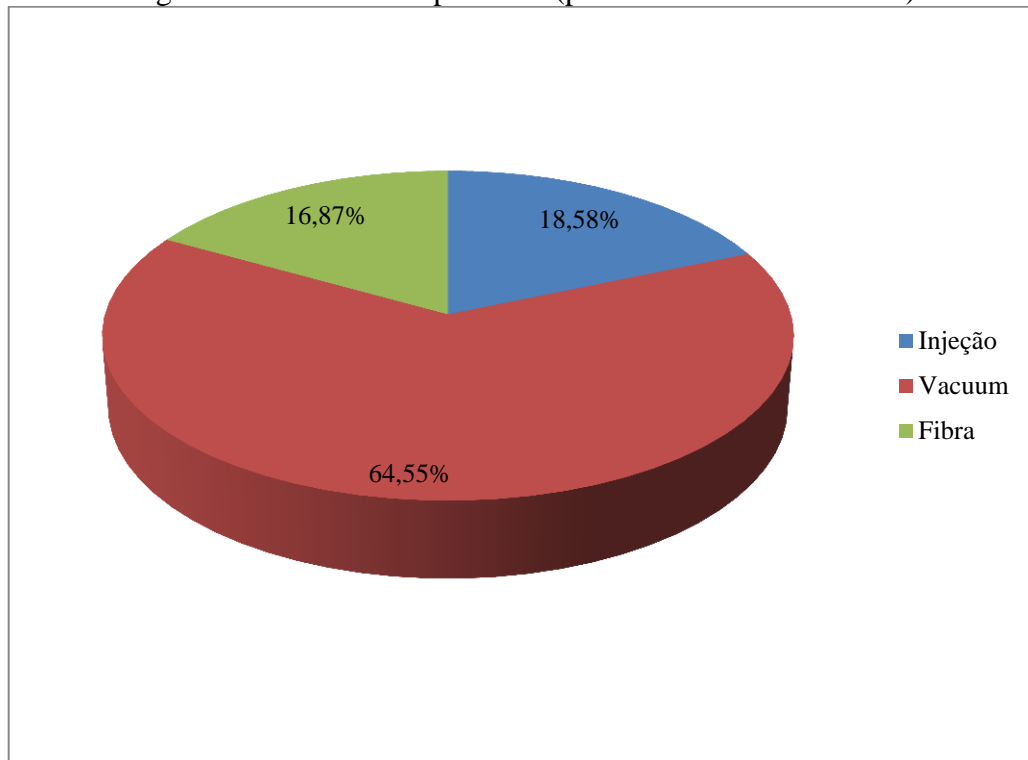
Cita-se o atendimento da demanda sob três diferentes processos de fabricação, sendo que a escolha do processo a ser utilizado encontra-se atrelada principalmente ao volume e à disponibilidade de investimento em ferramental. No ano de 2016 e no primeiro semestre de 2017, os processos de injeção, *vacuum forming* e fibra de vidro apresentam-se distribuídos no faturamento da empresa conforme as Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Faturamento por setor (2016)



Fonte: Relatório Curva ABC da empresa (2018).

Figura 9 - Faturamento por setor (primeiro semestre de 2017)

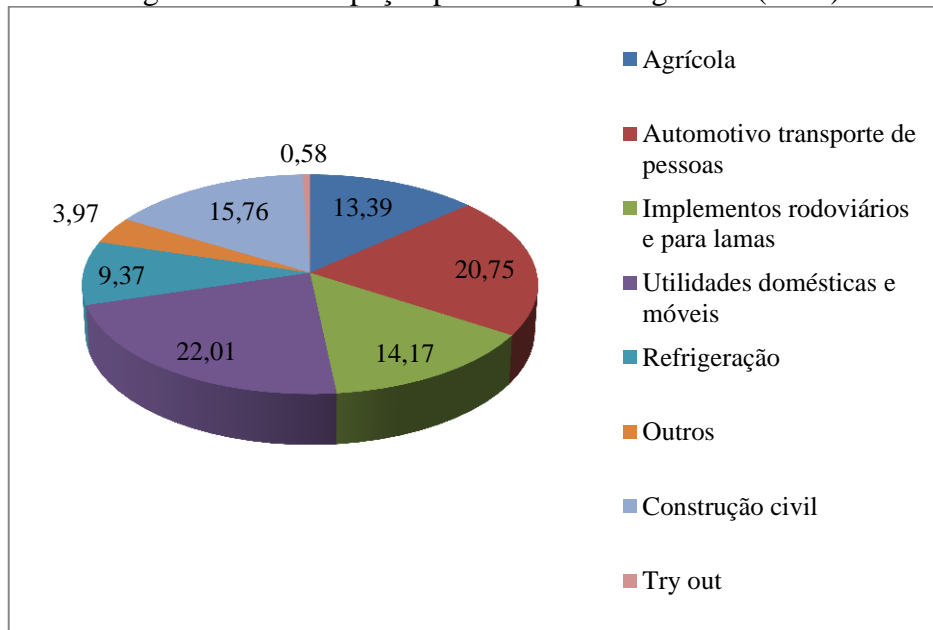


Fonte: Relatório Curva ABC da empresa (2018).

Evidencia-se nas Figuras 8 e 9 o crescimento do processo de *vacuum forming* entre o ano de 2016 e o primeiro semestre de 2017, passando de 46,45% para 64,55% de participação no faturamento. O fato mais relevante foi a ampliação do volume de negócios no segmento agrícola, o qual possui mais de 90% das peças confeccionadas por esse tipo de processo.

A empresa, quando do início de suas atividades em 2011, operava apenas com o processo de injeção e 78% do faturamento encontrava-se alocado em dois clientes de segmentos próximos: transporte de pessoas (ônibus) e implementos rodoviários (carretas). Transcorridos alguns anos, evidenciou-se a necessidade de buscar novos segmentos como, por exemplo, os setores agrícola, automotivo, implementos rodoviários, utilidades domésticas, refrigeração, construção civil e *try out* (testes de ferramentais), com o objetivo de diversificar o faturamento em momentos de sazonalidade. Tratando-se de processos produtivos, inseriram-se o *vacuum forming* e a fibra de vidro. A Figura 10 ilustra a participação de cada segmento no faturamento da empresa no ano de 2016.

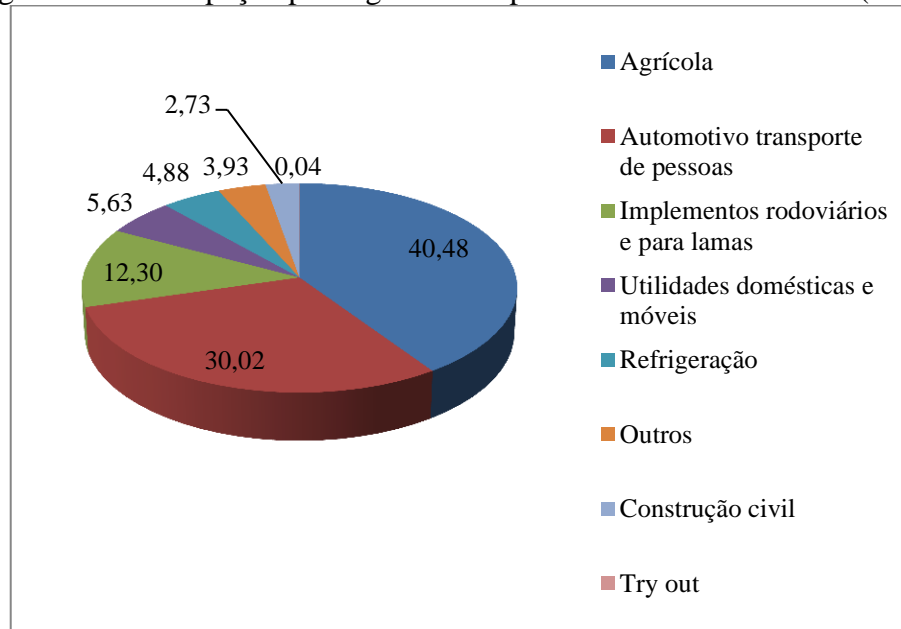
Figura 10 - Participação percentual por segmento (2016)



Fonte: Relatório Curva ABC da empresa (2018).

Nota-se na Figura 10 a pulverização do faturamento da empresa em 2016. Observa-se também a maior concentração no segmento de utilidades domésticas e móveis, com 22,01% do faturamento. Ilustra-se na Figura 11 a participação do faturamento por segmento no primeiro trimestre de 2017.

Figura 11 - Participação por segmento no primeiro semestre de 2017 (em %)



Fonte: Relatório Curva ABC da empresa (2018).

Nota-se na Figura 11 que o segmento com a maior participação no faturamento da empresa passou a ser o agrícola, com 40,48% de representatividade. Na Tabela 5 é apresentada a variação percentual ocorrida em cada segmento entre os anos de 2016 e o primeiro trimestre de 2017.

Tabela 5 - Participação por segmento (2016 e 2017/1)

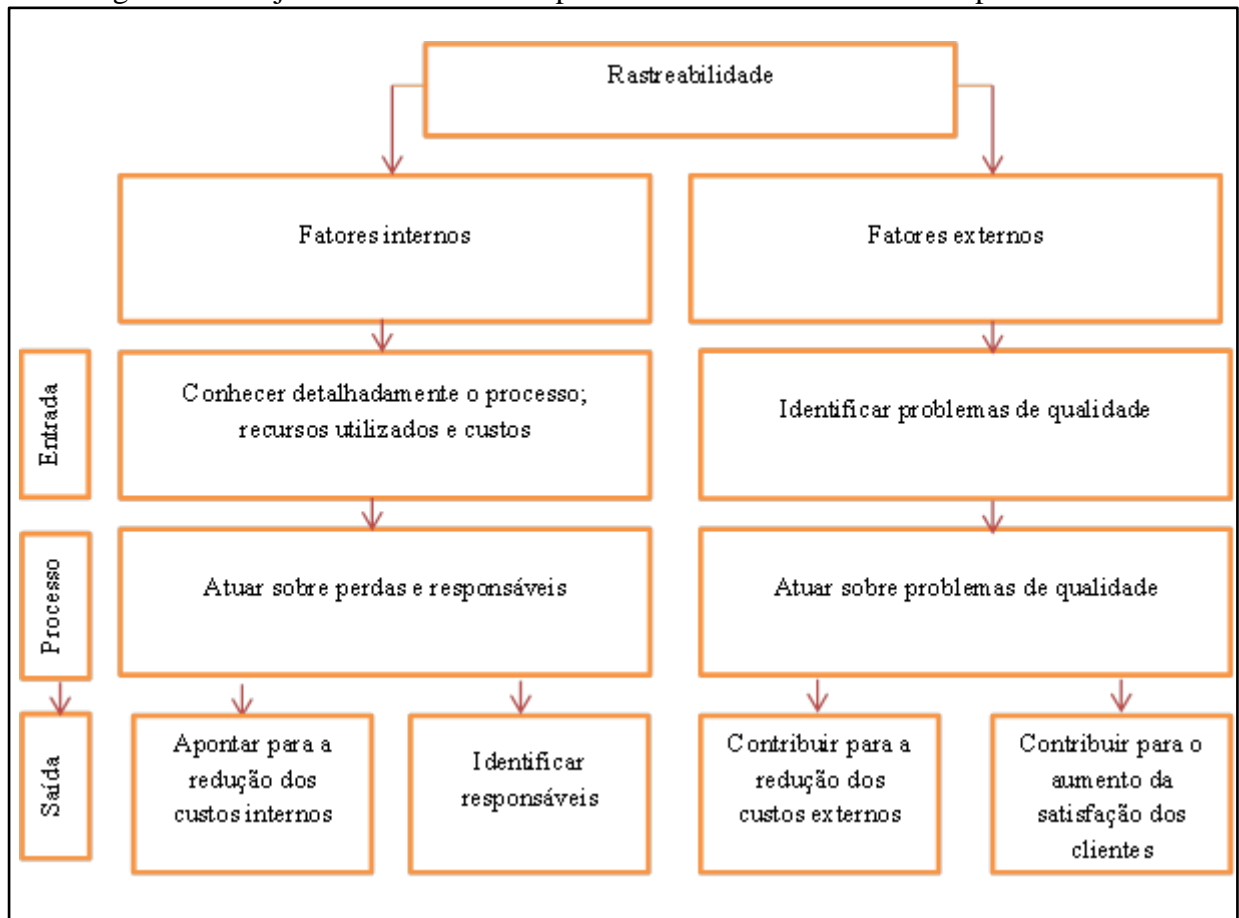
Participação por segmento	2016 (%)	2017/1 (%)	Variação %
Agrícola	13,39	40,48	202,34
Automotivo transporte de pessoas	20,75	30,02	44,67
Implementos rodoviários e para lamas	14,17	7,65	-46,01
Utilidades domésticas e móveis	22,01	5,63	-74,42
Refrigeração	9,37	4,88	-47,92
Outros	3,97	3,93	-1,01
Construção civil	15,76	2,73	-82,70
Testes de ferramental	0,58	0,04	-93,46

Fonte: Empresa estudada (2018).

Percebe-se um crescimento significativo dos segmentos agrícola e automotivo no primeiro trimestre de 2017, comparativamente a 2016. Nesses dois segmentos com crescimento destacado, 87% das peças produzidas são confeccionadas pelo processo de *vacuum forming*; 11,76% por fibra de vidro e 1,24% por injeção. A significativa representatividade das peças produzidas pelo processo de *vacuum forming* no faturamento da empresa justifica a canalização dos esforços para a implementação da rastreabilidade das peças produzidas por esse tipo de processo, com vistas a atingir os objetivos anteriormente elencados.

O atendimento, ainda que prematuro e em fase inicial, às empresas que requerem rastreabilidade é uma realidade e fonte de novos negócios para a empresa. O elevado nível de exigência dos clientes - sob os aspectos de velocidade e confiabilidade nas informações, bem como transparência nas relações – motiva a empresa a buscar a implementação da rastreabilidade nos produtos de *vacuum forming*. Os problemas oriundos da não qualidade, tais como falta de reforços, problemas de pintura, quebras, dentre outros, requerem ações rápidas, precisas e eficientes. Nesse sentido, visa-se com a rastreabilidade aplicada aos produtos de *vacuum forming* identificar os problemas de qualidade apontados e atuar sobre os mesmos, proporcionando à organização informações precisas dos custos da não qualidade e facilitando o atendimento a reclamações dos clientes. Na Figura 12 são apresentados os objetivos e os potenciais benefícios da rastreabilidade na empresa estudada. Tais objetivos e benefícios são divididos em internos e externos.

Figura 12 - Objetivos e resultados esperados da rastreabilidade na empresa estudada



Fonte: Autor (2018).

No que se refere aos aspectos internos relacionados com a rastreabilidade, os ganhos podem ser obtidos por meio de melhorias de processos, substituições de matérias primas devido a defeitos ou problemas diagnosticados durante o processo produtivo ou em campo, bem como agilidade e confiabilidade nas informações. Objetiva-se, com a rastreabilidade, atuar de modo eficiente sobre as perdas e seus responsáveis, identificando os principais tipos de problemas, atuando em ações preventivas e corretivas com maior assertividade e localizando o executor de determinada operação ou o fornecedor do item em questão.

Referindo-se aos aspectos externos, citam-se, dentre alguns objetivos da rastreabilidade na organização em estudo, a maior transparência e confiabilidade percebida pelo cliente; o dimensionamento preciso de determinado problema em caso de um processo judicial, bem como por requisição do cliente; a preservação da imagem da empresa; e a possibilidade de segregar os estoques ainda não comercializados se algum problema for diagnosticado em campo, evitando um alastramento da deficiência.

1.2 JUSTIFICATIVA

A eficácia da rastreabilidade resulta da sinergia entre as partes envolvidas - fornecedores, empresa e clientes. O comprometimento desses atores faz-se necessário para uma rastreabilidade eficaz, haja vista o elevado nível de interação requerido entre os mesmos a fim de garantir informações precisas quando requeridas.

A rastreabilidade permite responsabilizar os fornecedores pelos problemas gerados pelos mesmos, uma vez que há comprovação precisa da origem da matéria-prima fornecida. Problemas ocorridos em campo podem gerar prejuízos financeiros significativos para empresa, uma vez que as cláusulas dos contratos com alguns clientes estabelecem punições severas quando ocorrem problemas de qualidade. Nesse sentido, a existência de um sistema de rastreabilidade eficiente reduz a probabilidade de absorção das consequências desse tipo de problema unicamente pela empresa. Dito de outro modo, havendo a confirmação por meio da rastreabilidade de que determinado problema é de responsabilidade do fornecedor, a empresa terá condições de responsabilizá-lo pelos gastos incorridos.

Adicionalmente, a rastreabilidade propicia a redução no tempo de resposta aos clientes, bem como estende a ação aos produtos ainda em produção. Quando recebida a reclamação pelo departamento de qualidade sobre a quebra de determinado produto em campo, se o referido produto estiver sendo rastreado, será possível a segregação dos lotes produzidos com o mesmo material, a execução das análises necessárias, a execução de ações mitigatórias e a liberação dos itens.

O comprometimento do operador executante da tarefa tende a aumentar ao ser registrado seu nome no controle de produção. Cita-se também, em caso de problemas, a velocidade em buscar o executante da tarefa com assertividade e conduzir este ou a equipe a uma tomada de ação assertiva, por exemplo, através da capacitação do(s) colaborador(es). Além dos fatores acima expostos, a união da estatística com a rastreabilidade contribui com o direcionamento assertivo das ações, possibilitando a concentração de esforços em problemas ou oportunidades de melhoria mais relevantes.

A venda ao consumidor final dos produtos de *vacuum forming* ocorre em menos de 5% do faturamento total deste setor, ou seja, os produtos sofrem transformações nos clientes. Citam-se como ilustrações de transformações o processo de pintura e a montagem de outros componentes acoplados ao produto vendido pela empresa nas unidades dos clientes. Isso evidencia a necessidade de preservação da integridade da identificação de rastreabilidade a

fim de impedir que os outros processos executados fora da organização comprometam a busca pelas informações necessárias.

A obtenção de novos clientes e a retenção dos atuais fazem-se necessárias para a manutenção do negócio e a sua ampliação. A exploração da utilização da rastreabilidade pelo departamento comercial pode transmitir aos novos e atuais clientes uma maior confiança, fator potencial para a concretização de novos negócios e para o aumento do mix de produtos fornecidos aos atuais clientes.

Percebe-se também junto aos clientes com maior representatividade no faturamento da empresa - segmentos agrícola e automotivo/ transporte de pessoas - a aquisição de peças de *vacuum forming* de concorrentes da organização. Porém, os mesmos não dispõem de rastreabilidade nos produtos produzidos por esse processo. Frente ao exposto, pode-se considerar a rastreabilidade como uma estratégia de diferenciação. Em função disso, o estudo da rastreabilidade como ferramenta de gerenciamento interno e externo na empresa estudada pode trazer contribuições significativas à mesma, contribuindo para a qualificação de sua gestão.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Consideradas a contextualização e a justificativa apresentadas anteriormente, este trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: Como implementar a rastreabilidade em peças produzidas pelo processo de *vacuum forming* em uma empresa do setor de transformados plásticos?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Propor uma sistemática de implementação da rastreabilidade em peças plásticas produzidas pelo processo *vacuum forming* em uma empresa do setor de transformados plásticos.

1.4.2 Objetivos específicos

Para o atendimento do objetivo geral definido para o estudo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) caracterizar o processo de *vacuum forming* existente na empresa;
- b) identificar potenciais oportunidades de melhoria no processo a serem obtidas por meio da implementação da rastreabilidade;
- c) definir a sistemática de rastreabilidade a ser implementada;
- d) aplicar a sistemática de rastreabilidade proposta;
- e) analisar os potenciais resultados a serem obtidos por meio da aplicação da rastreabilidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico que dá sustentação à presente dissertação. São apresentados primeiramente aspectos gerais relacionados à rastreabilidade, tais como definições de rastreabilidade, objetivos, evolução histórica, entre outros. Após essa fundamentação geral sobre o tema, são apresentados os resultados de uma revisão sistemática da literatura sobre rastreabilidade na indústria no período de 2007 a 2016. Nessa revisão são analisados os aspectos bibliométricos dos estudos sobre rastreabilidade e os conteúdos dos artigos relevantes.

2.1 RASTREABILIDADE: PRINCIPAIS CONCEITOS

Tratando-se do contexto histórico, segundo Machado (2005), o termo rastreabilidade passou a ser utilizado na década de 1960, após a publicação de um artigo de Morriss K. Dyer. Esse artigo tratava do controle de qualidade de sistemas espaciais da NASA, que a definia do seguinte modo:

“rastreabilidade é uma habilidade de traçar o caminho da história, da aplicação, do uso e da localização de uma mercadoria individual ou de um conjunto de características de mercadorias, através da impressão de números de identificação. A identificação dos números pode ser aplicada sobre itens individuais de ferramenta ou sobre lotes de peças; podem ser códigos de datas para materiais de produção contínua ou uma combinação disso” (DYER, 1966, apud MACHADO, 2005, p.230).

Após a publicação desse artigo de Morriss K. Dyer, observaram-se aprofundamentos nos conceitos de rastreabilidade, análises dos custos de implementação da rastreabilidade e dos benefícios proporcionados por sua adoção, dentre outras abordagens. Os autores exploradores dessa técnica, de modo geral, enfatizam a imprescindibilidade do registro das etapas do processo, seja este manual ou por meio de *softwares*.

Para Juran (1991) apud Machado (2005, p. 230), rastreabilidade é “a possibilidade efetiva de estabelecer o conjunto de acontecimentos ao longo do tempo e das ações, utilizando a localização de um item ou de atividade e itens, ou atividades semelhantes através de informações devidamente registradas”. Tratando-se do registro, deve-se atentar para sua confiabilidade e garantia de integridade a fim de que, quando for necessária a operacionalização da rastreabilidade, esta responda às questões solicitadas pelos clientes, colaboradores e fornecedores.

A padronização das tarefas é algo em ascensão nas empresas, porém, tão importante quanto esta, é a preservação dos atributos e da identidade dos produtos. Nesse sentido, a rastreabilidade assume um importante papel interno e externo, garantindo a integridade das informações desde o início até o final da cadeia de suprimentos.

Segundo Machado e Zilbersztajn (2000) apud Ramos (2007), entende-se que rastrear é o processo de capturar e trocar informações de atributos inerentes a um produto ao longo da cadeia produtiva, desde a origem de seu processamento de produção até o consumidor final. Esse processo é responsável pela execução e cumprimento de uma meta específica: preservar os atributos e a identidade dos produtos transacionados segundo as especificações.

A rastreabilidade também é definida como uma técnica importante e necessária para a qualidade do produto, pois envolve a documentação da engenharia, da produção e do histórico da distribuição (FEIGENBAUN, 1994 apud RAMOS, 2007). O comprometimento das diversas áreas (industriais e administrativas) faz-se necessário para uma rastreabilidade eficaz. O elo entre as demais áreas e a qualidade é de suma importância, uma vez que esta deve formalizar os procedimentos a fim de garantir a padronização e a integridade das informações dispostas nos registros.

As referências anteriormente expostas definem a rastreabilidade como uma ferramenta, algumas vezes inserida no leque da qualidade, capaz de possibilitar às organizações que a utilizam a ação de traçar o caminho de um produto e verificar os acontecimentos ocorridos ao longo desse caminho, proporcionando, através de registros de informações, a localização e identidade do produto de modo confiável, gerando, dessa forma, maior segurança aos diferentes atores envolvidos. Dentre os benefícios da rastreabilidade, Feigenbaun (1994) menciona a sua utilização para facilitar a percepção da qualidade esperada pelo consumidor e pressupõe o fluxo de informações no sentido da produção para o consumidor e vice-versa, além de ser uma ferramenta para a redução de custos e para a resolução de problemas com o produto, possibilitando o recolhimento da mercadoria, o direcionamento assertivo à causa raiz e o envolvimento preciso das partes responsáveis.

Conforme Albuquerque et al. (2005), a rastreabilidade identifica e arquiva os dados relevantes de todos de todos os tipos de materiais envolvidos na produção e distribuição de produtos acabados, isto é, envolve não somente os dados da produção, mas também as informações de qualidade. A capacidade de seguir o caminho percorrido por um lote específico de materiais desde o início das operações de produção até as operações de logística denomina-se *tracking*. O objetivo dessa função é rastrear o que aconteceu com o material e para onde ele foi, além de definir as características do lote e dos sublotes. Por outro lado, a

capacidade de identificar a origem - início do processo - de um lote específico de material é denominada *tracing*, função esta que responde à pergunta de onde veio o material, uma vez que é um processo associado à genealogia do produto. Albuquerque et al. (2005) definem alguns pré-requisitos para a implantação da rastreabilidade: i) registro e identificação das matérias primas envolvidas no processo; ii) genealogia dos produtos durante a produção, com registro de cada produto intermediário e dos seus processadores; iii) identificação clara e sem ambiguidade dos produtos acabados; iv) atribuições das unidades de despacho para as respectivas quantidades de matérias-primas utilizadas em um ciclo de processamento de produção; e v) identificação clara e sem ambiguidade das unidades de despacho através da cadeia de suprimentos.

Nota-se a sensatez de alguns autores em indicar a utilização da rastreabilidade, haja vista que nem todo programa de qualidade objetiva a rastreabilidade da origem de um produto ou após sua distribuição, salientando que deve ser analisado o foco da organização a fim de verificar se a rastreabilidade é relevante ou não. Nesse sentido, devem ser considerados dois fatores: i) o custo de implantação do programa de rastreabilidade; e ii) os potenciais benefícios de sua utilização (YUGUE, 2002).

Os custos de implantação da rastreabilidade são proporcionais ao modelo a ser utilizado. A infraestrutura em *hardware* e *software* para uma rastreabilidade via *QR CODE*, código de barras ou chip tende a apresentar um custo maior se comparada a uma ferramenta de marcação, por exemplo. Na escolha da solução a ser implementada, devem ser consideradas as características do processo e suas capacidades de adaptação a cada uma das técnicas consideradas. Independentemente do modo selecionado, os custos de treinamento e monitoramento também devem ser considerados.

Em relação aos benefícios da rastreabilidade, Yugue (2002) menciona: i) a redução dos custos de um eventual processo judicial, reduzindo a imprecisão da quantidade de produtos defeituosos no mercado devido a seu sub ou superdimensionamento; ii) os efeitos positivos na imagem da empresa no mercado, devido à rápida resolução de problemas; iii) a redução da perda de estoques, identificando-se com exatidão os lotes defeituosos; iv) a maior facilidade de acessar informações para localizar os interessados, em caso de um *recall*; e v) a preservação da vida ou saúde das pessoas, dependendo do tipo de produto.

A preocupação quanto à transparência nas relações também é citada por Yugue (2002), o qual menciona como benefício da rastreabilidade a transparência possibilitada pela mesma nas operações. Essa transparência possibilita saber a origem dos problemas, sendo algumas vezes útil também à sua prevenção.

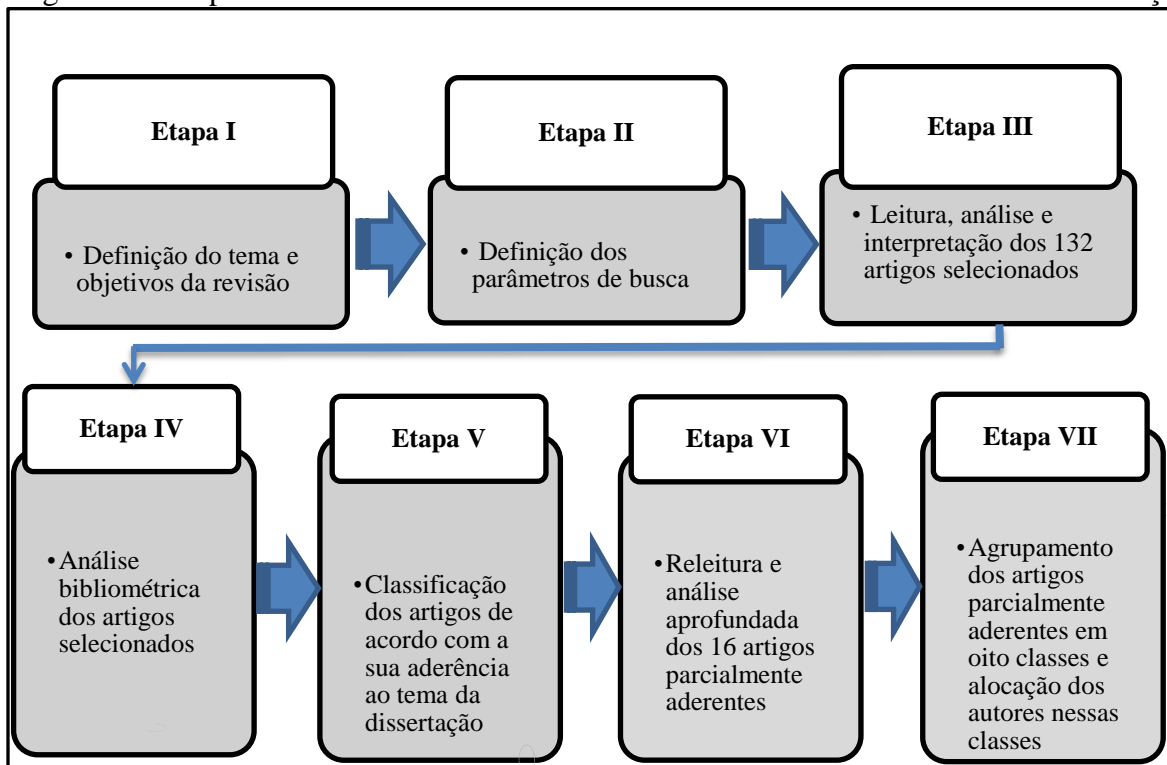
A exigência do mercado atual impõe às organizações adequações em seus processos a fim de se manterem no mercado ou prospectarem novos clientes. Nesse sentido, a rastreabilidade é uma ferramenta útil, a qual possibilita, dentre inúmeras funções, a reconstrução do histórico técnico-comercial de um produto através da identificação e documentação de todas as etapas transcorridas pelo mesmo durante seu ciclo de vida ou em parte dele. Soma-se a isso a velocidade e a assertividade proporcionada pela rastreabilidade na tomada de ações corretivas internas ou externas, bem como a sua contribuição estatística a ser disponibilizada ao departamento de qualidade.

2.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE RASTREABILIDADE

Conforme Perovano (2016), objetiva-se com a revisão sistemática da literatura o auxílio ao entendimento de uma pergunta de pesquisa previamente formulada, tomando-se como base a consulta de conhecimentos desenvolvidos, até o momento analisado, por diferentes autores. A partir de uma revisão sistemática da literatura, é possível identificar as contribuições já existentes em determinada área do conhecimento ou assunto e as lacunas ainda não preenchidas sobre um determinado tema (PEROVANO, 2016) de pesquisa. Além disso, conforme o autor, uma revisão sistemática da literatura com procedimentos devidamente explicitados permite a replicação do método utilizado, contribuindo com novos estudos sobre determinado tema pesquisado.

A revisão sistemática da literatura sobre rastreabilidade realizada no contexto da presente dissertação teve como objetivo analisar a evolução ao longo do tempo dos estudos sobre rastreabilidade na indústria, dando ênfase no setor de transformados plásticos. A Figura 13 apresenta as etapas seguidas no desenvolvimento da referida revisão.

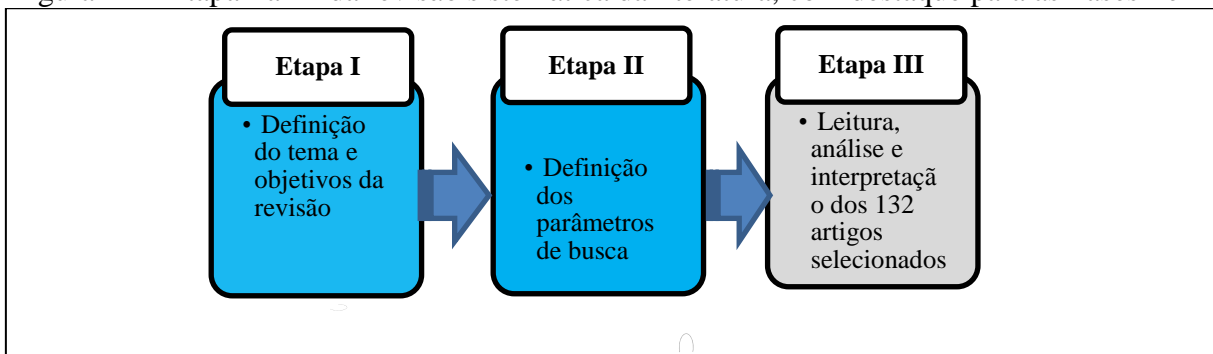
Figura 13 - Etapas do desenvolvimento da revisão sistemática da literatura desta dissertação



Fonte: Autor (2017).

O objetivo da revisão sistemática realizada foi analisar a contribuição para a presente dissertação de diferentes pesquisas sobre o tema ‘rastreadabilidade na indústria’. Em termos mais específicos, buscou-se verificar a existência ou não de estudos sobre rastreadabilidade em peças plásticas, especialmente aquelas produzidas pelo processo de *vacuum forming*. A Figura 14 ilustra as três primeiras etapas da revisão sistemática da literatura realizada.

Figura 14 – Etapa I a III da revisão sistemática da literatura, com destaque para as Fases I e II



Fonte: Autor (2018).

A fim orientar o processo de revisão sistemática da literatura, elaborou-se um protocolo no qual foram definidos: i) as perguntas e os objetivos da revisão; ii) as estratégias de busca; iii) os critérios de inclusão e de exclusão; iv) os procedimentos de análise; e v) a forma de apresentação dos resultados. Tratando-se da estratégia de busca, conforme Etapa II da Figura 14, foram consultados os termos ‘*traceability + industry*’ durante o período de 2007

a 2016 na base de dados *Science Direct*, a qual permite uma pesquisa diretamente nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos. Isso evita que sejam selecionados artigos em que os termos de busca aparecem de forma apenas pontual no corpo dos mesmos, permitindo uma análise mais focada nas perguntas e objetivos da revisão, definidos na Etapa I da revisão sistemática (Figura 14).

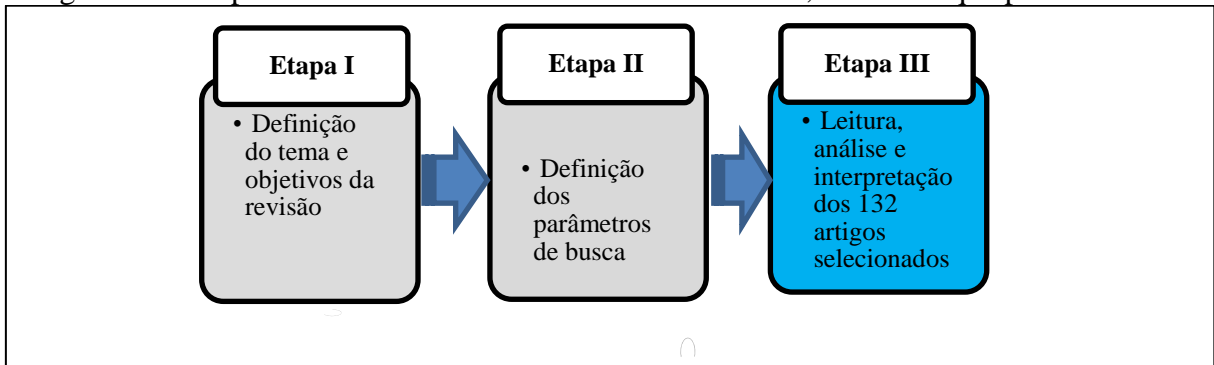
Quanto aos critérios de inclusão e de exclusão, o foco inicial foi orientado a artigos que abordassem a rastreabilidade na indústria plástica. Sendo assim, definiram-se inicialmente como critérios de exclusão estudos sobre rastreabilidade animal; alimentícia; médica; genética; pecuária e vitivinícola. No entanto, devido à concentração de estudos na indústria de alimentos e à inexistência de artigos relacionados especificamente à rastreabilidade na indústria de transformação de resinas termoplásticas, foi necessário considerar estudos aplicados a outros setores, criando-se uma classificação para verificar a aderência de cada estudo aos objetivos desta dissertação.

Nesse sentido, consideraram-se ‘totalmente aderentes’ artigos envolvendo rastreabilidade na indústria de peças plásticas; ‘parcialmente aderentes’ publicações sobre rastreabilidade na indústria em geral, as quais utilizaram técnicas próximas e/ou passíveis de aplicação no plástico, mesmo que tenham sido aplicadas em outros setores; e ‘não aderentes’ artigos abordando técnicas não passíveis de efetivação na indústria de peças plásticas. Cabe salientar que a análise da utilização da rastreabilidade em processos similares, identificando sucessos, fracassos e dificuldades de implementação e manutenção, é fundamental para a sustentação do método de rastreabilidade a ser proposto na presente dissertação, o que justifica a revisão sistemática da literatura realizada.

Para a análise dos artigos selecionados, optou-se pela elaboração de uma planilha eletrônica contendo o ano de cada publicação; os autores e suas afiliações, incluindo os países de origem; os periódicos em que foram publicados os artigos; os setores de aplicação da rastreabilidade nas publicações selecionadas; os objetivos de cada estudo; os tipos de solução implementadas; as dificuldades de implementação; os benefícios alcançados ou esperados com a rastreabilidade; e a aderência de cada estudo com os objetivos desta dissertação, conforme comentado anteriormente. A planilha contribuiu com a análise e a apresentação dos resultados da revisão sistemática, gerando informações relevantes para a discussão acerca do assunto tratado. Encontra-se no Apêndice A uma versão simplificada da planilha, a qual contempla o ano da publicação, autor, afiliação, país e nível de aderência aos objetivos da presente dissertação de cada um dos 132 artigos analisados.

Para a análise da referida aderência dos estudos ao objetivo da dissertação, foi realizada primeiramente a leitura dos artigos selecionados, seguindo os parâmetros de busca anteriormente descritos, estes enquadrados na Etapa III, conforme Figura 15. A partir dessa leitura, foi feita a análise bibliométrica dos artigos, conforme apresentado na Figura 16, Etapa IV.

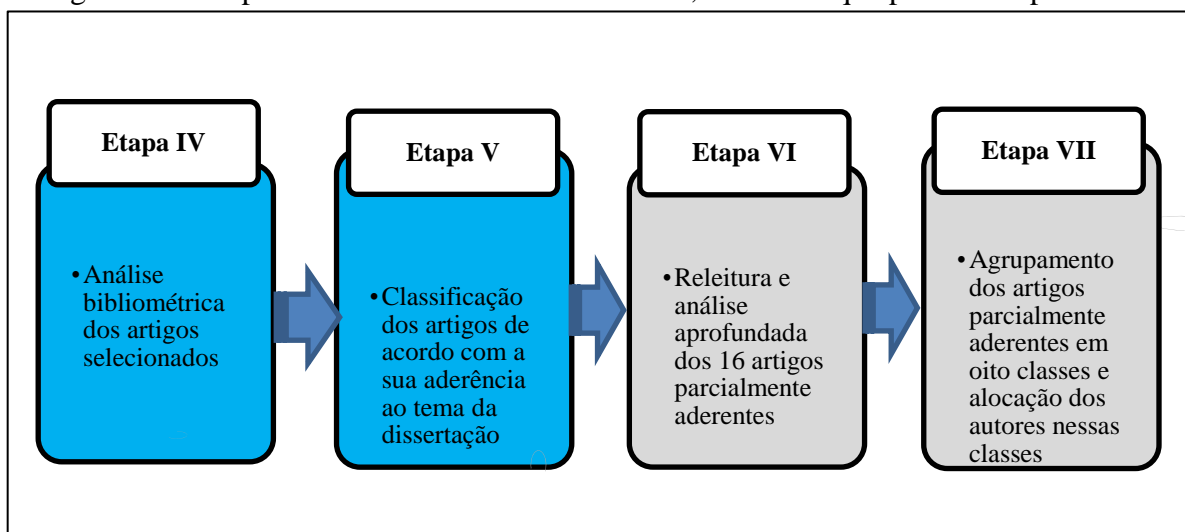
Figura 15 – Etapas I a III da revisão sistemática da literatura, com destaque para a Fase III



Fonte: Autor (2018).

O método bibliométrico utiliza-se da análise estatística para avaliar as contribuições de diferentes pesquisadores de um mesmo campo ou de diferentes campos de pesquisa para determinado tema investigado. Como isso, é possível identificar as relações colaborativas em atividades científicas e os principais resultados das pesquisas já realizadas a partir de uma perspectiva macro, permitindo a identificação de lacunas e o surgimento de novos *insights* de pesquisa (KEISER; UTZINGER, 2005; ZHANG; XIE; HO, 2010; BJURSTROM; POLK, 2011).

Figura 16 – Etapas IV a VII da revisão sistemática, com destaque para as Etapas IV e V



Fonte: Autor (2018).

Após essa análise bibliométrica, os artigos foram classificados em três categorias (Figura 16 – Etapa V), de acordo com sua aderência com os objetivos desta dissertação e com

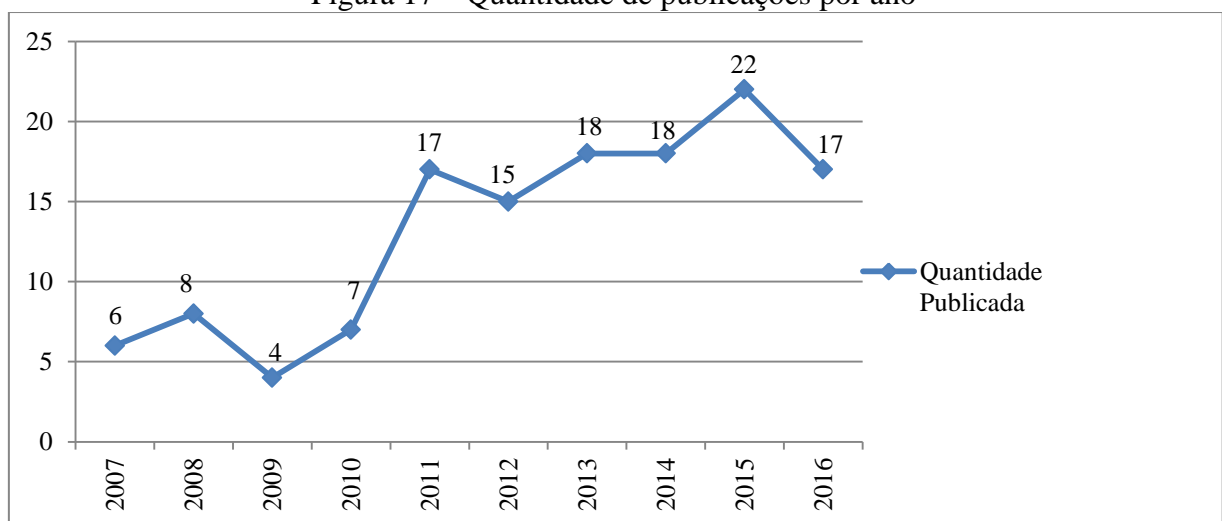
o setor e o tipo de processo em análise: i) artigos ‘não aderentes’; ii) artigos ‘parcialmente aderentes’; e iii) artigos ‘aderentes’. Partindo dessa classificação, foi aprofundada a análise do conteúdo dos artigos ‘parcialmente aderentes’ e ‘totalmente aderentes’, visando identificar modelos, práticas e técnicas de rastreabilidade aplicáveis, total ou parcialmente, ao setor de transformados plásticos e, mais especificamente, ao processo de *vacuum forming*. Nas próximas seções são apresentados os principais aspectos bibliométricos dos estudos selecionados e a análise do conteúdo dos estudos que apresentaram aderência, total ou parcial, com os objetivos da presente dissertação.

2.2.1 Aspectos bibliométricos e aderência dos estudos selecionados ao tema da dissertação

Ilustram-se nesta sessão os aspectos bibliométricos dos estudos selecionados na revisão sistemática da literatura sobre rastreabilidade na indústria. São analisados o volume de publicações sobre o tema no período de 2007 a 2016; os periódicos mais utilizados para publicação; e os autores dos trabalhos, juntamente com suas afiliações e países. Conclui-se esta seção ilustrando o enquadramento dos artigos em relação à aderência aos objetivos da dissertação.

Almeja-se, através da Figura 17, constatar o aumento, redução ou manutenção da quantidade de publicações no período analisado. Esta é uma informação relevante para identificar a tendência de publicações acerca do tema e nortear novas pesquisas.

Figura 17 – Quantidade de publicações por ano

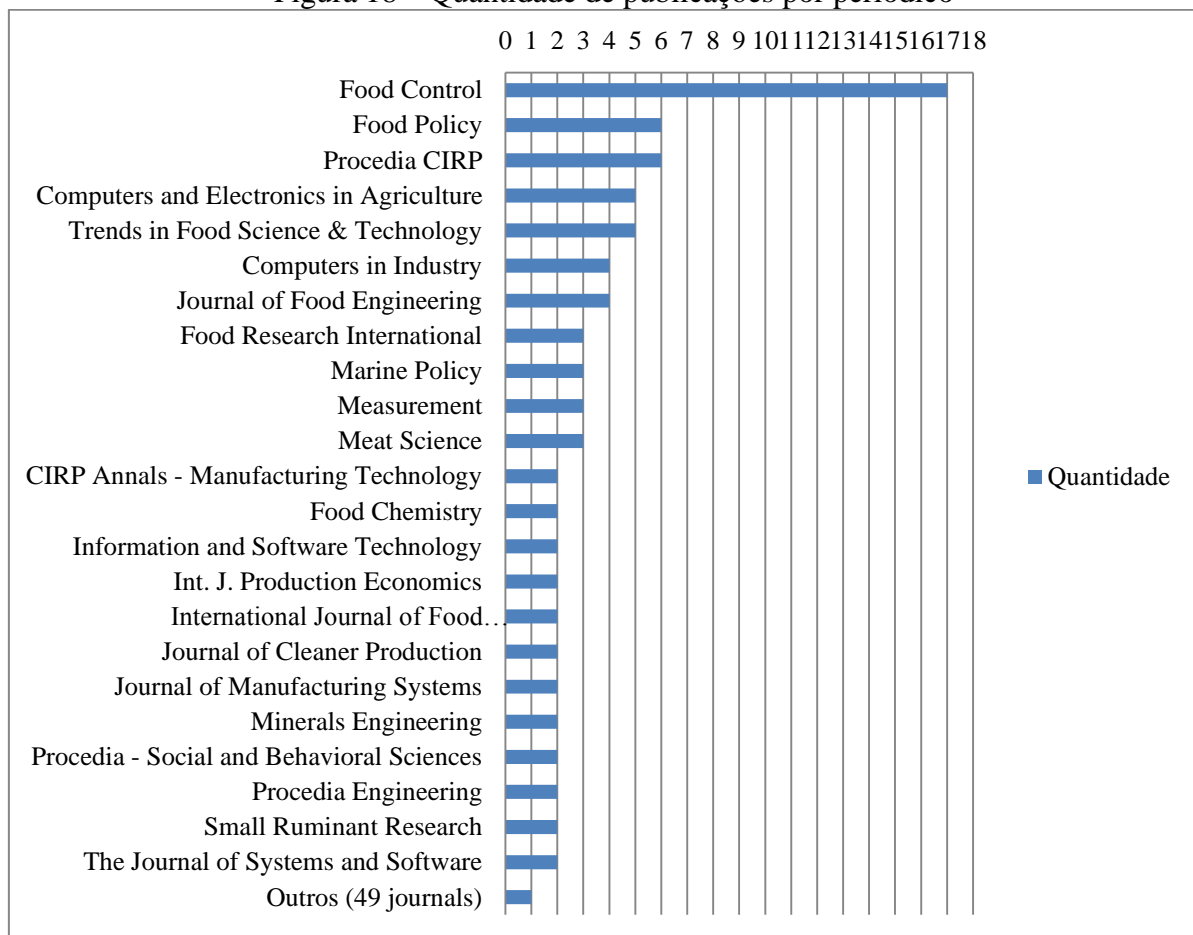


Fonte: Autor (2018).

Apesar de algumas oscilações, observa-se na Figura 17 uma tendência de crescimento no número de publicações sobre o tema no período analisado. Comparando-se o ano de 2016 com 2007, percebe-se um aumento de 183% no total de artigos publicados.

Embora se observe a ausência de produção científica sobre rastreabilidade em peças plásticas, visualiza-se a possibilidade de existirem, nos próximos anos, um número maior de artigos sobre rastreabilidade na indústria. Além disso, a inexistência de publicações específicas sobre rastreabilidade na indústria plástica não invalida a existência de achados oriundos de outros setores que sejam aplicáveis, mesmo que parcialmente, ao tema da presente dissertação. A Figura 18 ilustra a quantidade de publicações por periódico nos respectivos periódicos.

Figura 18 – Quantidade de publicações por periódico



Fonte: Autor (2018).

A partir de uma análise dos artigos publicados nos periódicos apresentados na Figura 18, foram criadas cinco classes, as quais representam os principais setores de aplicação da rastreabilidade. Para a classificação dos estudos nessas classes, foram considerados somente os periódicos com mais de um artigo publicado sobre o tema. Em função disso, consideraram-se na análise somente os 23 periódicos com mais de uma publicação, os quais representaram

62,88% dos periódicos analisados. Um total de 49 periódicos apresentaram apenas uma publicação e, por esse motivo, não foram inseridos na análise.

Os resultados da classificação dos estudos por setor de aplicação são apresentados na Tabela 6, na qual se observa uma predominância de estudos sobre a aplicação da rastreabilidade no setor de alimentação. No entanto, o número de artigos sobre rastreabilidade em manufatura também é relevante, representando 21,7% do total. Cabe destacar ainda a existência de um número considerável de estudos na categoria ‘outros’, o que evidencia o desenvolvimento e pulverização da rastreabilidade em diferentes setores de aplicação.

Tabela 6 – Quantidade de artigos publicados por setor de aplicação da rastreabilidade

Classes	nº de artigos	%
Alimentação	7	30,43%
Produção e manufatura	5	21,74%
Software, computação e tecnologia	3	13,04%
Híbrido (alimentação e tecnologia)	2	8,70%
Outros	6	26,09%
Total de artigos analisados	23	100%

Fonte: Autor (2018).

O Quadro 1 apresenta a relação entre os setores de aplicação identificados na Tabela 6 e os 23 periódicos em que foram publicados os artigos analisados. Observa-se que 28,03% dos periódicos estão relacionados com o setor de alimentação, considerando-se as diversas atividades inseridas no mesmo.

A quantidade de 49 *journals* com apenas uma publicação (37,12%), os quais não foram incluídos na análise do Quadro 1, reforça a argumentação da pulverização sobre o tema de pesquisa. Soma-se a essa análise, a inexistência, na base pesquisada, de artigos sobre rastreabilidade na indústria plástica.

Quadro 1 – Principais periódicos por setores de aplicação da rastreabilidade

Setores de aplicação	Alimentação	Produção/manufatura	Software, computação e tecnologia	Híbrido (alimentação + tecnologia)	Outros
Periódicos em que foram publicados os artigos	<i>Food Control</i>	<i>CIRP Annals - Manufacturing Technology</i>	<i>Computers in Industry</i>	<i>Computers and Electronics in Agriculture</i>	<i>Procedia CIRP</i>
	<i>Food Policy</i>	<i>Int. J. Production Economics</i>	<i>Information and Software Technology</i>	<i>Trends in Food Science & Technology</i>	<i>Marine Policy</i>
	<i>Journal of Food Engineering</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i>	<i>The Journal of Systems and Software</i>		<i>Measurement</i>
	<i>Journal of Food Engineering</i>	<i>Journal of Manufacturing Systems</i>			<i>Minerals Engineering</i>
	<i>Meat Science</i>	<i>Procedia Engineering</i>			<i>Procedia - Social and</i>

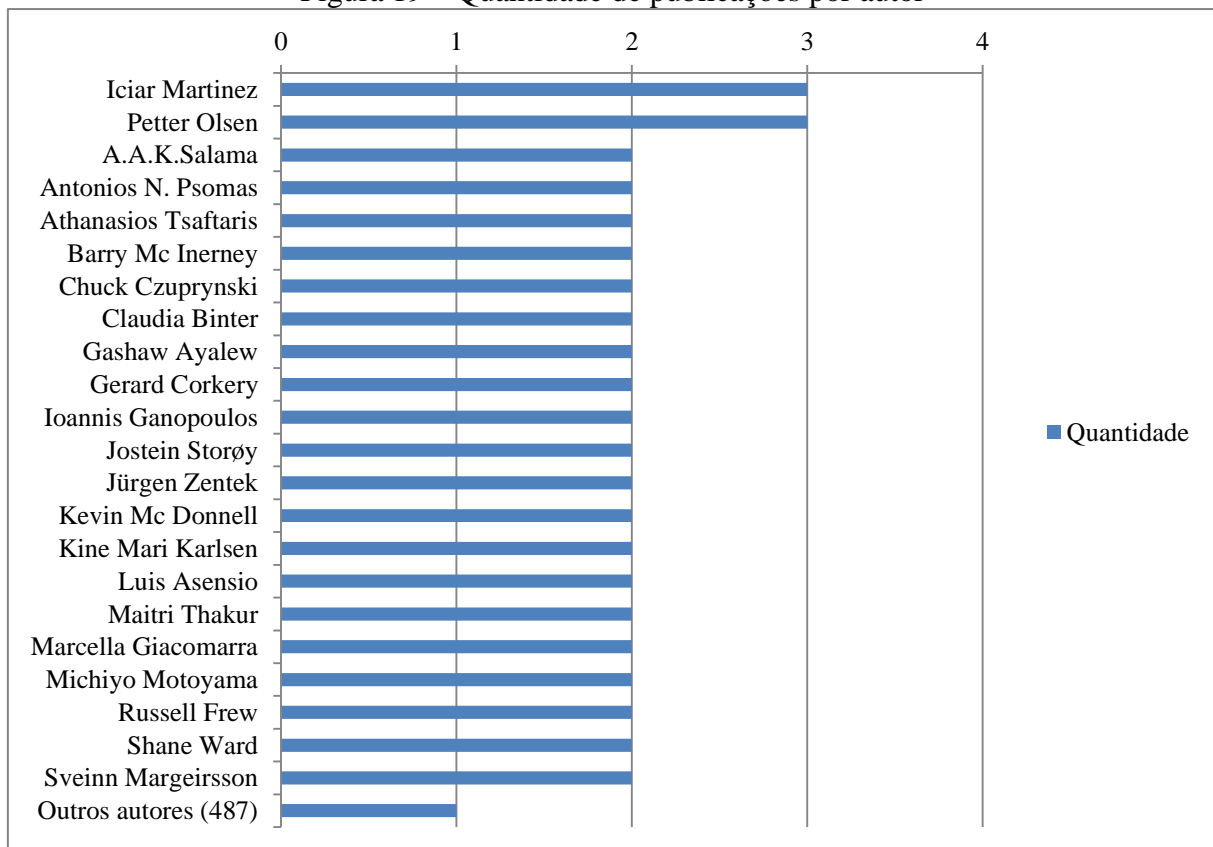
	<i>Behavioral Sciences</i>				
	<i>Food Chemistry</i>		<i>Small Ruminant Research</i>		
	<i>International Journal of Food Microbiology</i>				
Total de periódicos	7	5	3	2	6

Fonte: Autor (2018).

As publicações sobre rastreabilidade possuem, em sua maioria, o objetivo de controlar indústrias produtoras de alimentos, devido à relação dessa atividade com a saúde. Citam-se também modelos de rastreabilidade atrelados à produção contínua, como é o caso da indústria de minério. E a preocupação como o meio ambiente encontra-se evidenciada em periódicos relacionados com a produção limpa (*cleaner production*).

As Figuras 19, 20, 21 e 22 permitem a visualização gráfica da quantidade de publicações por autor e suas respectivas afiliações; o número de publicações por país; e a quantidade de artigos conforme seu grau de aderência com os objetivos desta dissertação.

Figura 19 – Quantidade de publicações por autor



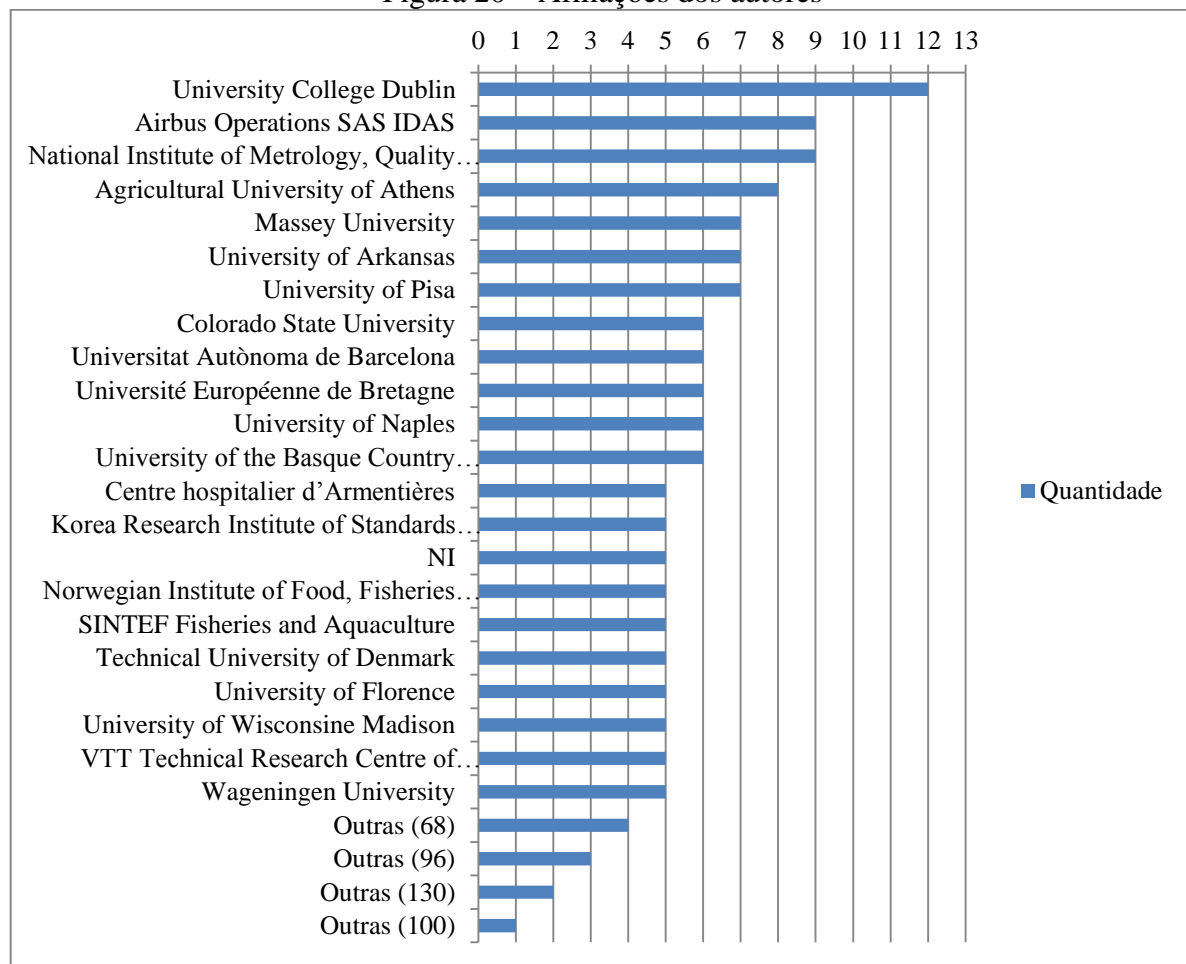
Fonte: Autor (2018).

Nota-se na Figura 19 a baixa quantidade de publicações pelos mesmos autores. Iciar Martinez e Petter Olsen foram, dentre 533 citações de autores, os únicos a aparecerem em três

publicações. A participação de 487 autores (91,37%) com a apenas uma publicação reforça a ausência de uma referência explícita no que tange ao tema analisado. Apresentam-se na Figura 20 as afiliações dos autores elencados na Figura 19. Devido à grande quantidade de instituições, optou-se por ilustrar apenas aquelas presentes em cinco ou mais artigos. No Apêndice A encontra-se a relação completa dos artigos com os anos de publicações, autores, afiliações, países e classificação quanto aderência.

Observa-se a University College Dublin na posição de destaque frente às demais instituições. Porém, esta representa apenas 2,25% do total de afiliações, o que reforça o ponto anteriormente apresentado no que se refere à inexistência de uma referência explícita sobre o tema.

Figura 20 – Afiliações dos autores



Fonte: Autor (2018).

Apresentam-se na Tabela 7 os principais países em que estão localizadas as instituições de afiliação dos autores. A partir dessas informações, é possível verificar o agrupamento dos países mais relevantes em termos de publicações sobre o tema rastreabilidade.

Nota-se na Tabela 7 a pulverização de publicações entre países, com destaque para a Itália e a Espanha, representando pouco mais de 10% cada. Em termos gerais, observa-se uma concentração de publicações na Europa (48,59%) e nos Estados Unidos (8,63%).

Tabela 7 – Publicações por país

País	Número de publicações	(%)
Itália	56	10,51
Espanha	54	10,13
Estados Unidos da América	46	8,63
França	45	8,44
Alemanha	30	5,63
Noruega	27	5,07
Reino Unido	27	5,07
Grécia	20	3,75
Outros países	228	42,78
Total	533	100,00

Fonte: Autor (2018).

O Brasil está inserido na categoria outros, juntamente com China, Finlândia e Índia, ocupando o 9º lugar e representando 3,2% do total de publicações sobre rastreabilidade na indústria. Os estudos sobre rastreabilidade realizados por autores afiliados a instituições brasileiras tiveram como foco principal as indústrias metalúrgica, petrolífera e alimentícia. Ressalta-se a existência de dois artigos classificados como parcialmente aderentes, representando 12,50% dos 16 artigos com aspectos de conteúdo mais relevantes.

Ilustra-se na Figura 21 a posição geográfica dos oito países com maior representatividade nas publicações. Os países destacados correspondem a 57,22% do total de publicações sobre rastreabilidade na base Science Direct no período de 2007 a 2016.

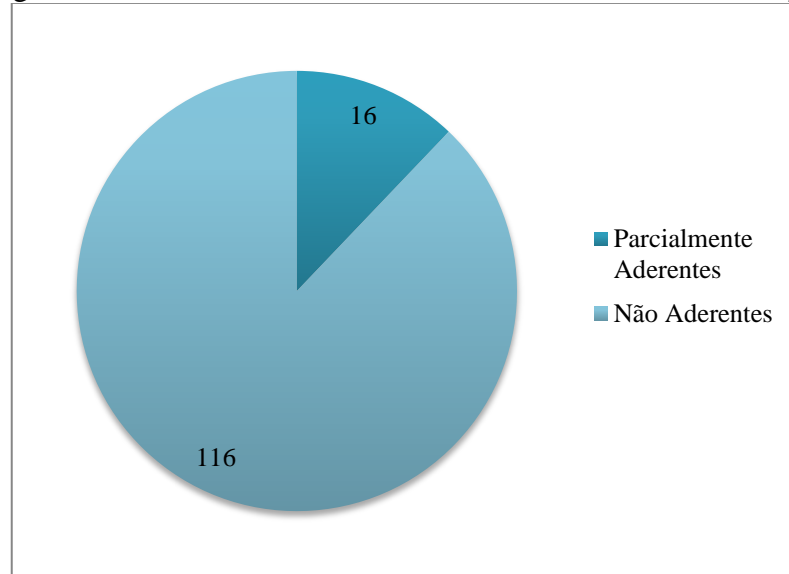
Figura 21 – Mapa dos países com maior número de publicações



Fonte: Autor (2018).

Conforme anteriormente descrito, os 132 artigos selecionados na revisão sistemática da literatura foram classificados conforme o seu grau de aderência com o tema da presente dissertação (rastreadabilidade como ferramenta de gestão em uma indústria de plásticos). Para essa classificação, foram criadas três categorias: i) artigos ‘totalmente aderentes’; ii) artigos ‘parcialmente aderentes’; e iii) artigos ‘não aderentes’. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 22.

Figura 22 – Grau de aderência dos estudos ao tema da dissertação



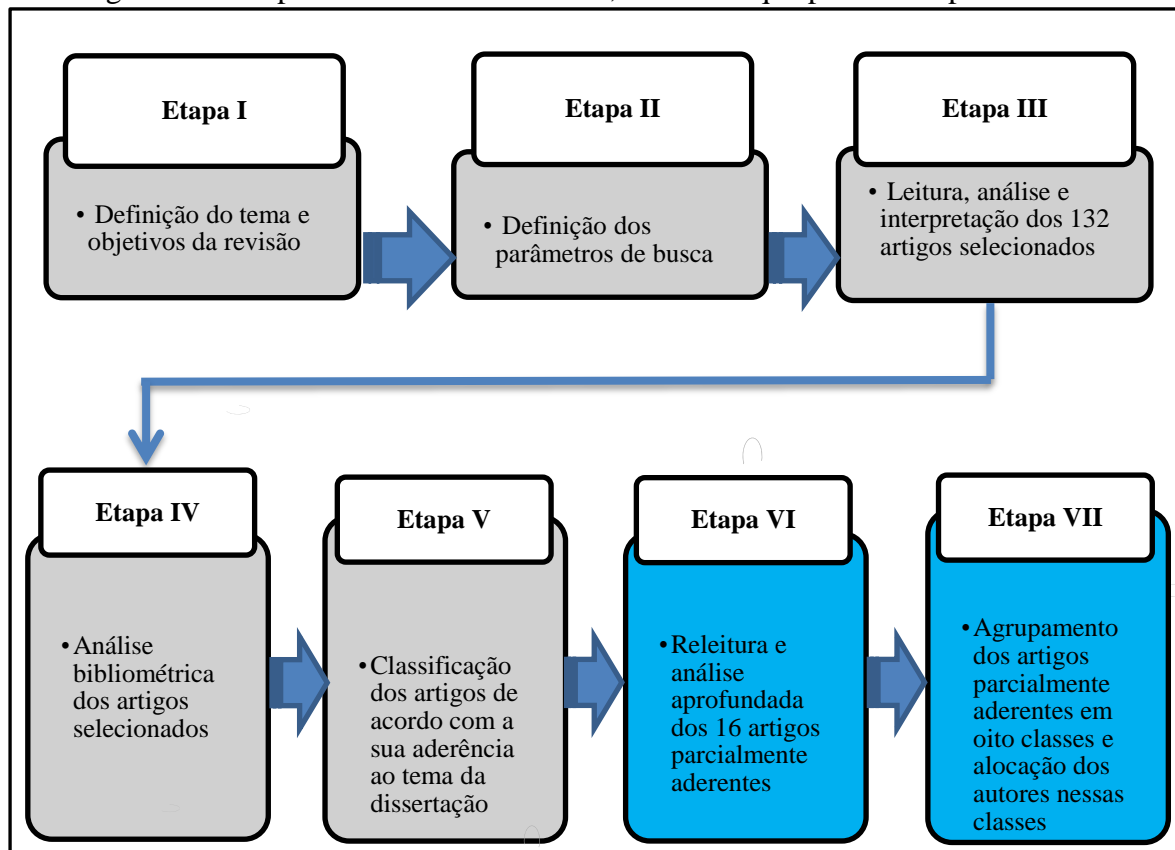
Fonte: Autor (2018).

Visualiza-se na Figura 22 a inexistência de artigos com aderência total ao tema estudado. Dos 132 artigos selecionados, 116 (87,88%) mostraram-se 'não aderentes' ao tema da dissertação e os 16 artigos restantes (12,12%) apresentaram aderência parcial. Frente aos objetivos desta dissertação, serão analisados apenas os artigos elencados como ‘parcialmente aderentes’, conforme critérios mencionados anteriormente.

2.2.2 Aspectos de conteúdo dos artigos mais relevantes

Nesta seção é apresentada a análise dos artigos classificados como ‘parcialmente aderentes’ ao tema de pesquisa na revisão sistemática da literatura. Para facilitar o entendimento do propósito desta seção e compreender sua inserção no conjunto de procedimentos de revisão sistemática da literatura adotados, primeiramente é exposto o mapeamento do fluxo de pesquisa realizado (Figura 23). O referido fluxo foi composto por sete etapas, sendo as Etapas VI e VII correspondentes à presente sessão da dissertação.

Figura 23 – Etapas da revisão sistemática, com destaque para as Etapas VI e VII



Fonte: Autor (2018).

Objetivando o entendimento dos assuntos dos artigos considerados ‘parcialmente aderentes’, os mesmos foram classificados em oito categorias, considerando-se as temáticas mais recorrentes entre os artigos analisados: i) informação – refere-se ao modo de marcação da rastreabilidade nos produtos, à integridade dos dados presentes nessa marcação e à comunicação como elemento-chave para a rastreabilidade; ii) *recall* – está associado à imagem da empresa, aos custos decorrentes de substituições ou devoluções de produtos defeituosos e ao aprendizado decorrente dos problemas, o qual contribui com melhorias nos atuais e futuros produtos; iii) custos – referem-se à economia proporcionada pela rastreabilidade e à necessidade de mensurar os gastos no projeto de implementação da rastreabilidade, incluindo eventuais mudanças no processo produtivo; iv) benefícios – tratam da assertividade na identificação de causas raízes, à possibilidade de correlação de fatos, à obtenção de dados estatísticos para melhorar o processo decisório; v) ações junto à área industrial – este tópico diz respeito às ações voltadas à otimização de produção, tais como utilização de dados estatísticos para decisões mais embasadas, melhoria na organização da empresa para garantir o sistema de rastreabilidade e detalhamento do fluxo de processo para verificar postos que necessitam ser rastreados; vi) aspectos jurídicos – refere-se ao combate à falsificação e à percepção da rastreabilidade como ferramenta para atender leis e normas; vii)

integração da cadeia de suprimentos – diz respeito à necessidade de funcionamento sistêmico das partes e ao amadurecimento da cadeia pela utilização da rastreabilidade; e viii) auditoria – refere-se ao monitoramento da eficácia da rastreabilidade no campo. O Quadro 2 apresenta as alocações dos 16 artigos ‘parcialmente aderentes’ em cada uma dessas temáticas.

Quadro 2 – Artigos por classe temática

Autor	Benefícios	Ações junto à área industrial	Informação	Integração da cadeia de suprimentos	Custos	Recall	Aspectos jurídicos	Auditoria	Total
Alfaro e Rábade (2009)	x								1
Bergquist (2012)	x	x							2
Bjork et al. (2011)		x	x	x					3
Ebrahimi et al. (2014)			x						1
Forås et al. (2015)			x					x	2
Galvão et al. (2010)	x								1
Gossen, Abele e Rauscher (2016)	x								1
Guercini e Runfola (2009)	x								1
Maruchek et al. (2011)	x	x	x	x		x			5
Saltini e Akkerman (2012)	x	x		x		x			4
Segura Velandia (2016)		x							1
Storoy, Thakur e Olsen (2012)	x	x			x		x		4
Tekin (2014)	x		x						2
Vedel-Smith e Lenau (2012)					x				1
Velotti et al. (2016)			x						1
Ventura et al. (2016)				x	x				2
Total	9	6	6	4	3	2	1	1	32
Percentual	56%	38%	38%	25%	19%	13%	6%	6%	-

Fonte: Autor (2018).

Observa-se no Quadro 2, dentre as temáticas mais abordadas nos artigos classificados como ‘parcialmente aderentes’, o maior destaque para os ‘benefícios da rastreabilidade’ (56%). Destacam-se, ainda, as temáticas ‘ações junto à área industrial’ e ‘importância da informação para o sucesso do sistema de rastreabilidade’, ambas com uma representatividade de 38%. Dentre os autores elencados no Quadro 2, cita-se o estudo de Maruchek et al. (2011) como o mais abrangente, abordando cinco das oito classes temáticas identificadas, seguido pelos estudos de Saltini; Akkerman, (2012) e de Storoy; Thakur; Olsen, (2012) com quatro classes temáticas abordadas.

O êxito da rastreabilidade sustenta-se na informação. A integridade dos dados - sejam estes físicos ou eletrônicos - é fator essencial para uma rastreabilidade eficaz, uma vez que os mesmos necessitam ser transportados ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Dessa

forma, a rastreabilidade assume um papel de extrema relevância para a geração de informações acerca das causas raízes de problemas.

Deve-se considerar o modo de armazenamento dos dados, evitando a ocorrência de problemas como roubo, furto, incêndio ou outras causas naturais que comprometam a integridade dos mesmos. Nesse sentido, deve-se atentar para a importância da realização de *backup* (se for utilizado *software*) e da digitalização (se for utilizado meio físico).

O receio de perda de informação e/ou a negligência no estudo de estruturação de sistemas de rastreabilidade gera, algumas vezes, redundância de informações, as quais necessitam ser minimizadas ou anuladas. Analisando-se a identificação sob a ótica operacional, deve-se garanti-la ao longo de todo o ciclo de vida do produto; porém, a flexibilidade às particularidades de cada processo e produto também necessitam ser consideradas.

Tratando-se da marcação, deve-se considerar a profundidade, pois sendo esta baixa a integridade da informação pode ficar comprometida; já a demasiada profundidade tende a interferir nos requisitos de qualidade, aumentando a fadiga do produto e reduzindo seu ciclo de vida. Portanto, recomenda-se que a identificação do produto suporte oxidação, corrosão e/ou outro fenômeno; não seja invasiva ao ponto de comprometer a qualidade do produto; e possua durabilidade ao longo de todo o seu ciclo de vida.

A comercialização gera obrigações por parte da empresa relativas às garantias contratuais dos produtos. Em função disso, em casos de problemas de qualidade, é necessário o retorno dos mesmos à empresa (*recall*) para a tomada das devidas ações. A comunicação é elemento-chave para um *recall* eficiente, contribuindo com a minimização dos custos para o fabricante e com a definição precisa da extensão das responsabilidades dos envolvidos. A mensuração dos prejuízos oriundos do *recall* é superficialmente fácil, mas, se forem considerados o desgaste e os prejuízos à imagem da empresa, a mesma pode chegar a ser incomensurável.

A ausência de conhecimento dos gestores acerca do tema rastreabilidade provoca equívocos no âmbito dos custos, uma vez que estes são considerados como custos adicionais. A implementação de sistemas de rastreabilidade requer estudos e análises para determinar, dentre as inúmeras alternativas existentes, a mais adequada às necessidades de cada organização. Destacam-se em alguns artigos, conforme apontado no Quadro 2, a importância de verificar a viabilidade de incorporar a rastreabilidade às máquinas/processos já existentes, contribuindo, dessa forma, com o não comprometimento do tempo de processo utilizado na

precificação do produto (VENTURA et al., 2016; VEDEL-SMITH; LENAU, 2012; STOROY; THAKUR; OLSEN, 2013).

Inúmeros são os benefícios obtidos pela rastreabilidade como, por exemplo, i) maior assertividade das ações junto às causas raízes; ii) possibilidade de correlação de fatos quando ocorrem problemas de qualidade; iii) contribuição ao combate à falsificação e à contaminação; iv) melhor controle interorganizacional; e v) geração de dados estatísticos passíveis de serem analisados, orientando o processo de tomada de decisão (ALFARO; RÁBADE, 2009; GUERCINI; RUNFOLA, 2009; GALVÃO et al., 2010; MARUCHECK et al., 2011; BERGQUIST, 2012; SALTINI; AKKERMAN, 2012; STOROY; THAKUR; OLSEN, 2013; TEKIN, 2014; GOSSEN; ABELE; RAUSCHER, 2016).

A condução das ações de modo mais assertivo vem a contribuir com a redução dos custos. Desse modo, o tempo anteriormente despendido para a busca do problema poder ser destinado à proposição e implementação de melhorias. Estando a empresa com as informações coesas, íntegras e passíveis de recuperação, o direcionamento das ações para a atuação junto às causas raízes ocorre de modo mais rápido. Isso facilita a suspensão da produção, caso o problema seja diagnosticado durante o processo produtivo, ou da comercialização, evitando-se a ocorrência de *recalls*.

Principalmente na indústria alimentícia, há a preocupação com a contaminação dos produtos. Além disso, a falsificação encontra-se presente nesta e em outras indústrias. A certeza de os produtos serem rastreados contribui para inibir e/ou agir sobre tais problemas (STOROY; THAKUR; OLSEN, 2013).

Entre os 16 artigos considerados ‘parcialmente aderentes’ na revisão sistemática da literatura, dois destacaram a rastreabilidade como ferramenta de controle interorganizacional (GUERCINI; RUNFOLA, 2009; STOROY; THAKUR; OLSEN, 2013). Além disso, como a rastreabilidade requer um ambiente organizado para seu funcionamento eficaz, a mesma contribui para a melhoria do ambiente de trabalho, para o aumento da produtividade e para uma maior velocidade nas tomadas de ações. Menciona-se, ainda, na etapa de mapeamento do processo para pontos de rastreio, a possibilidade de ações sobre possíveis contra fluxos visualizados.

Os dados estatísticos passíveis de serem gerados pela rastreabilidade contribuem com o gerenciamento da organização e auxiliam na tomada de decisões, uma vez que dados quantitativos enriquecem as argumentações e tendem a contribuir com a otimização da produção (ALFARO; RÁBADE, 2009; STOROY; THAKUR; OLSEN, 2013). Adicionalmente, o envolvimento e engajamento dos usuários na implementação, utilização e

melhorias do sistema de rastreabilidade contribuem com o sucesso do mesmo, enquanto sua exclusão tende a retardar o atingimento dos objetivos previstos (BJORK et al., 2011). Também é importante ressaltar que o detalhamento do fluxo do processo contribui com a definição dos pontos de rastreabilidade, ou seja, nem todas as etapas necessitam ser rastreadas, mas sim as julgadas críticas (VELANDIA et al., 2016).

Sob o aspecto jurídico, considera-se a rastreabilidade como importante ferramenta. Remete-se a essa questão fatos envolvendo a imagem da empresa, custos decorrentes de reclamações, cumprimento de leis, normas, certificações, aplicações regulamentares, entre outros. Algumas correntes de autores defendem a rastreabilidade como uma ferramenta de prevenção e/ou argumentação de atuais ou futuros problemas jurídicos; outros, a utilizam apenas para o atendimento de disposições legais existentes (STOROY; THAKUR; OLSEN, 2013).

Dentre os artigos considerados com ‘aderência parcial’, quatro mencionam a importância do envolvimento da cadeia de suprimentos, abordando esse tema como condutor do crescimento/amadurecimento dos envolvidos (BJORK et al., 2011; MARUCHECK et al., 2011; SALTINI; AKKERMAN, 2012; VENTURA et al., 2016). Segundo Guercini e Runfola (2009), a atuação simultânea dos setores de marketing e de suprimentos pode gerar maior valor aos envolvidos. O amadurecimento da relação entre os fornecedores e a organização que adota a rastreabilidade contribui para o crescimento de ambos, além de auxiliar nas ações do departamento de marketing, o qual pode considerar a rastreabilidade como um diferencial competitivo.

Pode-se utilizar a rastreabilidade não somente quando da ocorrência de um problema interno ou externo, mas também a fim de auditar a eficácia/robustez do próprio sistema de rastreabilidade. Tratando-se de auditoria, Foras et al. (2015) ilustram em seu estudo a evolução da rastreabilidade em produtos alimentícios na Noruega entre os anos de 2008 e 2013. Considerando-se 30 produtos em ambos os anos, em 2008 apenas 16 foram passíveis de rastreabilidade, permitindo a busca de informações da origem; já em 2013 esse número passou a 28, evidenciando um sistema de rastreabilidade mais maduro.

3. MÉTODO

Neste capítulo, primeiramente são apresentadas as características do método de pesquisa definido para a presente dissertação (pesquisa-ação), incluindo as fases necessárias para o seu desenvolvimento. Posteriormente, tomando-se como base essas fases, é descrito o método do trabalho, sendo detalhadas as principais atividades desenvolvidas para a sua execução.

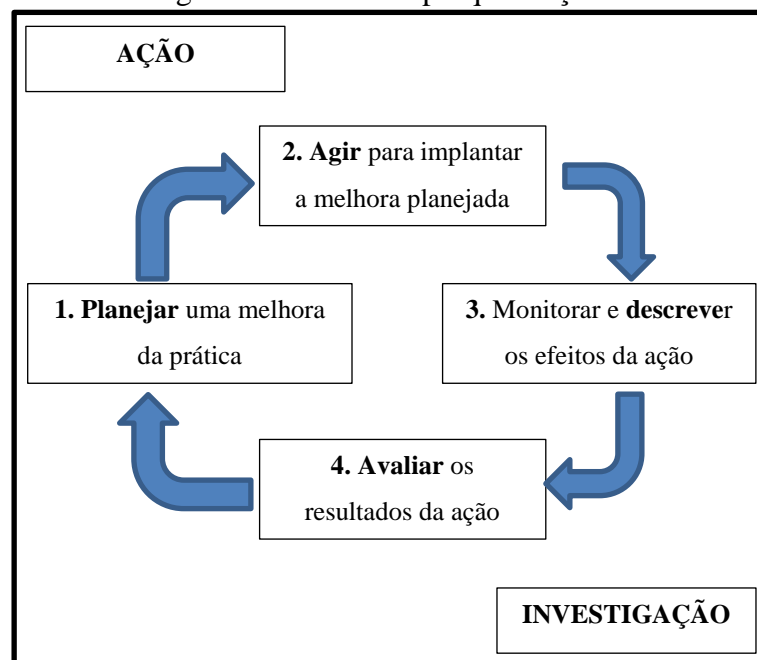
3.1 MÉTODO DE PESQUISA

A presente dissertação pode ser classificada como uma pesquisa-ação, a qual é definida como:

“um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” (THIOLLENT, 2011, p. 20).

Conforme Tripp (2005), a pesquisa-ação é uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para orientar ações que se decidem tomar para melhorar a prática. A pesquisa-ação, segundo Tripp (2005), é realizada em quatro fases (Figura 24).

Figura 24 – Fases da pesquisa-ação



Fonte: Adaptada de Tripp (2005).

Conforme ilustrado na Figura 24, o ciclo da pesquisa-ação inicia-se com o planejamento de uma melhora da prática, o que depende de um diagnóstico prévio para a adequada identificação do problema. A etapa seguinte é a da implementação da ação. Após implementada a ação, é feito o monitoramento de seus efeitos, sendo esta a terceira etapa de uma pesquisa-ação. A quarta e última etapa refere-se à avaliação dos resultados da ação implementada, servindo também como diagnóstico para o planejamento de uma nova ação, retroalimentando o processo (TRIPP, 2005).

Dentre os principais aspectos da pesquisa-ação, Thiollent (2011) cita os seguintes: i) é explícita a interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada; ii) como decorrência dessa interação obtêm-se a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e as respectivas soluções a serem encaminhadas na condição de ações concretas; iii) o objeto de investigação é constituído pelos problemas de diferentes naturezas encontrados na situação identificada; iv) o objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, esclarecer os problemas da situação observada; v) os atores da situação acompanham as decisões, ações e toda atividade intencional durante o processo; e vi) pretende-se com a pesquisa-ação ampliar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou ‘nível de consciência’ das pessoas e grupos considerados.

Para Cooke apud Tripp (2005, p. 452), a pesquisa-ação “não se trata de pesquisa-a-ser-seguida-por-ação, ou pesquisa-em-ação, mas pesquisa-como-ação”, tradução esta em perfeita sintonia a proposta desta dissertação. No caso da pesquisa-ação, destaca-se a atenção necessária ao planejamento de como serão avaliados os efeitos da mudança na prática (TRIPP, 2005).

Para que a pesquisa-ação seja apresentada como relatório, devem ser seguidas quatro etapas (TRIPP, 2005): i) introdução; ii) reconhecimento; iii) ciclos; e iv) conclusão. Essas etapas são detalhadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Etapas de um relatório de pesquisa-ação

Etapa	Tópico	Subtópico	O que abordar
1	Introdução	Não há	Intenções do pesquisador, objetivos e benefícios previstos
2	Reconhecimento	Não há	Investigação do trabalho de campo e revisão da literatura
3	Ciclos	Planejamento	Preocupação temática com o primeiro passo da ação
		Implementação	Relato discursivo sobre quem fez o quê, quando, onde, como e por quê
		Relatório de pesquisa	Resumo e base racional dos métodos de produção dos dados; apresentação e análise dos mesmos e; discussão dos resultados: explicações e implicações.
		Avaliação	Da mudança na prática: o que funcionou ou não e por quê – da pesquisa: em que medida foi útil e adequada.
4	Conclusão	Não há	Elencar as melhorias práticas alcançadas; suas

			implicações e recomendações para prática profissional do pesquisador e outros e; síntese do aprendizado a respeito do processo de pesquisa-ação, suas implicações e recomendações para trabalhos futuros.
--	--	--	---

Fonte: Adaptado de Tripp (2005).

O Quadro 3 contribui para a definição da sequência da apresentação do relatório da pesquisa-ação, mas, além disso, apresenta de modo sucinto a abordagem pertinente a cada seção. Essa estrutura foi considerada na presente dissertação. O Quadro 4 apresenta a relação entre as etapas de um relatório de pesquisa-ação descritas por Tripp (2005) e a estrutura utilizada nesta dissertação.

Quadro 4 – Relação entre o modelo de Tripp (2005) e a estrutura da presente dissertação

Etapa do modelo	Tópico	Subtópico	Capítulo da dissertação
1	Introdução	Não há	Capítulo 1 - Introdução
2	Reconhecimento	Não há	Capítulo 2 – Referencial teórico
3	Ciclos	Planejamento	Capítulo 3 - Método
		Implementação	Capítulo 4 - Resultados
		Relatório de pesquisa	
		Avaliação	
4	Conclusão	Não há	Capítulo 5 - Conclusão

Fonte: Autor (2018).

Observa-se no Quadro 4 a aderência entre o modelo de relatório de pesquisa-ação proposto por Tripp (2005) e os capítulos da presente dissertação. Nesse sentido, as etapas de uma pesquisa-ação descritas Tripp (2005) encontram-se presentes na estrutura definida para o trabalho.

3.2 MÉTODO DO TRABALHO

O método para a implantação da rastreabilidade na empresa estudada, proposto no presente trabalho, é dividido em quatro etapas: i) planejamento; ii) implementação; iii) monitoramento; e iv) avaliação de resultados. A seguir são descritas as atividades para cada etapa.

3.2.1 Planejamento

Conforme descrito nesta seção, o planejamento é a primeira etapa de uma pesquisa-ação. Descrevem-se abaixo as atividades executadas nesta fase para a análise da rastreabilidade como ferramenta de gestão na indústria plástica:

- a) análise da utilização ou não de rastreabilidade em empresas produtoras de peças plásticas pelo processo de *vacuum forming*, bem como os modelos aplicados, analisando os prós e contras de cada modelo;
- b) definição da sistemática de rastreabilidade a ser adotada, considerando os objetivos e resultados esperados da rastreabilidade na empresa estudada (Figura 12), as variáveis elencadas no Quadro 2, oriundas da revisão sistemática da literatura - informação; ii) *recall*; iii) custos; iv) benefícios; v) ações junto à área industrial; vi) aspectos jurídicos; vii) integração da cadeia de suprimentos; e viii) auditoria -; e as informações obtidas na etapa anterior; e
- c) resultados esperados referentes aos seguintes aspectos:
 - redução de custos (internos e externos);
 - definição de responsabilidades; e
 - aumento da satisfação dos clientes.

Cabe salientar que todas as ações referentes à etapa de planejamento da rastreabilidade, previstas no contexto da presente pesquisa-ação, foram devidamente implementadas. Os resultados dessas ações são apresentados no Capítulo 4 da presente dissertação.

3.2.2 Implementação

Para a implementação da sistemática de rastreabilidade definida foi utilizada a matriz 5W2H, considerando o que deve ser feito; o responsável por cada ação; onde e por que as ações serão executadas; como será operacionalizada a implementação das ações; e quais os recursos financeiros a serem destinados a tal implementação. O cronograma de implementação foi composto pelas seguintes ações:

- a) mapeamento do fluxo de processo de *vacuum forming*;
- b) definição das etapas do processo produtivo que devem ser incorporadas na rastreabilidade;
- c) verificação da possibilidade de incorporar a rastreabilidade às atuais operações a fim de não adicionar custos decorrentes de incremento de tempo ao processo já existente;
- d) definição do modo de identificação dos produtos, atentando para:
 - custos condizentes com o projeto;
 - garantia da identificação e rastreabilidade;

- possível impacto de etapas do processo produtivo, como lixamento e pintura, na identificação dos produtos;
 - segurança da solução proposta;
 - profundidade de marcação para que não seja superficial, não garantindo a rastreabilidade, ou profunda, comprometendo a vida útil do produto devido à fadiga; e
 - integridade da informação durante todo o ciclo de vida do produto;
- e) inserção das informações referentes à rastreabilidade no *Manufacturing Execution System* (MES);
- f) envolvimento de fornecedores e clientes, estipulando as exigências necessárias para o funcionamento do sistema, uma vez que o amadurecimento da cadeia contribui para os benefícios da rastreabilidade; e
- g) realização do treinamento da equipe envolvida, haja vista que o seu engajamento contribui com o sucesso da rastreabilidade.

As primeiras cinco ações desta etapa de implementação da rastreabilidade na empresa já foram executadas. Os resultados dessas ações são apresentados no Capítulo 4 da presente dissertação. No entanto, as ações ‘f’ e ‘g’ serão desenvolvidas no decorrer do processo de implementação da rastreabilidade na empresa e seus resultados serão avaliados em uma etapa futura do projeto.

3.2.3 Monitoramento

Realiza-se na fase de monitoramento o acompanhamento das ações ‘a’ a ‘g’ mencionadas anteriormente, as quais estão inseridas em uma matriz 5W2H. Pretende-se, com isso, acompanhar cada atividade e, caso necessário, conduzir ações corretivas, visando ao cumprimento dos prazos estipulados para as ações. A matriz 5W2H será útil tanto para o acompanhamento da implementação das ações já iniciadas quanto para as ações em fase de planejamento e que serão implementadas posteriormente, como é o caso das ações ‘f’ e ‘g’ da etapa de implementação.

3.2.4 Avaliação

Os resultados esperados, descritos na fase de planejamento, necessitam ser mensuráveis. Considera-se a rastreabilidade como uma ferramenta de controle e otimização

da produção capaz de contribuir com a melhoria dos dados estatísticos, conduzindo a decisões mais rápidas e assertivas. Nesse sentido, sugere-se a criação de indicadores de avaliação do sistema de rastreabilidade, elaborados com base nos resultados esperados pela empresa em relação à rastreabilidade (Figura 12), a fim de mensurar o atingimento dos mesmos.

4. RESULTADOS

Objetiva-se, por meio da implementação da rastreabilidade em peças plásticas produzidas pelo processo de *vacuum forming* na empresa estudada, a atuação sobre fatores internos e externos. No que se refere aos fatores internos, a rastreabilidade pode servir como uma ferramenta para identificar os problemas, tais como peças mal formadas, erros de corte, catálise e/ou diluição de tinta não conforme procedimento, dentre outros, e seus respectivos responsáveis, possibilitando que sejam propostas ações corretivas visando à redução de custos internos. No que diz respeito aos fatores externos, objetiva-se a atuação sobre problemas de qualidade que, além de gerarem custos, têm impacto na satisfação dos clientes. Como exemplos desse tipo de problema podem-se citar o deslocamento da pintura, a impossibilidade de montagem no produto final, a ausência de componentes, a quebra do produto, dentre outros.

O atingimento dos resultados esperados sustenta-se na sinergia das temáticas evidenciadas na revisão sistemática da literatura, ou seja, i) informação; ii) *recall*; iii) custos; iv) benefícios; v) ações junto à área industrial; vi) aspectos jurídicos; vii) integração da cadeia de suprimentos; e viii) auditoria, as quais se encontram descritas no Quadro 5.

Quadro 5 – Resultados esperados com base nas temáticas identificadas na revisão sistemática da literatura

Temática	Resultados esperados
Informação	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar a rastreabilidade no produto de forma resistente, durável e que não interfira na qualidade do mesmo durante o seu ciclo de vida; - Recuperar informações quando necessário de modo rápido e eficaz; e - Impedir a redundância do sistema de rastreabilidade em relação aos atuais documentos de controle.
<i>Recall</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Direcionar os envolvidos com os problemas de modo assertivo; - Reduzir os custos de <i>recall</i>; e - Tratar <i>recalls</i> como <i>inputs</i> para melhorias e aprendizado futuro.
Custos	<ul style="list-style-type: none"> - Incorporar a rastreabilidade aos processos já existentes ou atentar para a menor quantidade possível de operações capazes de aumentar os tempos e custos de produção.
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar a assertividade e reduzir o tempo das ações para o atingimento das causas raízes; - Permitir a correlação de fatos quando da ocorrência de problemas; e - Melhorar o ambiente de trabalho devido à organização necessária para o funcionamento do sistema.
Ações junto à área industrial	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar da estatística para melhorar o embasamento das decisões; - Rastrear parâmetros de processos e permitir ações eficazes sobre os mesmos; - Melhorar a cultura organizacional, devido ao envolvimento das diferentes áreas no projeto de rastreabilidade; e - Adaptar a rastreabilidade às condições permitidas do processo.
Aspectos jurídicos	<ul style="list-style-type: none"> - Atuar de modo preventivo nos possíveis problemas jurídicos ocorridos no âmbito interno e/ou externo.
Integração da cadeia de suprimentos	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuir com o amadurecimento da cadeia de suprimentos.

Auditoria	- Garantir a sustentabilidade do sistema por meio de auditorias no campo, a fim de certificar-se da integridade das informações quando transcorrido determinado período de utilização do produto.
-----------	---

Fonte: Autor (2018).

Conforme se observa no Quadro 5, alguns resultados esperados são passíveis de mensuração e necessitam indicadores para o seu devido monitoramento. Já outros são ações contribuintes ao atingimento dos objetivos anteriormente elencados.

Ilustram-se no Quadro 6 alguns resultados esperados com base nos objetivos da organização. Embora esses resultados sejam passíveis de mensuração, inicialmente não serão estabelecidos valores ou percentuais esperados para os mesmos.

Quadro 6 - Resultados esperados com base nos objetivos da organização

Contexto	Objetivo	Detalhamento do objetivo
Interno	Redução de custos	- Reduzir o percentual de peças refugadas; - Diminuir o tempo de segregação de determinado produto ou material que apresentou problema para suspender a produção e/ou agir na correção, permitindo a revisão dos parâmetros de processo e, se necessário, o seu ajuste; e - Ampliar a eficácia na resolução de problemas, reduzindo o tempo atual de identificação de causas raízes.
	Definição dos responsáveis	- Atuar, de modo assertivo e ágil, sobre os responsáveis (operador/ fornecedor), permitindo a mensuração das não conformidades por operador e por máquina, bem como os custos incorridos por problemas oriundos dos fornecedores.
Externo	Redução de custos	- Definir, mensurar e reduzir o tempo máximo de localização de produtos em caso de <i>recall</i> .
	Aumento da satisfação dos clientes	- Aumentar o índice de satisfação de clientes; e - Reduzir o prazo de resposta a determinado problema ou reclamação de clientes.

Fonte: Autor (2018).

Cabe salientar que o êxito do funcionamento do sistema de rastreabilidade resulta do engajamento dos funcionários, fornecedores e clientes. A sinergia de todos os envolvidos é fator crucial para o sucesso a rastreabilidade. Nesse sentido, a integridade e disponibilidade das informações desde os fornecedores até os clientes, durante o prazo de garantia ou o tempo de vida útil do produto, é indispensável.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO ATUAL

A rastreabilidade proposta no presente trabalho aplica-se às peças produzidas pelo processo de *vacuum forming*. Descreve-se inicialmente nesta seção a matéria prima básica utilizada, seu recebimento e o processo de fabricação das peças até a etapa atual de identificação do produto com a etiqueta adesiva. Sob essas condições desenvolvem-se a seguir as sugestões de um novo modelo de rastreabilidade aplicável à empresa e ao processo analisado

A resina e o pigmento utilizados no processo de fabricação condicionam-se às especificações de engenharia dos produtos (dos clientes ou próprios), porém, todas são adquiridas em grânulos (Figuras 25 e 26). As mesmas são enviadas pelos fornecedores em caixas (Figura 25) ou em sacarias (Figura 26).

Figura 25 - Resina de ABS recebida em caixa



Fonte: Arquivos da empresa (2018).

Figura 26 - Resina de ABS recebida em sacaria



Fonte: Arquivos da empresa (2018).

Quando recebidos os insumos (resinas e pigmentos), são realizadas as atividades de inspeção e são dispostos os mesmos nos seus respectivos lugares para que, posteriormente, sejam transportados ao fornecedor de extrusão das chapas. A opção de aquisição da resina justifica-se por uma questão comercial, porém, algumas empresas adquirem as chapas extrusadas diretamente dos fornecedores. Nesse caso, devem-se desconsiderar as atividades de recebimento e envio da resina para extrusão.

Conforme a especificação de cor da chapa, envia-se juntamente com a resina o pigmento (Figura 28) para que o mesmo seja incorporado à resina virgem (Figura 27). As proporções variam de 2% a 4% sobre a resina virgem.

Figura 27 - Resina ABS



Fonte: Arquivos da empresa (2018).

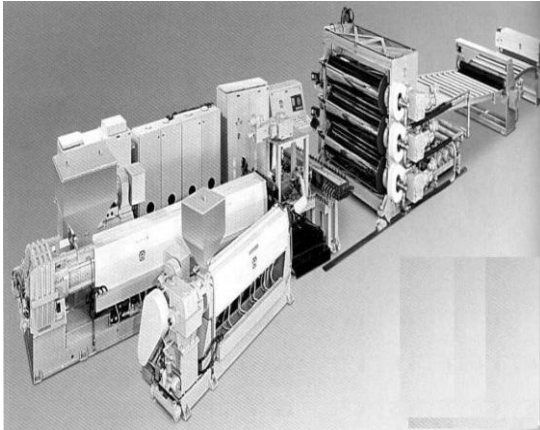
Figura 28 - Pigmento para resina ABS



Fonte: Arquivos da empresa (2018).

Quando acionado o ponto de pedido, o setor de logística realiza a ordem de compra e solicita ao setor fiscal a emissão da nota fiscal para posterior envio ao fornecedor. No fornecedor ocorre a extrusão da chapa (Figura 29) – seguindo discriminação da ordem de compra – atentando-se para as dimensões, tolerâncias, cor, quantidade e demais condições comerciais.

Figura 29 – Extrusora de chapas



Fonte: arquivos da empresa (2018)

Figura 30 - Etiqueta de rastreabilidade nas chapas



Fonte: arquivos da empresa (2018)

Concluída a etapa da formulação, inicia-se a extrusão das chapas e a matéria prima granulada retorna para a empresa em lâminas plásticas (Figura 30). No recebimento das chapas, são realizadas as respectivas atividades de inspeção; identificam-se as chapas com etiquetas adesivas contendo código de barras, o qual permite a rastreabilidade do número da nota fiscal, fornecedor, data de recebimento e conferente/inspetor; e realiza-se o posicionamento das chapas segundo a lógica *First In First Out (FIFO)* a fim de manter a integridade do produto devido à sensibilidade deste quanto à unidade (no caso do ABS).

Concluída a operação de recebimento, se necessário, as chapas são cortadas, conforme plano de corte específico de cada produto. Cabe salientar que, sempre que possível, as chapas são adquiridas na medida do molde. No entanto, é inviável adquirir as chapas nos tamanhos dos moldes para a totalidade dos itens, devido à necessidade de aproveitamento das chapas extrusadas. Isso justifica o processo de corte que, atualmente, é aplicado a aproximadamente 87% das chapas adquiridas.

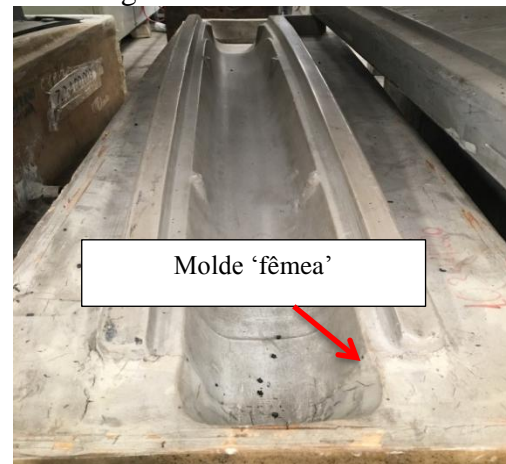
Conforme as particularidades das peças, diferentes tipos de moldes fazem-se necessários. As Figuras 31 e 32 ilustram os moldes nomeados como ‘macho’ e ‘fêmea’.

Figura 31 - Molde 'macho'



Fonte: Autor (2018).

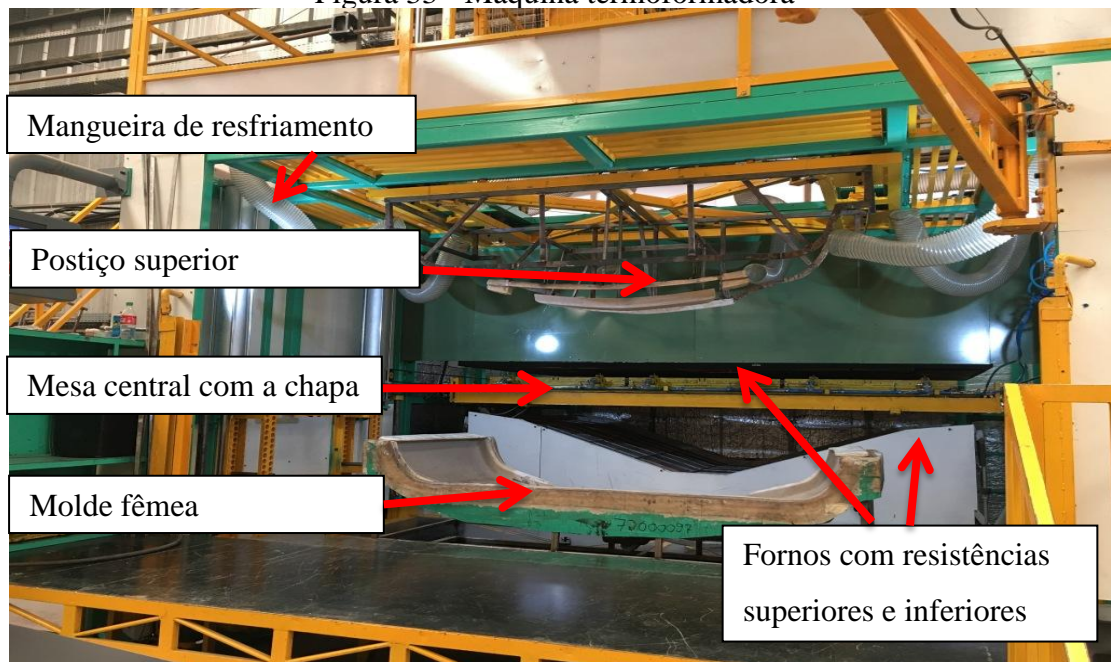
Figura 32 - Molde 'fêmea'



Fonte: Autor (2018).

O processo de termoformagem compreende: i) a disposição da chapa extrusada sobre a mesa central; ii) sua devida fixação por grampos; e iii) a condução desta ao forno com resistências superiores e inferiores a uma temperatura que varia entre 250°C e 450°C. A temperatura e o tempo de forno variam conforme condição climática, espessura da chapa, repuxo do molde e outros fatores. A Figura 33 apresenta a máquina termoformadora.

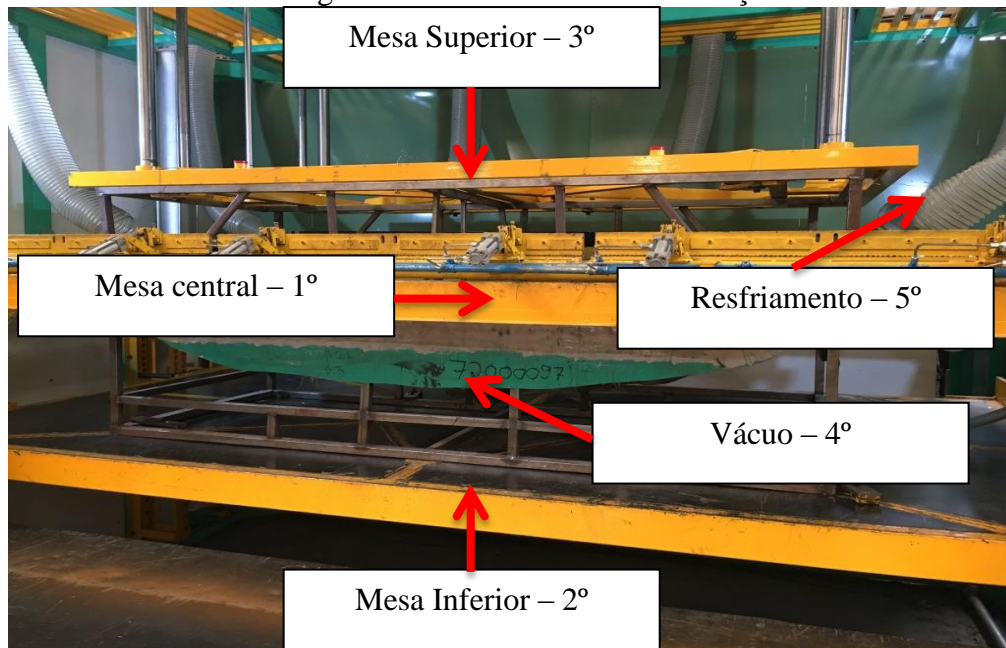
Figura 33 - Máquina termoformadora



Fonte: Autor (2018).

Concluído o tempo de aquecimento da chapa, a mesa central móvel retorna horizontalmente ao seu estágio inicial; a mesa inferior desloca-se no sentido vertical para cima; a mesa superior desloca-se no sentido vertical para baixo; aciona-se o vácuo para permitir a termoformatação da chapa de acordo com o formato do molde; e inicia-se o insuflamento de ar para a refrigeração da peça (Figura 34).

Figura 34 - Fluxo de termoformatação



Fonte: Autor (2018).

Após concluídas as operações anteriormente descritas, realiza-se a abertura dos grampos para remoção da peça e fixa-se a etiqueta de identificação (Figura 35) no lado não aparente do produto – no caso da ilustração, na parte traseira.

Figura 35 - Etiqueta de identificação atual



Fonte: arquivos da empresa (2018).

As peças então são dispostas sobre carrinhos, juntamente com a peça padrão e com a ordem de produção, para os deslocamentos às demais operações do processo produtivo. As próximas etapas são: i) corte do contorno externo em gabarito com fresa manual; ii) se necessário, furação, colagem de componentes, lixamento e preparação para pintura; iii) operação de pintura, se necessário; iv) inspeção final; e v) expedição.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PROPOSTO

Nesta seção são apresentadas as ações executadas para a implementação do processo de rastreabilidade proposto. Merece atenção especial, na etapa do planejamento, o modo de identificação do produto, pois é através da identificação que o retorno à origem se torna possível.

4.2.1 Escolha da melhor alternativa

Para a definição do processo proposto foram realizadas análises de campo para a verificação de possíveis alternativas de marcação em peças plásticas. Realizaram-se visitas em empresas que já utilizam rastreabilidade em produtos plásticos e metálicos; analisaram-se as identificações nas peças plásticas dos concorrentes fornecidas ao mesmo cliente; e solicitou-se a opinião dos clientes – de modo informal – sobre as lacunas existentes no atual processo de rastreabilidade.

Utilizando-se como base a revisão sistemática da literatura, foram identificadas preliminarmente as seguintes alternativas: i) RFID; ii) QR code; iii) código de barras; iv) fita adesiva alto relevo; v) saco plástico impresso; vi) laser; e vii) carimbo de gravação. No entanto, em uma análise da identificação dos produtos dos concorrentes da empresa estudada, verificou-se a utilização de etiquetas adesivas coladas nas partes internas e não aparentes dos produtos comercializados. Nessa análise, não foi verificado o uso de identificações como RFID; *QR CODE*, fita adesiva alto relevo, saco plástico impresso, gravação a laser ou carimbo de gravação nos produtos, embora também possam ser consideradas alternativas viáveis.

A utilização de etiquetas adesivas possui alguns pontos positivos, tais como: i) o baixo custo de operacionalização; ii) a facilidade de colagem da etiqueta no produto; iii) o acompanhamento das linhas (curvatura) do produto; e iv) a não agressão ao produto, mantendo intactas sua função estética e sua resistência mecânica. Porém, ao mesmo tempo, citam-se alguns pontos de vulnerabilidade dessa alternativa de identificação das peças, como por exemplo: i) a baixa certeza de permanência da identificação ao longo da garantia do produto (Figura 36); ii) a remoção ou descolagem da identificação durante o processo produtivo ou no campo; iii) o comprometimento da identificação caso o produto requeira pintura ou lixamento; e iv) a impossibilidade da leitura em caso de deterioração da identificação.

Figura 36 - Etiqueta adesiva de rastreabilidade



Fonte: arquivos da empresa (2018).

Quanto ao RFID, destaca-se a precisão da rastreabilidade a título de monitoramento do produto/processo durante a fabricação do mesmo, porém, o elevado custo de implementação – se comparado às demais opções - e a necessidade de fixação da etiqueta ao produto comprometem seu êxito. A opção de marcação *QR code* no produto assemelha-se à gravação a laser, com benefícios como a durabilidade da identificação, porém, a impressão em peças com curvaturas acentuadas; a dificuldade de operação em produtos com tamanho pequeno; e a agressão do substrato em que será realizada a marcação - comprometimento do produto - caracterizam barreiras ao sucesso dessa alternativa.

Tratando-se da etiqueta com código de barras, citam-se como fatores positivos os baixos custos de implementação e operação, se comparados com as demais alternativas, além da mínima agressão ao produto. Porém, a durabilidade da identificação, considerando as operações que o produto sofrerá no processo e a sua utilização em campo, destaca-se como ponto negativo.

A fita adesiva em alto relevo apresenta características similares às da etiqueta com código de barras. No entanto, possui um diferencial quanto à integridade da identificação em produtos que sejam expostos a processos de pintura, já que a marcação permanece legível devido ao alto relevo.

Analisando-se o saco plástico impresso, salientam-se os baixos custos de implementação e operação, uma vez que este serve como embalagem do produto. Porém, a confiabilidade da rastreabilidade é questionada, devido às remoções e colocações dos produtos nos sacos plásticos ao longo das diferentes operações. O fato negativo mais relevante dessa opção é o término da rastreabilidade quando o cliente remove o saco plástico para utilização do produto.

O carimbo de gravação demonstra-se uma alternativa de baixo custo de implementação e operação, além de apresentar maior durabilidade da identificação se comparado às etiquetas. Um ponto relevante a ser considerado nessa ferramenta de rastreabilidade é o grau de comprometimento do produto decorrente da marcação, o que justifica a elaboração de testes laboratoriais. Nesse sentido, para subsidiar a análise do desempenho dessa alternativa, foi realizado o teste de flexão, considerando a tensão e o módulo de elasticidade para tais análises. Os testes realizados ocorreram em corpos de prova cortados no sentido de extrusão da chapa e no sentido oposto da extrusão para verificar a interferência do processo nas propriedades avaliadas. Tomaram-se como referência os corpos 'sem' gravação e observou-se a interferência da gravação na tensão e no módulo de elasticidade em ambos os sentidos, se comparados aos corpos de prova. Em todos os testes a perda de desempenho após a marcação foi inferior a 8%. Além disso, como a área de marcação do carimbo representa 0,108% da área total da menor peça produzida e 0,00694% da maior peça produzida, essa perda pode ser considerada aceitável.

Essas sete alternativas de identificação dos produtos (RFID; QR *code*; código de barras; fita adesiva alto relevo; saco plástico impresso; laser; e carimbo de gravação) foram comparadas em quatro critérios definidos pela direção e pela equipe de métodos e processos da organização: i) custo de implementação; ii) custo operacional; iii) durabilidade da identificação; e iv) comprometimento do produto.

Entende-se por custo de implementação os valores monetários necessários à aquisição e instalação dos recursos necessários ao funcionamento de cada respectiva, por exemplo, computadores ou similares, infraestrutura de instalação, impressora, treinamento, entre outros. Já os custos de operação do sistema referem-se à manutenção preventiva e corretiva da alternativa e aos gastos com etiquetas e/ou tinta de impressão (se necessários). A durabilidade da identificação, por sua vez, diz respeito à sua capacidade de se manter íntegra durante o tempo de garantia do produto, suportando a ação de agentes como tinta, álcool, poeira, óleos e graxas sobre a identificação. E o nível de comprometimento do produto remete à interferência da marcação na resistência mecânica e no *design* do produto.

Considerando-se as alternativas e critérios elencados, aplicou-se um modelo multicriterial para apoiar a escolha da melhor alternativa. Para tanto, a ferramenta utilizada foi o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e sua aplicação foi operacionalizada por meio do software 123AHP.

O AHP é utilizado como ferramenta de suporte em processos de tomada de decisões complexas por meio da comparação paritária de critérios pré-estabelecidos, permitindo a

verificação da opção mais conveniente à situação em análise (VISANI et al. 2015). Segundo Martins, Souza e Barros (2009), o AHP encontra-se alicerçado no modelo newtoniano e cartesiano de pensar, o qual busca analisar os problemas por meio de sua decomposição e divisão em fatores, até o atingimento de um menor nível, de forma clara e dimensionável, a fim de permitir a análise e a posterior síntese do problema abordado. O Quadro 7 ilustra as escalas verbais propostas por Saaty para a realização da avaliação dos graus de importância relativa dos fatores e dos graus de preferência relativa dados às alternativas em cada fator (ROCHE; VEJO 2004 e SAATY 2005 apud BADEA et al., 2014).

Quadro 7 - Escala verbal de importância ou preferência relativa

Escala numérica	Escala verbal para importância das alternativas	Escala verbal para a preferência dada às alternativas
1	Ambos elementos são de igual importância	Preferência igual entre as alternativas
3	Importância fraca de um elemento sobre o outro	Preferência fraca de uma alternativa sobre a outra
5	Importância forte de um elemento sobre o outro	Preferência forte de uma alternativa sobre a outra
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro	Preferência muito forte de uma alternativa sobre a outra
9	Importância absoluta de um elemento sobre o outro	Preferência absoluta
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos adjacentes	
1, 1/2, 1/3, 1/4 (...)	Valores recíprocos dos julgamentos efetuados	

Fonte: adaptado de Roche e Vejo (2004) e Saaty (2005 apud BADEA et al., 2014).

Para a aplicação do AHP ao caso em questão, os julgamentos da importância dos critérios e da preferência atribuída a cada alternativa em cada critério foram efetuados conjuntamente pelo diretor responsável pelo projeto de rastreabilidade - com perfil de gestão, formação em administração e atuante na empresa desde a sua fundação (2011) - e pelo engenheiro de métodos e processos da organização - com perfil técnico, graduação em engenharia de produção e com experiência em implementações de sistemas de gerenciamento industrial nos últimos sete anos. Para orientar os decisores e facilitar seus julgamentos, foi previamente elaborado um resumo das alternativas e fatores a serem considerados no processo de tomada de decisão.

Após a primeira rodada de decisão, observou-se que alguns julgamentos não podiam ser considerados válidos, devido às razões de consistência - *consistency ratios* (CR) - obtidas estarem acima do valor máximo sugerido por Saaty (0,10), o que indica julgamentos inconsistentes. Em função disso, foi revisado o processo para identificar e corrigir os julgamentos inconsistentes, gerando um modelo coerente com o parâmetro indicado na literatura (CR≤0,10), com razões de consistência (CR) variando de 0,0784 a 0,0964 nas diferentes matrizes de avaliação paritária geradas.

A Tabela 8 apresenta os resultados normalizados dos graus de importância dos critérios atribuídos pelos decisores.

Tabela 8 - Graus de importância atribuídos aos critérios

Critérios	Graus de importância (valores normalizados)
Menor custo de implementação	4,5%
Menor custo operacional	12,2%
Maior durabilidade da identificação	41,7%
Menor comprometimento do produto	41,7%

Fonte: Autor (2018).

Os critérios de maior importância atribuída pelos decisores foram a ‘maior durabilidade da identificação’ e o ‘menor comprometimento do produto’, ambos com importância de 41,7%. Esses critérios, somados, representam 83,4% dos graus de importância a serem considerados nas análises das alternativas de identificação dos produtos.

A Tabela 9, por sua vez, apresenta os resultados normalizados dos graus de preferência atribuídos às alternativas em cada critério. Os julgamentos paritários que geraram os resultados da Tabela 9.

Tabela 9 - Graus de preferência atribuídos às alternativas em cada critério

Alternativas	Preferência atribuída (valores normalizados)			
	Menor custo de implementação	Menor custo operacional	Maior durabilidade da identificação	Menor comprometimento do produto
RFID	2,5%	3,3%	9,4%	8,8%
QR Code	3,6%	4,6%	22,4%	3,2%
Código de barras	12,7%	13,3%	3,2%	23,1%
Fita adesiva alto relevo	25,8%	11,8%	4,1%	27,7%
Saco plástico impresso	26,8%	19,4%	2,2%	30,6%
Laser	3,7%	2,2%	25,0%	2,2%
Carimbo de gravação	24,9%	45,5%	33,6%	4,4%

Fonte: Autor (2018).

Analisando-se a Tabela 9, observa-se que o ‘saco plástico impresso’, a ‘fita adesiva alto relevo’ e o ‘carimbo de gravação’ são as alternativas preferidas no que se refere ao ‘menor custo de implementação’. Já no que diz respeito ao ‘menor custo operacional’, destaca-se como melhor opção o ‘carimbo de gravação’, com 45,5% da preferência atribuída. Tratando-se da ‘maior durabilidade da identificação’, observam-se as alternativas de marcação física nas peças como sendo as mais adequadas, com destaque para o ‘carimbo de gravação’ (33,6%); laser (25,0%); e ‘QR code’ (22,4%), os quais somados representam 81% da preferência atribuída pelos decisores. Cenário inverso ao da durabilidade da identificação é visualizado no ‘menor comprometimento do produto’, em que o destaque é a identificação através do ‘saco plástico impresso’ (30,6%), seguido pela ‘fita adesiva alto relevo (27,7%) e

pela identificação por meio de ‘código de barras’ (23,1%), os quais somados representam 81,4% da preferência atribuída pelos decisores.

A Tabela 10 apresenta o valor global normalizado das alternativas, considerando-se o grau de importância de cada critério e os graus de preferência atribuídos a cada alternativa em cada critério.

Tabela 10 – Valor global normalizado por alternativa

Alternativas	Resultados finais normalizados
RFID	8,1%
QR Code	11,4%
Laser	11,8%
Código de barras	13,1%
Fita adesiva alto relevo	15,8%
Saco plástico impresso	17,3%
Carimbo de gravação	22,5%

Fonte: Autor (2018).

Observa-se na Tabela 10 que o carimbo de marcação foi, dentre as sete alternativas avaliadas, a melhor opção pela ótica dos decisores, correspondendo a 22,5% da preferência global atribuída. Um aspecto importante a ser considerado na viabilidade dessa alternativa é a garantia de que não sejam comprometidos os produtos, uma vez que o ‘carimbo de gravação’ apresentou baixo grau de preferência nesse critério. Nesse sentido, os resultados dos testes laboratoriais apresentados anteriormente proveem evidências de que essa alternativa de marcação de produtos pode ser utilizada.

4.2.2 Detalhamento da alternativa a ser implementada

Primeiramente, foram definidas as seguintes informações necessárias à identificação para o atendimento das demandas previstas com a rastreabilidade: i) data de fabricação; ii) número sequencial de produção; e iii) número da máquina termofomadora. A operação em que deverá ocorrer a marcação no produto será a termofomagem, ou seja, a primeira operação de transformação da chapa plástica em produto em processo. Abaixo é ilustrado o formato da marcação.

N D D M M A A S S S

Onde:

‘N’ corresponde ao número da máquina termofomadora;

‘D’ é o dia do mês;

‘M’ é o mês;

‘A’ é o ano; e

‘S’ é a sequência de operação.

A sequência de operação ‘S’ foi definida em três dígitos devido ao menor tempo de ciclo da operação de termoformagem ser de 2,4 minutos e ao tempo médio de produção unitário ser de 3,7 minutos. Tomando-se esse tempo médio como referência (3,7 minutos), não executando *set up* e a empresa operando 24 horas por dia, tem-se capacidade produtiva de aproximadamente 16,22 peças por hora ou 389,28 peças por dia. E tomando-se como referência o cenário do menor tempo de operação de termoformagem atual (2,4 minutos), podem-se produzir sob as mesmas condições anteriormente elencadas aproximadamente 600 peças por dia. Portanto, a capacidade de marcação (999) mostra-se adequada às atuais operações da empresa.

A seguir, foram analisadas três opções de implementação da alternativa escolhida (carimbo de gravação): i) dispositivo manual com resistência e carimbo acoplado; ii) carimbo semiautomático / manual com sequenciamento manual; e iii) carimbo semiautomático / manual, com suporte de apoio e modo de sequenciamento automático.

Para a análise do dispositivo manual com resistência e carimbo acoplado, primeiramente criou-se um piloto, sendo este composto por uma base de cobre com resistência embutida, com temperatura de aquecimento controlada por potenciômetro, nas dimensões de 28 x 75 mm, conforme Figura 37.

Figura 37 – Base de cobre com resistência aquecida

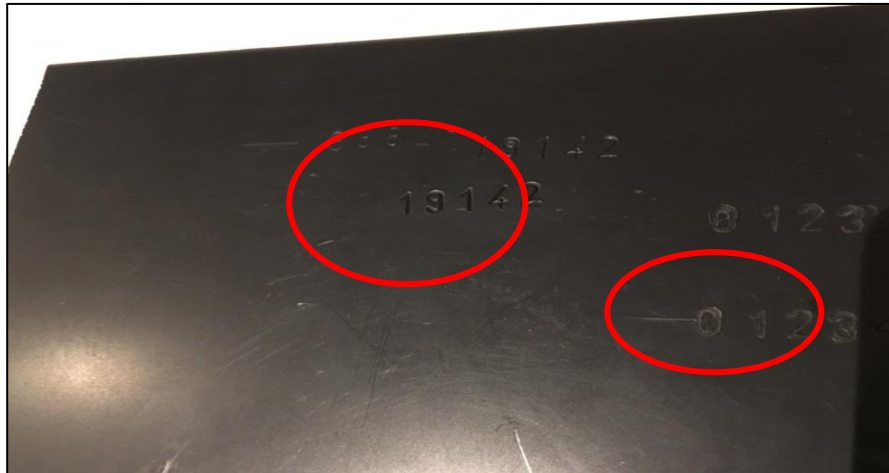


Fonte: Autor (2018).

Evidenciaram-se nessa alternativa alguns empecilhos como: i) dificuldade de fixação do carimbo na base de cobre; ii) peso da parte móvel de 3,6 kg inapropriado à marcação, devido a questões de ergonomia e manuseio; e iii) impossibilidade de sequenciamento

automático do número sequencial. Explicitado o insucesso da etapa anterior, contactou-se um fornecedor que produz carimbos para gravação em baterias, o qual foi localizado mediante busca na internet e enviou-se a este o desenho esquematizado do carimbo e um corpo de prova de chapa de ABS em que deveria ocorrer a marcação. Em posse da amostra, o fornecedor realizou o teste de marcação em laboratório ‘com’ e ‘sem’ aquecimento do carimbo (Figura 38).

Figura 38 – Temperatura chapa de ABS para gravação

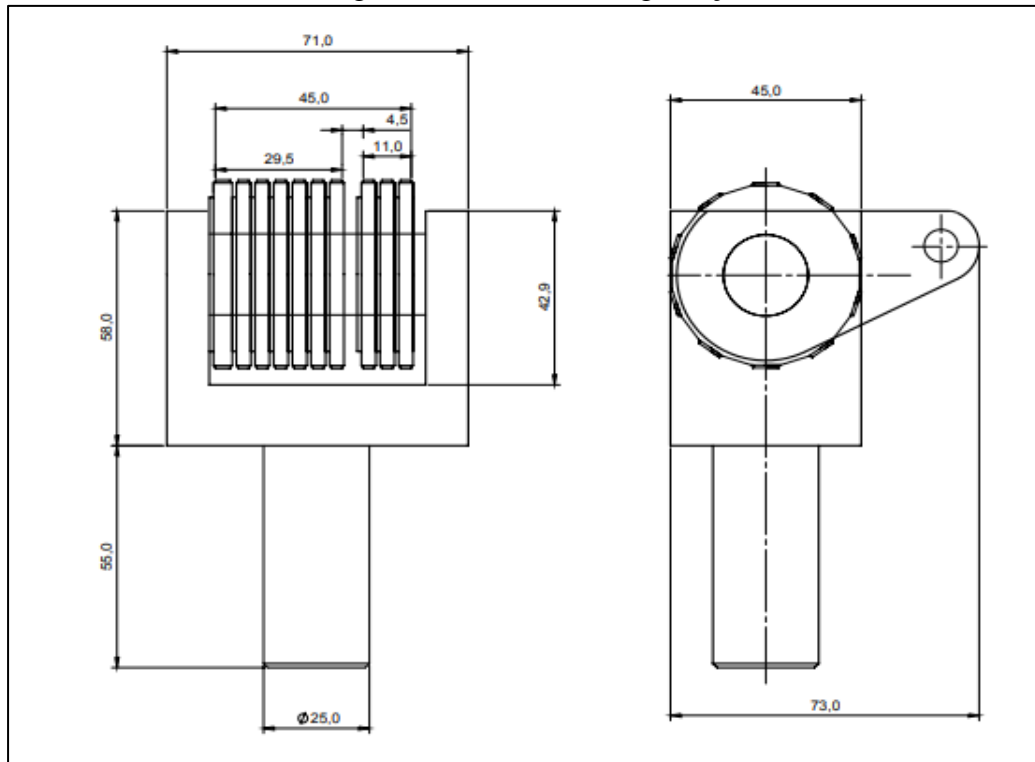


Fonte: Autor (2018).

Após o recebimento da amostra, analisou-se a legibilidade da identificação. Observa-se no destaque superior à esquerda a marcação realizada sem o aquecimento do carimbo e, no destaque inferior à direita, a marcação com o carimbo aquecido. Nota-se a melhor legibilidade na identificação sem o aquecimento do carimbo.

Sendo assim, confeccionou-se o carimbo com a disposição semiautomática, em que os campos ‘dia’, ‘mês’, ‘ano’ e ‘número da máquina’ são ajustados no início do dia de modo manual e o campo ‘sequenciamento’ é definido de modo manual a cada toque na peça. Ilustra-se na Figura 39 o carimbo confeccionado, no qual se observam sete roldanas fixas, à esquerda, e três roldanas automáticas, à direita.

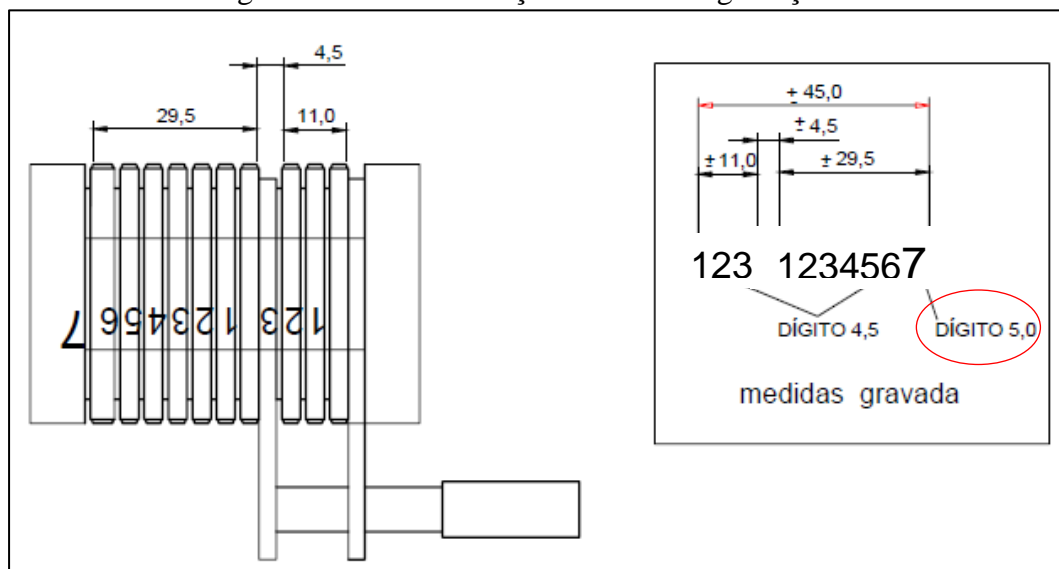
Figura 39 – Carimbo de gravação



Fonte: Autor (2018).

A Figura 40 ilustra a largura dos números, atentando para o detalhe do número '7', este com largura proposital de 5,0 mm. Tal diferença aos demais números (4,5 mm) é para possibilitar personalização e segurança à rastreabilidade, minimizando a probabilidade de cópia pelos concorrentes, havendo a tendência de confecção de algo similar com uniformidade nos tamanhos dos números.

Figura 40 – Personalização carimbo de gravação



Fonte: Autor (2018).

Quando foi recebido o carimbo - sem o sistema de resistências - aqueceram-se na termoformadora três chapas plásticas de ABS com 4,0 mm de espessura a temperaturas máximas dos corpos de prova de 281°C; 284°C e 288°C e realizou-se o ciclo de termoformagem. Observou-se que as peças, após etapa de resfriamento, encontravam-se com as temperaturas máximas de 69,3°C; 74,1°C e 78,6°C, respectivamente (Figura 41).

Figura 41 – Temperatura chapa de ABS para gravação

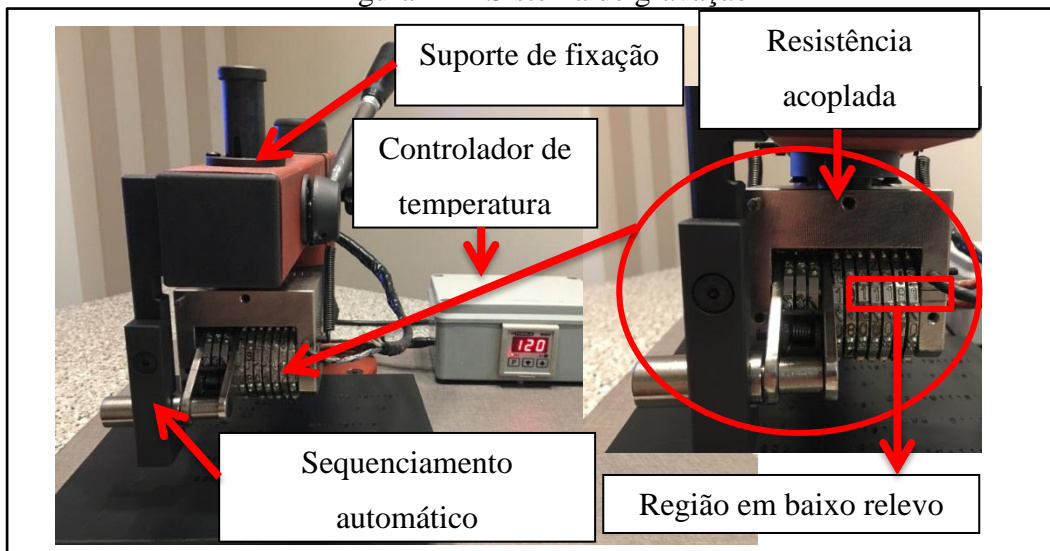


Fonte: Autor (2018).

Imediatamente, realizou-se a marcação com o carimbo na parte inferior da peça e o resultado foi insatisfatório: a marcação não ocorreu e o número sequencial de cada peça, feito de modo manual pelo operador, gerava a possibilidade de erros de marcação. O não êxito dessa opção deveu-se ao fato de o teste de laboratório ter sido realizado no fornecedor sobre uma superfície plana e em uma chapa também plana, não traduzindo o processo real.

Desta forma, enviou-se novamente o carimbo ao fornecedor para a realização das seguintes alterações: i) incremento de sistema de resistência acoplada; ii) suporte de fixação; e iii) visualização em baixo relevo dos números a serem marcados (Figura 42).

Figura 42 – Sistema de gravação



Fonte: Autor (2018).

Embora tenha havido a tentativa de realizar a marcação sem o aquecimento do carimbo, para evitar a utilização de energia elétrica, notou-se a necessidade de aquecer o mesmo, devido ao fato de as peças não poderem sofrer impactos no ato da gravação. A temperatura da resistência acoplada ao carimbo foi regulada em 120°C.

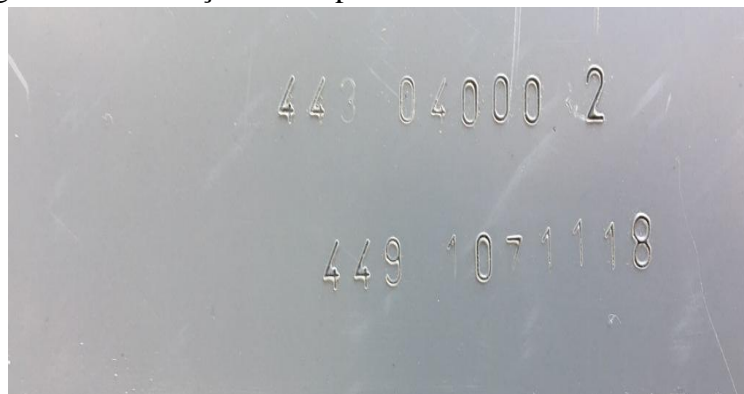
Como futuro aprimoramento, pode-se analisar a possibilidade de acoplamento do carimbo à máquina termoformadora, com o mesmo sendo fixado na própria estrutura da máquina. Com isso, ao início do ciclo de resfriamento, carimbo seria acionado mediante atuação pneumática, realizando assim a marcação na peça.

4.2.3 Testes práticos e laboratoriais

Os testes descritos a seguir visam verificar o momento ideal para a gravação durante o processo de termoformagem a fim de garantir a legibilidade dos números e reduzir o comprometimento do produto quanto a tensão e módulo de elasticidade no ensaio de flexão após a gravação, tomando-se como referência os corpos de prova ‘sem’ marcação.

Primeiramente, realizou-se a gravação na chapa de ABS antes do processo de termoformagem. Em seguida, encaminhou-se a mesma ao forno da termoformadora, no qual o pico de temperatura evidenciado deu-se aos 382°C. A chapa na qual o teste foi realizado possui as seguintes características: i) resina de ABS; ii) espessura de 4,0 mm; iii) coloração cinza claro; e iv) superfície lisa (Figura 43).

Figura 43 – Gravação na chapa de ABS antes da termoformagem



Fonte: Autor (2018).

Observa-se na Figura 43 que a gravação em formato de baixo relevo é legível. A Figura 44 ilustra o efeito do calor sobre a gravação após o processo de resfriamento.

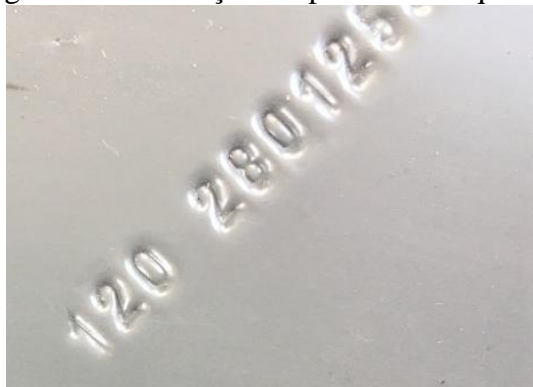
Figura 44 – Resultado gravação chapa de ABS após termoformagem



Fonte: Autor (2018).

Nota-se na Figura 44 o quase que total desaparecimento da gravação após a chapa ter sido submetida ao processo de aquecimento, demonstrando assim o insucesso da gravação nesta etapa. Realizou-se outro teste, no qual se aqueceu a chapa a 382°C e então conferiu-se a gravação a 362°C (Figura 45).

Figura 45 – Gravação chapa de ABS aquecida



Fonte: Autor (2018).

Observa-se na Figura 45 a legibilidade da identificação, porém, cita-se a inexistência da etapa do resfriamento, o que não condiz com o processo atual, conforme anteriormente descrito. Sendo assim, conclui-se que a gravação deve ocorrer após a peça ter sido termoformada.

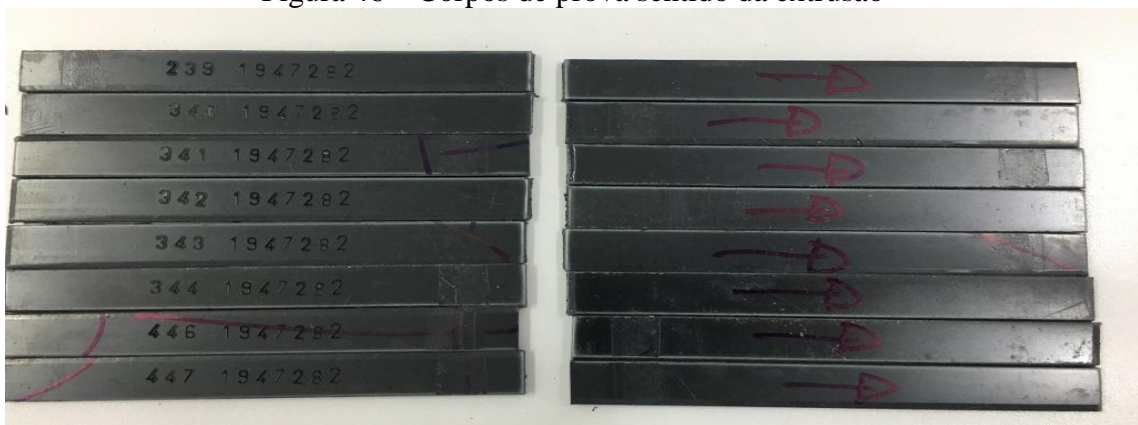
Em seguida, analisaram-se as eventuais aplicações dos produtos produzidos pela empresa a fim de corroborar com a escolha do teste de laboratório mais condizente a tal cenário. Após análise, optou-se pela realização do ensaio de flexão. Objetiva-se com esse ensaio verificar o impacto da gravação nos corpos de prova quanto à tensão e ao módulo de elasticidade, considerando como referência os corpos de prova ‘sem’ marcação para os sentidos de extrusão e oposto à extrusão.

O método de ensaio utilizado foi a Resistência à Flexão ASTM D790 200Kgf, realizado no laboratório de polímeros da Universidade de Caxias do Sul, com número de acreditação no INMETRO CRL 0440. Encontram-se no Apêndice B os relatórios dos ensaios realizados. Inicialmente, identificou-se na chapa a ser cortada o sentido de extrusão para então ser realizado o corte dos corpos de prova.

Em seguida, cortaram-se 32 corpos de prova de ABS preto liso, com as dimensões de 4,0 mm de espessura x 127 mm de comprimento x 12,7 mm de largura, sendo assim identificados: i) oito corpos de prova no sentido da extrusão ‘sem’ gravação; ii) oito corpos de prova no sentido da extrusão ‘a sofrerem’ gravação; iii) oito corpos de prova no sentido oposto da extrusão ‘sem’ gravação; e iv) oito corpos de prova no sentido oposto da extrusão ‘a sofrerem’ gravação.

Considerou-se o sentido de extrusão da chapa nos testes a fim de permitir a verificação de interferência dessa variável quando as amostras são expostas ao processo gravação. Posteriormente, realizou-se a gravação nos corpos de prova, conforme Figuras 46 e 47.

Figura 46 – Corpos de prova sentido da extrusão



Fonte: Autor (2018).

Figura 47 – Corpos de prova sentido oposto da extrusão



Fonte: Autor (2018).

Frente aos oito corpos de prova disponibilizados ao laboratório, descartou-se aleatoriamente um destes e testaram-se os demais. Por convenção utilizada pelo laboratório de polímeros no qual os testes foram realizados, para fins de análise, excluíram-se os valores máximos e mínimos evidenciados nos ensaios, concentrando-se assim a análise em cinco amostras.

Analisaram-se a ‘tensão máxima (Mpa)’ e o ‘módulo de elasticidade (Mpa)’ quanto ao ensaio de flexão, uma vez que esses parâmetros permitem uma maior aproximação da atual exposição dos produtos fabricados pela empresa. Os resultados dos testes de tensão obtidos para corpos de prova com e sem gravação, no sentido da extrusão e no sentido oposto da extrusão, são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados dos testes de tensão (Mpa)

Amostra	Sentido da extrusão sem gravação	Sentido da extrusão com gravação	Sentido oposto da extrusão sem gravação	Sentido oposto da extrusão com gravação
1	50,17	45,06	49,64	46,75
2	50,20	46,44	50,92	47,22
3	50,21	47,69	51,63	48,30
4	50,36	47,99	51,72	48,51
5	51,18	48,01	51,91	49,86
Média	50,424	47,038	51,164	48,128
Desvio Padrão	0,429	1,279	0,931	1,214

Fonte: Autor (2018).

Observam-se na Tabela 11 desempenhos inferiores nos testes de tensão para os corpos de prova com gravação, tanto no sentido da extrusão quanto no sentido oposto. Observa-se também um maior desvio padrão dos resultados obtidos após a gravação.

Tomando como base a Tabela 11, foram comparados os desempenhos nos testes de tensão das amostras com e sem gravação, no sentido da extrusão e no sentido oposto da extrusão. Para tanto, foi utilizado o teste t de *student* presumindo variâncias diferentes entre as amostras. Os resultados obtidos permitem afirmar que há diferenças estatisticamente significantes a pelo menos 99,7% entre os desempenhos nos testes de tensão das amostras com e sem gravação, tanto no sentido da extrusão quanto no sentido oposto. Os resultados desses testes estatísticos são apresentados no Apêndice C.

Os resultados dos testes de elasticidade obtidos para corpos de prova com e sem gravação, no sentido da extrusão e no sentido oposto da extrusão, são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Média e desvio padrão do módulo de elasticidade (Mpa)

Amostra	Sentido da extrusão sem gravação	Sentido da extrusão com gravação	Sentido oposto da extrusão sem gravação	Sentido oposto da extrusão com gravação
1	1916,10	1809,70	1920,90	1871,40
2	1939,00	1823,50	1936,20	1908,50
3	1943,10	1838,60	1961,20	1913,80
4	1949,80	1861,60	1966,90	1919,10
5	1963,00	1909,30	1973,20	1923,30
Média	1942,20	1848,54	1951,68	1907,22
Desvio Padrão	17,19	39,04	22,21	20,78

Fonte: Autor (2018).

Da mesma forma que nos testes de tensão, observam-se na Tabela 12 desempenhos inferiores nos testes de elasticidade para os corpos de prova com gravação, tanto no sentido da extrusão quanto no sentido oposto. No entanto, quanto à variabilidade, observou-se um maior desvio padrão dos resultados obtidos após a gravação no sentido da extrusão e um menor desvio padrão dos desempenhos dos corpos de prova com marcação no sentido oposto da extrusão.

Tomando como base a Tabela 12, foram comparados os desempenhos nos testes de elasticidade das amostras com e sem gravação, no sentido da extrusão e no sentido oposto da extrusão, utilizando-se o teste t de *student* para variâncias diferentes. Os resultados obtidos permitem afirmar que há diferenças estatisticamente significantes a pelo menos 98,8% entre os desempenhos nos testes de elasticidade das amostras com e sem gravação, tanto no sentido da extrusão quanto no sentido oposto. Os resultados desses testes estatísticos são apresentados no Apêndice D.

Apesar de haver diferença no desempenho dos corpos de prova após a marcação, tanto nos testes de tensão quanto nos de elasticidade, pode-se afirmar que a mesma não afetará a integridade dos produtos. Essa constatação baseia-se em três fatores, devidamente verificados junto à empresa: i) o *grade* da resina de ABS utilizado possui propriedades mecânicas superiores aos considerados *standard*, fato comprovado pela inexistência histórica de problemas em campo, como quebra de produto; ii) a marcação será feita em áreas das peças com maior espessura de material; e iii) a fabricação pelo processo de *vacuum forming* resulta em espessuras variadas em diferentes pontos de uma peça, de acordo com o estiramento da chapa no molde - isso significa que a diferença de espessura resultante da marcação do produto é menos significativa que a própria variabilidade das espessuras em diferentes pontos da peça.

4.3 POTENCIAIS RESULTADOS DA RASTREABILIDADE NA EMPRESA

No Quadro 8 são apresentados os aspectos da rastreabilidade passíveis de mensuração pela empresa. Destacam-se no referido quadro as atividades passíveis de mensuração, o status atual, os problemas de qualidade absorvidos pela empresa devido à inexistência da rastreabilidade e os impactos financeiros incorridos no período de 08/2017 a 07/2018, tomando-se como base os dados contidos no relatório de não conformidade associado ao Sistema de Gestão da Qualidade da empresa.

Quadro 8: Mensuração do atual cenário e seus impactos

Atividades	Status atual	Problemas de qualidade absorvidos pela empresa devido à inexistência de rastreabilidade	Impactos financeiros em R\$ de 08/2017 a 07/2018
Identificar o fornecedor de matéria prima	Presente em 10% das chapas recebidas devido à embalagem adotada pelo fornecedor	Problemas de qualidade na matéria prima	R\$ 98.572,05
Identificar o receptor da matéria prima	Inexistente	Falha no processo de inspeção na matéria prima/ recebimento	R\$ 36.154,55
Garantir o cumprimento da lógica <i>FIFO</i> nas matérias primas que a requeiram	Presente em 30% das matérias primas recebidas	Não cumprimento do critério FIFO	R\$ 74.009,02
Identificar o operador de corte da chapa extrusada (etapa que antecede a termoformagem)	Inexistente	Problemas de qualidade na operação de corte	R\$ 13.785,07
Identificar a máquina termoformadora	Inexistente	Problemas de qualidade na operação de termoformagem	R\$ 8.887,06
Identificar a data de produção para permitir garantia do produto	Inexistente		R\$ 3.258,14
Identificar as informações pertinentes ao processo de pintura (fornecedor de tinta, número do lote, tempo de viscosidade, preparador de tinta e pintor)	Inexistente	Problemas de qualidade no processo de pintura	R\$ 77.541,36
Identificar o operador de corte (corte com fresa – etapa posterior à termoformagem)	Inexistente	Não mensurado	R\$ 33.625,07
Mensurar o tempo de resposta de problemas internos e externos	Inexistente	Não mensurado	Não mensurado
Mensurar o tempo de localização (<i>recall</i>)	Inexistente	Não mensurado	Não mensurado
Mensurar o nível de satisfação de clientes	Última pesquisa anual aplicada conforme curva ABC de fatura aos clientes que representaram	Não aplicável	Não aplicável

	50% do faturamento		
Avaliar a eficácia do sistema de rastreabilidade	Inexistente	Não mensurado	Não mensurado

Fonte: Autor (2018).

Devido à inexistência de rastreabilidade, observa-se um montante financeiro absorvido pela empresa de R\$ 345.832,32 em um período de 12 meses. A incapacidade de identificar o fornecedor de matéria prima correspondeu a 28,50% do impacto financeiro mensurado, seguida pelos problemas oriundos da pintura, com uma representatividade de 22,42%. A resina de ABS, utilizada na confecção de 88,6% dos produtos produzidos pelo processo de *vacuum forming*, é extremamente sensível à umidade. Estando as chapas úmidas, a incidência de problemas de qualidade no processo de termoformagem é elevada. A não realização do *FIFO* das chapas extrusadas, em condições climáticas dotadas de umidade, acarreta incremento no tempo de estufagem das mesmas ou impossibilidade de produção devido a manchas, sendo a disposição final a moagem. A identificação das chapas extrusadas permite a checagem da realização do *FIFO*, bem como a identificação do funcionário que recebeu os materiais.

Pode ser citada também a correta realização das atividades de inspeção a fim de permitir, em caso de divergências, ações rápidas junto aos fornecedores ou responsáveis. Matérias primas inspecionadas de modo incorreto geram custos de substituição de lote durante o processo produtivo; comprometimento do atendimento das características especificadas; eventuais atrasos de produção; prejuízos financeiros decorrentes de espessuras acima das especificadas, dentre outros problemas. A implementação da rastreabilidade contribui para a identificação assertiva dos responsáveis.

As chapas extrusadas não adquiridas nas dimensões do molde sofrem a operação de corte em serra circular. O operador segue as especificações contidas no ‘plano de corte’ para que ocorra a otimização da chapa plástica. Há, nessa operação, a possibilidade de erros pelo não cumprimento do especificado no ‘plano de corte’. Os prejuízos decorrentes desses erros são evidentes, uma vez que tamanhos menores não podem ser utilizados e tamanhos maiores tendem a comprometer o próximo corte. A mensuração dessas perdas e dos responsáveis encontra-se atrelada à rastreabilidade.

Deve-se considerar a compatibilidade de produção em diferentes máquinas termofomadoras para a mesma peça. Por meio da identificação haverá condições de identificar o equipamento no qual a peça foi produzida; mensurar o refugo oriundo do mesmo; atuar sobre os problemas identificados; e redefinir os parâmetros do processo, dentre outros benefícios.

A responsabilidade por problemas de qualidade em peças não rastreadas, as quais se encontram em garantia, atualmente, por questões comerciais, é aceita pela organização. Com a rastreabilidade, será possível criar critérios objetivos para aceitar ou não essa responsabilidade.

Há aquisições da mesma matéria prima de diferentes fornecedores (chapas de ABS, por exemplo). Após a remoção das embalagens utilizadas no transporte desses materiais, não é mais possível identificar o fornecedor. Isso gera equívocos de abertura de não conformidades a fornecedores incorretos, bem como a absorção de prejuízos pela empresa pela impossibilidade de comprovação dos fatos, devido à não utilização da rastreabilidade.

Tratando-se do processo de pintura, cita-se a importância da identificação do fornecedor da tinta, número do lote, tempo de viscosidade, formulação utilizada (catálise e diluição), nome do preparador e do pintor, bem como a data de pintura e outros pontos passíveis de controle como ferramentas de segurança à empresa e ao cliente. Além da questão estética, a pintura exerce importante papel na proteção do ABS contra raios ultravioleta. Os tempos de resposta a problemas ocorridos internamente ou em campo geram custos desnecessários. No âmbito externo, há a possibilidade de devolução de lotes; pagamento de indenizações; abalo nas relações comerciais; não desenvolvimento de novos produtos; dentre outros problemas. Já sob o aspecto interno a não suspensão de produção de produtos com problemas de qualidade em algum centro de trabalho e a possibilidade de envio de peças defeituosas aos clientes também geram custos desnecessários, os quais podem ser minimizados com a rastreabilidade.

Embora o índice de satisfação dos clientes seja um dos indicadores do Sistema de Gestão da Qualidade, atualmente não há um quesito relacionado ao sentimento de segurança percebido pelo cliente devido à rastreabilidade nos produtos adquiridos. Sendo assim, sugere-se incluir na pesquisa de satisfação dos clientes - a qual é aplicada conforme curva ABC aos clientes que representaram 50% do faturamento no ano avaliado - uma questão capaz de mensurar o sentimento de segurança devido à utilização da rastreabilidade.

Através do processo de auditoria é possível mensurar a eficácia da ferramenta de rastreabilidade. Após definidos os materiais/processos rastreáveis serão criados níveis, considerando-se a expedição como sendo o último nível e retrocedendo-se ao nível inicial (origem). Conforme a quantidade de operações intermediárias rastreáveis, define-se cada ponto de rastreabilidade como sendo um nível. Por exemplo, se a empresa possui cinco pontos de rastreabilidade, pode-se dizer que há cinco níveis, em que a expedição é o 'nível 5' e o recebimento o 'nível 1'. Realizando-se a auditoria a partir do 'nível 5' e atingindo-se o 'nível

1º de modo íntegro, conclui-se que a empresa se encontra com um índice de rastreabilidade de 100%; atingindo o ‘nível 2’, entende-se uma eficiência de 80%; e assim sucessivamente. Dessa forma, por meio da metodologia de auditoria, é criado um indicador que permite monitorar a rastreabilidade em seus diferentes pontos, bem como estabelecer ações corretivas em caso de necessidade.

Todas essas atividades serão implementadas e monitoradas a fim de possibilitar o atendimento dos objetivos internos e externos da rastreabilidade anteriormente elencados e a geração da economia projetada. O valor economizado com a eliminação das perdas decorrentes da inexistência da rastreabilidade pode ser aplicado em investimentos, capital de giro, reserva, pesquisa ou outra opção a ser escolhida pela empresa.

As etapas da rastreabilidade apresentadas no método desta dissertação – planejamento, implementação, monitoramento e avaliação de resultados – podem ser consideradas como um modelo para a aplicação prática da rastreabilidade tanto no processo proposto (*vacuum forming*) como em iniciativas futuras, tanto na empresa estudada quanto em outras organizações. Na presente dissertação foi desenvolvido o modelo de rastreabilidade e foi integralmente concluída a etapa de planejamento, conforme descrito no método.

A implementação, por sua vez, ocorreu de modo parcial, tendo sido efetivamente desenvolvidas as atividades de mapeamento do processo de *vacuum forming*; definição das etapas do processo produtivo que devem ser incorporadas na rastreabilidade; verificação da possibilidade de incorporar a rastreabilidade às atuais operações; e definição do modo de identificação dos produtos. As próximas etapas a serem implementadas referem-se à inserção das informações relativas à rastreabilidade no *Manufacturing Execution System* (MES); ao envolvimento de fornecedores e clientes; e à realização do treinamento da equipe envolvida. Após isso, serão realizadas as etapas de monitoramento e avaliação dos resultados obtidos, conforme previsto no método do trabalho.

5. CONCLUSÕES

Tratando-se de rastreabilidade, cita-se, como um de seus objetivos, a capacidade de retorno à origem de um produto durante seu processo ou quando acabado. Nesse sentido, o modo de identificação é crucial para o êxito da rastreabilidade.

Neste trabalho foi apresentada uma alternativa para rastrear peças plásticas produzidas por meio do processo de *vacuum forming*. A fim de contribuir na prática com a organização na qual o trabalho foi aplicado, foi escolhido como método a pesquisa-ação.

Inicialmente elencaram-se possíveis alternativas de identificação - i) RFID; ii) QR code; iii) código de barras; iv) fita adesiva alto relevo; v) saco plástico impresso; vi) laser; e vii) carimbo de gravação - e então aplicou-se um modelo multicriterial para auxiliar na escolha da melhor alternativa através da ferramenta AHP. Consideraram-se como critérios para tal análise: i) o menor custo de implementação; ii) o menor custo operacional; iii) a maior durabilidade de identificação; e iv) o menor comprometimento do produto. Dentre as alternativas de identificação comparadas sob os critérios utilizados, o melhor resultado final normalizado deu-se no carimbo de gravação (22,5%).

Posteriormente, detalhou-se a alternativa escolhida – carimbo de gravação – e suas evoluções até a efetivação do carimbo com sequenciamento automático aquecido por resistência. Após essa definição, realizaram-se testes para verificar o melhor momento para ocorrer a gravação a fim de manter a legibilidade dos números e reduzir o comprometimento do produto quando exposto à gravação.

Quanto ao momento adequado para realização da marcação, observou-se que este deve ser após a termoformagem. No que tange à verificação do comprometimento do produto, utilizou-se do ensaio de flexão, haja vista este retratar com maior proximidade a aplicação dos produtos produzidos pela empresa. Consideraram-se nesse ensaio, realizado em laboratório, a tensão e o módulo de elasticidade como quesitos a serem avaliados. Conclui-se que a gravação reduziu a tensão e o módulo de elasticidade máximos quando comparados aos corpos de prova ‘sem’ gravação, porém, o resultado demonstra segurança, pois o comprometimento pela gravação é muito baixo quando confrontado com as vulnerabilidades do processo de *vacuum forming*. Além disso, as propriedades mecânicas superiores da resina de ABS utilizada em relação as consideradas *standard*, aliadas a marcação em regiões com espessuras maiores sustentam a alternativa de gravação com carimbo.

A capacidade de retornar origem, a possibilidade de identificar os responsáveis para a tomada de ações assertivas e o baixo comprometimento do produto, aliados aos demais benefícios internos e externos a serem obtidos por meio rastreabilidade, permitirão a redução de perdas à empresa. Essa economia obtida por meio da rastreabilidade poderia ser direcionada a novos projetos, investimentos ou oportunidades de melhorias.

5.1. IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

Além do benefício mensurável da rastreabilidade, no que se refere ao quesito financeiro, a mesma também poderá proporcionar uma evolução cultural da organização e de outros atores pertencentes à sua cadeia de suprimentos. Isso se deve ao fato de que a rastreabilidade potencializa a sinergia entre membros dessa cadeia, tais como fornecedores e clientes.

Internamente, a identificação das peças plásticas produzidas pelo processo de *vacuum forming* será incorporada ao MES, o qual contemplará um campo específico para tal registro. Com isso, informações como a identificação do operador; o número da máquina termoformadora utilizada; a data de produção e outros eventuais apontamentos estarão à disposição da qualidade de modo instantâneo e acurado, possibilitando assim maior velocidade na execução de ações corretivas.

Adicionalmente, os testes e análises realizados até a efetivação do modelo de sequenciamento automático com aquecimento proporcionaram discussões que podem ser consideradas em novos desenvolvimentos, como no que se refere aos cuidados com a cópia de produtos, problema este minimizado pela definição de um dos números com dimensão diferente dos demais.

O ensaio de flexão realizado no laboratório permitiu, além dos resultados acerca dos efeitos na gravação, a visualização de utilização do mesmo para eventuais dúvidas, atualmente tratadas por tentativas subjetivas, isentas de embasamento. Soma-se a tal fato a cogitação de estruturação de um laboratório (a definir equipamentos e estrutura) na empresa a fim de agregar valor ao negócio.

A identificação das peças por meio do modelo proposto tende a contribuir com o aumento de responsabilidade dos fornecedores envolvidos, uma vez que atualmente os prejuízos são absorvidos de modo integral pela organização. A inexistência de rastreabilidade no atual cenário da empresa impossibilita a mensuração de informações relevantes como, por exemplo, informações pertinentes ao processo de pintura e tempo de resposta de problemas

internos e externos. A criação de indicadores para tais citações possibilitará uma assertividade maior e uma melhor otimização do tempo até então despendido.

No âmbito externo, evidencia-se um diferencial competitivo perante os concorrentes analisados, uma vez que as atuais identificações realizadas nos produtos, como etiquetas adesivas, são vulneráveis. Além disso, o atendimento ao prazo de garantia permite segurança aos envolvidos e contribui aos atuais e novos negócios.

O tema ‘rastreadibilidade’ propiciou o debate entre os gestores sobre as atuais ineficiências mensuradas e não mensuradas. A definição do sistema de gravação proposto, após os estudos realizados, irá corroborar com a definição dos responsáveis para que as ações sejam assertivas e ágeis, permitindo assim a alocação dos prejuízos atualmente absorvidos em outras demandas.

5.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Apesar das potenciais contribuições do modelo de rastreadibilidade em peças plásticas produzidas pelo processo de *vacuum forming* proposto à empresa estudada, algumas limitações devem ser ressaltadas. Primeiramente, é importante destacar que o desenvolvimento do carimbo de gravação, responsável pela identificação dos produtos, foi realizado considerando a menor peça atualmente produzida pela empresa, ou seja, 457 x 457 mm. No entanto, em um eventual desenvolvimento de uma peça com dimensões menores do que essa deve-se rever o tamanho do dispositivo de gravação, atentando para a legibilidade dos números. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho estão limitados às dimensões dos produtos consideradas.

Soma-se às limitações anteriormente expostas certa dificuldade de marcação em peças providas de curvas ou raios em que a base do carimbo não seja compatível a título dimensional, uma vez que esta é plana. Para os produtos atualmente produzidos pela empresa não se evidenciaram problemas nesse sentido, porém essa é uma limitação a ser considerada em aplicações futuras.

Sugere-se também a realização de um novo estudo para o acoplamento do carimbo na máquina termoformadora por meio de um cilindro pneumático acionado no início do resfriamento. Com isso, essa operação deixaria de ser realizada de modo manual, minimizando a probabilidade de não identificação da peça, que é uma limitação ainda presente no modelo de rastreadibilidade proposto.

Cita-se também como oportunidade de estudos futuros a aplicação da Lei de Hooke a fim de verificar o ponto no qual o material absorve e dissipa energia sem que ocorra perda de suas propriedades, de modo comparativo entre corpos de prova ‘com’ e ‘sem’ marcação.

No que se refere à literatura, com a revisão sistemática realizada, constatou-se, nos últimos anos, um crescimento do número de publicações sobre rastreabilidade e uma tendência crescente de interesse sobre o tema. Porém, não foram identificadas na base de dados pesquisada publicações referentes à ‘rastreabilidade em peças plásticas produzidas pelo processo de *vacuum forming*’ ou mesmo à ‘rastreabilidade na indústria plástica’. Além de reforçar a contribuição da presente dissertação, essa constatação abre espaço para a realização de novos estudos sobre o tema, com vistas a preencher uma lacuna identificada.

REFERÊNCIAS

- ABIPLAST- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO . Indústria brasileira de transformação e reciclagem de material plástico. **Perfil 2016**. São Paulo, 2017. Disponível em: http://file.abiplast.org.br/file/download/2017/Perfil_2016_Abiplast_web.pdf. Acesso em: 30 apr. 2018
- ALBUQUERQUE, C. F. et al. **Rastreamento de dados na indústria farmacêutica e de alimentos – Parte 1**. Rastreabilidade de Dados. Brasil Intech. Editora ISA/Distrito quatro (América do Sul), Ano VIII, nº 72. 2005.
- ALFARO, J. A.; RÁBADE, L. A. Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry. **International Journal of Production Economics**, v. 118, n. 1, p. 104–110, 2009.
- BADEA, A; PROSTEAN, G; GONCALVES, G; ALLAOUI, H. Assessing Risk Factors in Collaborative Supply Chain with the Analytic Hierarchy Process (AHP). **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 124, p. 114-123, 2014.
- BERGQUIST, B. Traceability in iron ore processing and transports. **Minerals Engineering**, v. 30, p. 44–51, 2012.
- BJORK, A.; ERLANDSSON, M.; HAKLI, J.; JAAKKOLA, K.; NILSSON, A.; NUMMILA, K.; PUNTANEN, V.; SIRKKA, A. Monitoring environmental performance of the forestry supply chain using RFID. **Computers in Industry**, v. 62, n. 8-9, p. 830-841, 2011.
- BJURSTROM, A., POLK, M. Climate change and interdisciplinarity: a co-citation analysis of IPCC third assessment report. **Scientometrics**, v. 87, n. 3, p. 525-550, 2011.
- EBRAHIMI, A. H.; JOHANSSON, P. E. C.; BENGTSSON, K.; ÅKESSON, K. Managing product and production variety - A language workbench approach. In: **Procedia CIRP**, v. 17, p. 338-344, 2014.
- FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total**. São Paulo: Makron Books. 1994.
- FORÅS, E.; THAKUR, M.; SOLEM, K.; SVARVA, R. State of traceability in the Norwegian food sectors. **Food Control**, v. 57, p. 65–69, 2015.
- GALVÃO, J. A.; MARGEIRSSON, S.; GARATE, C.; VIDARSSON, J. R.; OETTERER, M. Traceability system in cod fishing. **Food Control**, v. 21, n. 10, p. 1360–1366, 2010.
- GOSSSEN, E.; ABELE, E.; RAUSCHER, M. Multi-criterial Selection of Track and Trace Technologies for an Anti-counterfeiting Strategy. In: **Procedia CIRP**, v. 57, p. 73-78, 2016.
- GUERCINI, S.; RUNFOLA, A. The integration between marketing and purchasing in the traceability process. **Industrial Marketing Management**, v. 38, n. 8, p. 883–891, 2009.
- KEISER, J., UTZINGER, J. Trends in the core literature on tropical medicine: a bibliometric analysis from 1952-2002. **Scientometrics**, v. 62, n. 3, p. 351-365, 2005.
- MACHADO, R. T. M. Sinais de qualidade e rastreabilidade de alimentos: uma visão sistêmica. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 227-237, 2005.

MARTINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso. **XLI SBPO**, p. 1778-1788, 2009. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo 4.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

MARUCHECK, A.; GREIS, N.; MENA, C.; CAI, L. Product safety and security in the global supply chain: Issues, challenges and research opportunities. **Journal of Operations Management**, v. 29, p. 707-720, 2011.

PEROVANO, D. G. **Manual de metodologia da pesquisa científica** [livro eletrônico]. Curitiba: InterSaberes, 2016.

RAMOS, A. M.; BENEVIDES, S. D.; PEREZ, R.; DIAS, D. F.; REZENDE, P. M. **Manual de rastreabilidade para a cadeia produtiva da manga**. Viçosa: UFV, 2007.

ROCHE, H.; VEJO, C. **Análisis multicriterio en la toma de decisiones**. Métodos Cuantitativos aplicados a la administración. Analisis multicritério – AHP. 2004. Material apoyo AHP, 11 f.

SALTINI, R.; AKKERMAN, R. Testing improvements in the chocolate traceability system: Impact on product recalls and production efficiency. **Food Control**, v. 23, n. 1, p. 221–226, 2012.

SEGURA VELANDIA, D. M.; KAUR, N.; WHITTOW, W. G.; CONWAY, P. P.; WEST, A. A. Towards industrial internet of things: Crankshaft monitoring, traceability and tracking using RFID. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 41, p. 66–77, 2016.

STOROY, J.; THAKUR, M.; OLSEN, P. The TraceFood Framework - Principles and guidelines for implementing traceability in food value chains. **Journal of Food Engineering**, v. 115, n. 1, p. 41–48, 2013.

TEKIN, E. A method for traceability and “as-built product structure” in aerospace industry. In: **Procedia CIRP**, v. 17, p. 351-355, 2014.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TRIPP, D. Action research: a methodological introduction. **Educação e Pesquisa**, v. 31, p. 443–466, 2005.

VEDEL-SMITH, N. K.; LENAU, T. A. Casting traceability with direct part marking using reconfigurable pin-type tooling based on paraffin-graphite actuators. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 31, n. 2, p. 113–120, 2012.

VELOTTI, C.; ASTARITA, A.; LEONE, C.; GENNA, S.; MINUTOLO, C. M. F.; SQUILLACE, A. Laser marking of titanium coating for aerospace applications. **Procedia CIRP**, v. 41, p. 975 – 980, 2016.

VENTURA, C. E. H.; AROCA, R. V.; ANTONIALLI, A. Í. S.; ABRÃO, A. M.; RUBIO, J. C. C.; CÂMARA, M. A. Towards Part Lifetime Traceability Using Machined Quick Response Codes. **Procedia Technology**, v. 26, p. 89–96, 2016.

VISANI, F; BARBIERI, P.; DI LASCIO, F. M.; RAFFONI, A; VIGO, D. Supplier's total cost of ownership evaluation: a data envelopment analysis approach. **Omega**, v. 61, p. 141-154, 2015.

ZHANG, G., XIE, S., HO, Y.-S. A bibliometric analysis of world volatile organic compounds research trends. **Scientometrics**, v. 83, p. 477-492, 2010.

YUGUE, R. T. **Rastreabilidade e transparência – tecnologia em favor da clarividência só pode trazer benefícios**. Sala de imprensa. 2002.

APÊNDICE A – DETALHAMENTO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Seq.	Ano	Autores	Afiliações dos autores	Países	Totalmente Aderente (TA) Parcialmente Aderente (PA) Não Aderente (NA)
1	2015	Mattia Mattevi, Jeffrey A. Jones	University of Warwick	UK	NA
2	2011	Matthias Heyder	University of Goettingen	Germany	NA
		Ludwig Theuvsen			
		Thorsten Hollmann-Hespos	Chamber of Agriculture for Lower Saxony	Germany	
3	2008	Diogo M. Souza Monteiro	University of Kent	UK	NA
		Julie A. Caswell	University of Massachusetts Amherst	USA	
4	2007	Maria Randrup	Technical University of Denmark	Denmark	NA
		Jostein Storøy	SINTEF Fisheries and Aquaculture	Norway	
		Satu Lievonen	Risk Assessment Unit, Finnish Food Safety Authority Evira	Finland	
		Sveinn Margeirsson	Matis ohf – Icelandic Food Research	Iceland	
		Sveinn V. Arnason	Icelandic Fisheries Laboratories	Iceland	
		Dro's í O' lavsstovu	Quality Consulting	Faroe Islands	
		Stina Frosch Møller	SINTEF Fisheries and Aquaculture	Norway	
		Marco T. Frederiksen	SINTEF Fisheries and Aquaculture	Norway	
5	2016	Vijay Kumara	GEMTEX; ENSAIT and Francec Université Lille 1 Sciences et Technologies	France	NA
		Ludovic Koehl			
		Xianyi Zeng			

6	2016	Sultan S. Alqahtani, Ellis E. Eghan, Juergen Rilling	Não especificado.	Não especificado.	NA
7	2016	Xiong Xiong, Priscilla D' Amico, Lisa Guardone, Lorenzo Castigliero, Alessandra Guidi, Daniela Gianfaldoni, Andrea Armani	University of Pisa	Italy	NA
8	2016	Sylvain Charlebois	University of Guelph	Canada	NA
		Anita Schwab, Raphael Henn, Christian W. Huck	Leopold-Franzens University	Austria	
9	2016	C.E.H. Ventura, R.V. Aroca, A.Í.S. Antonialli	Federal University of São Carlos	Brasil	PA
		A.M. Abrão, J.C. Campos Rubio, M.A. Câmara	Universidade Federal de Minas Gerais	Brasil	
10	2015	Asmaa Galal-Khallafa,	Universidad de Oviedo	Spain	NA
		Alaa G.M. Osman	Al-Azhar University	Egypt	
		Carlos E. Carleos	Universidad de Oviedo	Spain	
		Eva Garcia-Vazquez	Universidad de Oviedo	Spain	
		Yaisel J. Borrell	Universidad de Oviedo	Spain	
11	2015	Claudia Santos Cardoso de Castro, Dalni Maltado Espírito SantoFilho, José Renato Real Siqueira, Alex Pablo Ferreira Barbosa, Claudio Roberto da Costa Rodrigues, Maurício Limp Cabral Jr., Evelyn Meireles da Silva, Felipe de Oliveira Baldner, José Maurício Gomes Gouveia	National Institute of Metrology, Quality and Technology, Scientific Metrology Directory, Mechanical Metrology Division, Fluids Laboratory	Brasil	NA
12	2016	Rauscher Francois, Matta Nada and Atifi Hassan	University of Technology of Troyes	France	NA
13	2015	Eskil Forås and Maitri Thakur	SINTEF Fisheries and Aquaculture	Norway	PA
		Kristian Solem and Reidun Svarva	Rambøll		
14	2015	R. Schraml and A. Uhl	University of Salzburg	Austria	NA
		J. Charwat-Pessler and A. Petutschnigg	University of Applied Sciences Salzburg		
15	2015	Melania Borit and Jorge Santos	The Arctic University of Norway	Norway	NA

16	2015	Harish Kumar	CSIR – National Physical Laboratory and Guru Gobind Singh Indraprastha University	India	NA
		Chitra Sharma	Indira Gandhi Institute of Technology		
		Anil Kumar	Guru Gobind Singh Indraprastha University		
		P.K. Arora	Galgotia's College of Engineering and Technology		
		S. Kumar	Krishna Engineering College		
17	2015	Jongsawas Chongwatpol	National Institute of Development Administration	Thailand	NA
18	2015	Teresa Pizzuti and Giovanni Mirabelli	Università della Calabria	Italy	NA
19	2015	R.R. Pant and Jamal A. Farooque	Aligarh Muslim University	India	NA
		Gyan Prakashb	ABV-Indian Institute of Information Technology & Management Gwalior		
20	2014	Katia Raieta, Livio Muccillo, Vittorio Colantuoni	University of Sannio	Italy	NA
21	2014	Julie Machault	Université d'Orléans; Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) and Université de Lorraine	France	NA
		Luc Barbanson	Université d'Orléans		
		Thierry Augé and Laurent Bailly	Direction des Géoressources		
		Jean-Jacques Orgeval	N/I		
22	2014	Ganapathiraju Pramod and Tony J. Pitcher	University of British Columbia	Canada	NA
		Katrina Nakamura	Sustainability Incubator	USA	
		Leslie Delagran	N/I		
23	2013	Myo Min Aung, Yoon Seok Chang	Korea Aerospace University	Republic of Korea	NA
24	2014	J. Dubard and J.-R. Filtz	Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE)	France	NA

		V. Cassagne	Total Group		
		P. Legrain	Tenesol - Énergies renouvelables		
		Jillian R Tate	Royal Brisbane and Women's Hospital	Australia	
25	2013	Roger Johnson	Auckland City Hospital	New Zealand	NA
		Julian Barth	Leeds Teaching Hospitals NHS Trust	UK	
		Mauro Panteghini	University of Milano	Italy	
26	2013	Thorben Nietner	Federal Institute for Risk Assessment and University of Halle-Wittenberg	Germany	NA
		Simon A. Haughey	Queen's University Belfast	UK	
		Neil Ogle	Queen's University Belfast	UK	
		Carsten Fauhl-Hassek	Federal Institute for Risk Assessment	Germany	
		Christopher T. Elliott	Queen's University Belfast	UK	
27	2014	Vassilia J. Sinanoglou and Irimi Strati	Technological Educational Institution of Athens	Greece	NA
		Katerina Kokkotou, Charalambos Fotakis and Panagiotis Zoumpoulakis	National Hellenic Research Foundation		
		Charalampos Proestos	University of Athens		
28	2013	P. Barge, P. Gay, V. Merlino, C. Tortia	Università Degli Studi di Torino	Italy	NA
29	2013	Gopalakrishnan Saroja Seethapathy, Subramani Paranthaman Balasubramani, Padma Venkatasubramanian	Foundation for Revitalization of Local Health Traditions (FRLHT)	India	NA
30	2014	Vladimir Todorovica and Milovan Lazarevic	University of Novi Sad	Serbia	NA
		Marius Neag	Technical University of Cluj Napoca	Romania	
31	2013	Denise Hanway Riedl and Michael K. Dunn	Ferring Research Institute	USA	NA
32	2013	Philip G. Crandall, Corliss A. O'Bryan, Dinesh Babu, Nathan Jarvis, Mike L. Davis, John Marcy and Steven C. Ricke	University of Arkansas	United States	NA

		Michael Buser and Brian Adam	Oklahoma State University		
33	2013	Dustin L. Pendell	Colorado State University	USA	NA
		Glynn T. Tonsor b, Kevin C. Dhuyvetter and Ted C. Schroeder	Kansas State University		
		Gary W. Brester	Montana State University		
34	2013	He Zhang	Nanjing University	China	NA
		Liming Zhu and Ross Jeffery	University of New South Wales	Australia	
		Qing Wang , Mingshu Li and Juan Li	Chinese Academy of Sciences	China	
		Yan Liu	Concordia University	Canada	
35	2012	Kine Mari Karlsen, Bent Dreyer, Petter Olsen	Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research (Nofima),	Norway	NA
		Edel O. Elvevoll	University of Tromsø		
36	2013	K.A.-M. Donnelly	Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research (Nofima),	Norway	NA
		M. Thakur	SINTEF Sealab	Norway	
		Jun Sakai	Japanese Food Marketing Research and Information Center (FMRIC)	Japan	
37	2013	Javier de las Morenas, Andrés García and Jesús Blanco	University of Castilla-La Mancha	Spain	NA
38	2014	Erdal Tekin	TAI- Turkish Aerospace Industries	Turkey	PA
39	2012	Jianying Feng and Zetian Fu	China Agricultural University	China	NA
		Zaiqiong Wang and Xiaoshuan Zhang			
		Mark Xu			
40	2012	Xin Peng, Xi Tan and Wenyun Zhao	Fudan University	China	NA
		Zhenchang Xing	Nanyang Technological University	Singapore	
		Yijun Yu	The Open University	UK	

41	2013	Jostein Storøy and Maitri Thakur	SINTEF Sealab	Norway	PA
		Petter Olsen	Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research (Nofima)		
42	2012	Jeffrey T.Cessna	National Institute of Standards and Technology	USA	NA
		Daniel B. Golas	Nuclear Energy Institute and National Institute of Standards and Technology		
43	2012	Simon Frederick Königs	Daimler AG	Germany	NA
		Grischa Beier and Asmus Figge	Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK)		
		Rainer Stark	Technische Universität Berlin and Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK)		
44	2012	Nikolaj Kjelgaard Vedel-Smith and Torben Anker Lenau	Technical University of Denmark	Denmark	PA
45	2012	Rolando Saltini and Renzo Akkerman	Technical University of Denmark	Denmark	PA
46	2011	Ann Maruchek	University of North Carolina-Chapel Hill	USA	PA
		Noel Greis	University of North Carolina-Chapel Hill	USA	
		Carlos Mena	Cranfield University	United Kingdom	
		Linning Cai	Tsinghua University	China	
47	2011	Kine Mari Karlsen and Petter Olsen	Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture Research	Norway	NA
48	2011	I-Hsuan Hong	National Taiwan University	Taiwan	NA

		Jr-Fong Dang and Yi-Hsuan Tsai	National Chiao Tung University		
		Chen-Shen Liu, Wang-Tsang Lee, Ming-Li Wang and Pei-Chun Chen	Industrial Technology Research Institute		
49	2011	Chun-Kwan Wong, Patricia Hung and Kai-Man Kam	Department of Health - Hong Kong	Hong Kong	NA
		Henry C.C. Ng and Siu-Yuen Lee	Food and Environmental Hygiene Department, Queensway Government Offices		
50	2010	Weisheng Lu	The University of Hong Kong	Hong Kong	NA
		George Q. Huang	The University of Hong Kong		
		Heng Li	The Hong Kong Polytechnic University		
51	2010	Claudia Binter and Jürgen Zentek	University of Veterinary Medicine	Austria	NA
		Claudia Binter	University of Veterinary Medicine	Austria	
		Judith Maria Straver	National Institute for Public Health and the Environment	The Netherlands	
		Per Häggblom and Mats Gunnar Andersson	National Veterinary Institute	Sweden	
		Geert Bruggeman	Nutrition Sciences N.V	Belgium	
		Per-Anders Lindqvist	Svenska Foder AB	Sweden	
		Jürgen Zentek	Freie Universität Berlin	Germany	
52	2010	Juliana Antunes Galvão and Marília Oetterer	University of São Paulo	Brazil	PA
		Sveinn Margeirsson, Cecilia Garate and Jónas Rúnar Viðarsson	Matis ohf – Icelandic Food Research	Iceland	
53	2010	N. Gauthier, J. Jezequel, E. Desaintfuscien, N. Guenault and C. Bonenfant	Centre hospitalier d'Armentières	France	NA
54	2009	Yon-Kyu Park, Min-Seok Kim, Jeong-Tae Lee, Ho-Young Lee and Dae-Im Kang	Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS)	Republic of Korea	NA
55	2009	Simone Guercini	University of Florence	Italy	PA

		Andrea Runfola	University of Perugia		
56	2009	Jose A. Alfaro and Luis A. Rabade	University of Navarra	Spain	PA
57	2008	R.K. Leacha, E.B. Hughes and C.W. Jones D.R. Flack	National Physical Laboratory	UK	NA
58	2008	G.C. Smith, D.L. Pendell, J.D. Tatum, K.E. Belk and J.N. Sofos	Colorado State University	USA	NA
59	2006	Eila Niemelä and Anne Immonen	VTT Technical Research Centre of Finland	Finland	NA
60	2016	Marko Friedemann, Johannes Stoldt, Tino Langer and Matthias Putza	Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technologies IWU	Germany	NA
		Thies Uwe Trapp	Robert Bosch GmbH		
61	2006	Antony Tang, Yan Jin and Jun Han	Swinburne University of Technology	Australia	NA
62	2006	Sverre Holm	University of Oslo	Norway	NA
		John Brungot	VivID AS		
		Arne Rønnekleiv	Norwegian University of Science and Technology		
		Lars Hoff	Vestfold University College		
		Vibeke Jahr and Kai M. Kjølervbakken	Squarehead Systems		
63	2014	Encheng Chen and Steve Flint	Massey University	New Zealand	NA
		Paul Perry			
		Martin Perry			
		Robert Lau			
64	2011	Ville Puntanen and Antti Sirkka	Tieto Finland Oy	Finland	PA
		Janne Hakli, Kaarle Jaakkola and Kaj Nummila	VTT Technical Research Centre of Finland		
		Anders Björk, Martin Erlandsson and Asa Nilsson	IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	Sweden	

65	2014	Alison P. Bailey and Chris Garforth	University of Reading	UK	NA
66	2013	Philip Beske	University of Kassel	Germany	NA
		Anna Land and Stefan Seuring			
67	2011	Jiehong Zhou	Zhejiang University	China	NA
		Jensen H. Helen and Jing Liang	Iowa State University	USA	
68	2011	Rafaela Dios-Palomares	University of Córdoba	Spain	NA
		José M. Martínez-Paz	University of Murcia		
69	2007	Luis Asensio	Universidad San Pablo CEU	Spain	NA
70	2015	Megan Bailey and Simon R Bush	Wageningen University	Netherlands	NA
		Alex Miller	Gulf States Marine Fisheries Commission	USA	
		Momo Kochen	Masyarakat dan Perikanan	Indonesia	
71	2011	S.M.C. Porto, C. Arcidiacono and G. Cascone	University of Catania	Italy	NA
72	2012	Bjarne Bergquist	Luleå University of Technology	Sweden	PA
73	2008	Bjorn Kvarnstrom	Lulea° University of Technology	Sweden	NA
		Pejman Oghazi			
74	2016	E.Gossen, E.Abelen and M.Rauscher	Institute for Production Management, Technology and Machine Tools (PTW)	Germany	PA
75	2008	Judith R. Cornelisse-Vermaat, Jantine Voordouw and Lynn J. Frewer	Wageningen University	The Netherlands	NA
		Sylvia Pfaff	Food Information Service Europe	Germany	
		George Chryssochoidisc, Gregory Theodoridisc and Lois Woestman	Agricultural University of Athens	Greece	
76	2015	W. Gao and Y.L. Chen	Tohoku University	Japan	NA
		S.W. Kim	Korea Advanced Institute of Science and Technology	South Korea	

		H. Bosse and H. Kunzmann	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	Germany	
		H. Haitjema	Mitutoyo Research Center Europe	The Netherlands	
		X.D. Lu	The University of British Columbia	Canada	
		W. Knapp	IWF/ETH	Switzerland	
		A. Weckenmann	University Erlangen	Germany	
		W.T. Estler	National Institute of Standards and Technology	USA	
77	2016	Klavs Martin Sørensen, Bekzod Khakimov and Søren Balling Engelsen	University of Copenhagen	Denmark	NA
78	2015	Christophe Flaudrops and Nicholas Armstrong	University Hospital Centre Timone	France	NA
		Didier Raoult and Eric Chabrie`re	Aix Marseille Universite		
79	2015	Leena Kumari, K. Narsaiah, M.K. Grewal and R.K. Anurag	Central Institute of Post e Harvest Engineering and Technology (CIPHET)	India	NA
80	2015	David Gamarra, Andrés López-Oceja and Marian M. de Pancorbo	University of the Basque Country UPV/EHU	Spain	NA
		Susana Jiménez-Moreno	Universidad Miguel Hernández de Elche		
81	2016	SarahCalhoun and FlaxenConway	OSU College of Earth	USA	NA
		SuzanneRussell	Northwest Fisheries Science Center		
82	2015	Emad Ehtesham, Alan Hayman, Robert Van Hale and Russell Frew	University of Otago	New Zealand	NA
		Russell Frew	FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture	Austria	
83	2012	Simone Carmignato	University of Padova	Italy	NA
84	2014	Daniel González-Madruga, Joaquin Barreiro, Beatriz González and Susana Martínez-Pellitero	University of León	León	NA

		Eduardo Cuesta	University of Oviedo	Asturias	
85	2016	Diana M.Segura Velandia, Navjot Kaur, Paul P. Conway and Andrew A. West	Wolfson School of Mechanical and Manufacturing Engineering and Loughborough University	UK	PA
		William G. Whittow	Loughborough University		
86	2014	Amir Hossein Ebrahimi and Knut Åkesson	Chalmers University of Technology	Sweden	PA
		Pierre E. C. Johansson	Volvo Group Truck Operations		
		Kristofer Bengtsson	Sekvensa AB		
87	2012	Lorna Zach	University of Wisconsin-Madison	USA	NA
		M. Ellin Doyle and Chuck Czuprynski			
		Vicki Bier			
		Chuck Czuprynski			
88	2015	J. Barnett, F. Begen and S. Howes	University of Bath	United Kingdom	NA
		A. Regan and A. McConnon	University College Dublin	Ireland	
		A. Marcu	University of Surrey	United Kingdom	
		S. Rowntree	European Food Information Council	Belgium	
		W. Verbeke	Ghent University	Belgium	
89	2016	Masoud Ghaani, Carlo A. Cozzolino, Giulia Castelli and Stefano Farris	University of Milan	Italy	NA
90	2012	M. Bergoglio and D. Mari	INRIM – Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica	Italy	NA
91	2012	Stefan Rusu and Dan Gelu Galusca	Faculty of Materials Science and Engineering	Romania	NA
		Aurelian Buzaianu	S.C. METAV-CD S.A		

		Laura Ionel and Daniel Ursescu	The National Institute for Laser, Plasma & Radiation Physics		
92	2016	Michiyo Motoyama, Keisuke Sasaki and Akira Watanabe	National Agriculture and Food Research Organization (NARO)	Japan	NA
		Michiyo Motoyama	Institute Nationale de Recherche Agronomique (INRA)	France	
93	2016	Yichuan Wang and Terry Anthony Byrd	Auburn University	USA	NA
		LeeAnn Kung	Rowan University		
94	2015	Marcella Giacomarra	Universita degli Studi di Palermo	Italy	NA
		Marcella Giacomarra	Euro-Mediterranean Institute of Science and Technology (IEMEST)		
		Antonino Galati, Maria Crescimanno and Salvatore Tinervia	Università degli Studi di Palermo		
95	2016	Guido Huettemann and Robert H. Schmitt	Aachen University	Germany	NA
		Christian Gaffry			
96	2015	Bhuvanesh Kumar Shanmugam and Surianarayanan Mahadevan	Central Leather Research Institute (CLRI)	India	NA
97	2015	J. Koskela and A. Kilpelä	University of Oulu	Finland	NA
		J. Sarfraz, P. Ihalainen, A. Määttänen and J. Peltonen	Åbo Akademi University		
		P. Pulkkinen and H. Tenhu	University of Helsinki		
		T. Nieminen	University of Helsinki		
98	2010	Charles Bett	Kenya Agricultural Research Institute (KARI)	Kenya	NA
		James Okuro Ouma	KARI Embu Research Centre		
		Hugo De Groote	International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT)		
99	2013	Ana Belen Garcia	University of Liverpool	United	NA

				Kingdom	
100	2015	Harkaitz Eguirraun, Urtzi Izagirre and Iciar Martinez	University of the Basque Country (UPV/EHU)	Spain	NA
		Iciar Martinez	Basque Foundation for Science		
		Iciar Martinez	University of Tromsø	Norway	
101	2008	Luis Asensio	Universidad San Pablo CEU	Spain	NA
		Isabel González, María Rojas, Teresa García and Rosario Martín	Universidad Complutense		
102	2014	Mohd Hafiz Zulfakar	MARA University of Technology (UiTM)	Malaysia	NA
		Marhani Mohamed Anuar			
		Mohamed Syazwan Ab Talib	UCSI University		
103	2014	G. Barbieri and C. Fantuzzi	University of Modena and Reggio Emilia	Italy	NA
		K. Kernschmidt and B. Vogel-Heuser	Technische Universität München	Germany	
104	2013	Shuai Liu, Dongyong Zhang, Rong Zhang and Bin Liu	Henan Agricultural University	China	NA
105	2013	Vincent Chapurlat	LGI2P – Laboratoire de Génie Informatique et d'Ingénierie de Production	France	NA
106	2012	Abhijit Suprem	California State University	United States	NA
		Nitaigour Mahalik			
		Kiseon Kim	Gwangju Institute of Science and Technology		
107	2014	Jesús Mata Sanchez, Jose Antonio Perez Jimenez and Manuel Jesús Díaz Villanueva	CTAER Foundation	Spain	NA
		Antonio Serrano and Nieves Núñez	NIR Soluciones		
		Jesús Lopez Gimenez	University of Cordoba		
108	2013	J.B. Hentz	Airbus Operations SAS IDAS	France	NA

		W. Maeder			
		D. Panarese			
		J.W. Gunnink			
		A. Gontarz			
		P. Stavropoulos			
		K. Hamilton			
		J.Y. Hascoët			
		V.K. Nguyen			
109	2014	G. Caja, S.Carné, A.A.K.Salama, A.Ait-Saidi, M.A.Rojas-Olivares and M. Rovai	Universitat Autònoma de Barcelona	Spain	NA
		A.A.K.Salama	Animal Production Research Institute (APRI)	Egypt	
		J.Capote	Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)	Spain	
		N.Castro and A.Argüello	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Spain	
		M.Ayadi, R.Aljumaah, and M.A. Alshaikh	King Saud University	Saudi Arabia	
110	2011	I.-Hsin Chou	Atomic Energy Council	Taiwan	NA
111	2010	Fernando Aranceta-Garza, Ricardo Perez-Enriquez and Pedro Cruz	Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste (CIBNOR)	México	NA
112	2011	Andrea Lubbe	Universiteit Leiden and Wageningen University and Research Centre	The Netherlands	NA
		Robert Verpoorte	Universiteit Leiden		
113	2014	Umezuruike Linus Opara and Pankaj B. Pathare	Stellenbosch University	South Africa	NA
114	2012	Clara Ceppa and Gian Paolo Marino	Politecnico di Torino	Italy	NA
115	2016	C. Velotti, A. Astarita, C. Leone, F. Memola Capece Minutolo, A. Squillace and S. Genna.	University of Naples	Italy	PA

116	2016	A. Di Fazio and D. Bettinelli	Telespazio S.p.A.	Italy	NA
		E. Louette	MEDDE – Ministère de l'Écologie du Développement Durable et de l'Énergie	France	
		J.P. Mechin	CEREMA – Centre d'études et d'expertise sur le risques		
		M. Zazza and P. Vecchiarelli	MIT – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti	Italy	
		L. Domanico	TTS Italia		
117	2014	Sameer Kumar	University of St. Thomas	USA	NA
118	2011	Antonios N. Psomas, George-John Nychas and Panagiotis N. Skandamis	Agricultural University of Athens - ver se necessário mesma instituição	Greece	NA
		Antonios N. Psomas, Serkos A. Haroutounian			
119	2009	Antoine Brière-Côté and Louis Rivest	École de Technologie Supérieure	Canada	NA
		Alain Desrochers	Université de Sherbrooke		
120	2012	Anuradha Mathrani and Sanjay Mathrani	Massey University	New Zealand	NA
121	2011	Irene Bosmali	Technological Educational Institute (T.E.I.) of Larissa	Greece	NA
		Ioannis Ganopoulos and Athanasios Tsiftaris	Aristotle University of Thessaloniki		
		Ioannis Ganopoulos, Panagiotis Madesis and Athanasios Tsiftaris	Institute of Agrobiotechnology		
122	2014	Chin-Long Ky	Ifremer - Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer	Polynésie Française	NA
		Seiji Nakasai	SCA Regahiga Pearls		
		Nicolas Molinari	L'Institut national de la recherche agronomique	France	

		Dominique Devaux	Groupement d'Intérêt Economique Poe O Rikitea	Polynésie Française	
123	2007	D. Pérez-Marín, A. Garrido-Varo and J.E. Guerrero	Universidad de Córdoba	Spain	NA
124	2011	S. Lagüela, H. González-Jorge, J. Armesto and P. Arias	University of Vigo	Spain	NA
125	2011	Barry Mc Inerney, Gerard Corkery, Gashaw Ayalew, Shane Ward and Kevin Mc Donnell	University College Dublin	Ireland	NA
126	2013	Katell Rivoal, Aurore Fablet, Céline Courtillon, Stéphanie Bougeard, Marianne Chemaly and Jocelyne Protais	Université Européenne de Bretagne	France	NA
127	2013	Matteo Prussi, David Chiaramonti, Lucia Recchia and Francesco Martelli	University of Florence	Italy	NA
		Fabio Guidotti	Silo S.p.A		
		Luigi Pari	CRA-ING		
128	2011	Barry Mc Inerney, Gerard Corkery, Gashaw Ayalew, Shane Ward and Kevin Mc Donnell	University College Dublin	Ireland	NA
129	2010	Alexander Correa Espinal	Universidad Nacional de Colombia	Colômbia	NA
		Carlos Esteban Álvarez López	Universidad Nacional de Colombia		
		Rodrigo Andrés Gómez Montoya	Corporación Universitaria Lasaliista		
130	2009	Gary Savage	Brawn GP Formula 1 Team	UK	NA
131	2015	Luis Alberto del Río, Carmen Trives and Nuria Salazar	Universidad CEU San Pablo	Spain	NA
132	2008	S. Landau, L. Dvash and E.D. Ungar	Agricultural Research Organization	Israel	NA
		S. Giger-Reverdin and M. Dorléans	UMR INRA-AgroParisTech Physiologie de la Nutrition et Alimentation	France	
		L. Rapetti	Universita di Milano	Italy	

UCS - Exatas - Laboratório de Polímeros

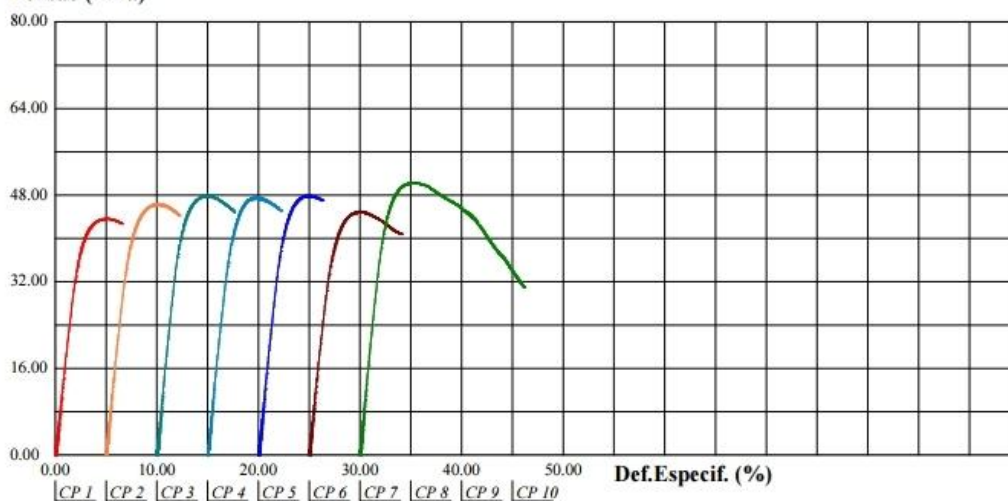
LPOL - FG142 Rev 01 (08/2018) Resultados Emic

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL2000** Célula: **Trd 23** Extensômetro: - Data: **14/11/2018** Hora: **13:50:24** Trabalho n° **6891**
 Programa: **Tesc versão 3.01** Método de Ensaio: **LPOL-PE004 Flexão ASTM D790 200kg - R2011-08-17**
 Ident. Amostra: >>>>>Amostra: **Sentido da Extrusão com Gravação** Solicitante: **Matheus** Operador: **Damiani Budcke**

Corpo de Prova	Alongamento Máximo (%)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Tensão no Ponto PT (MPa)	Velocidade do Ensaio (mm/min)
CP 1	5.03	43.75	1718.5	43.57	1.88
CP 2	5.23	46.44	1823.5	46.24	1.75
CP 3	4.91	47.99	1909.3	47.63	1.78
CP 4	4.75	47.69	1838.6	47.36	1.79
CP 5	4.91	48.01	1861.6	47.99	1.78
CP 6	5.00	45.06	1809.7	45.06	1.71
CP 7	5.45	50.42	1931.6	50.03	1.72
Número CPs	7	7	7	7	7
Média	5.040	47.05	1842	46.84	1.772
Desv. Padrão	0.2324	2.190	70.20	2.108	0.05649
Coef. Var. (%)	4.610	4.655	3.812	4.500	3.187
Mínimo	4.748	43.75	1719	43.57	1.711
Máximo	5.449	50.42	1932	50.03	1.877

Tensão (MPa)



APÊNDICE C - RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS DE TENSÃO

Resultados dos testes de tensão (Mpa)

Amostra	Sentido da extrusão	Sentido da extrusão	Sentido oposto da extrusão	Sentido oposto da extrusão
	sem gravação	com gravação	sem gravação	com gravação
1	50,17	45,06	49,64	46,75
2	50,2	46,44	50,92	47,22
3	50,21	47,69	51,63	48,3
4	50,36	47,99	51,72	48,51
5	51,18	48,01	51,91	49,86
Média	50,424	47,038	51,164	48,128
Desvio Padrão	0,429	1,279	0,931	1,214

Teste-t para comparação dos desempenhos no teste de tensão (sentido da extrusão)

Resultados	Sentido da extrusão sem gravação	Sentido da extrusão com gravação
Média	50,424	47,038
Variância	0,18403	1,63657
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
gl	5	
Stat t	5,611315485	
P(T<=t) uni-caudal	0,001242992	
t crítico uni-caudal	2,015048373	
P(T<=t) bi-caudal	0,002485985	
t crítico bi-caudal	2,570581836	

Teste-t para comparação dos desempenhos no teste de tensão (sentido oposto da extrusão)

	Sentido oposto da extrusão sem gravação	Sentido oposto da extrusão com gravação
Média	51,164	48,128
Variância	0,86623	1,47467
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
gl	7	
Stat t	4,437060379	
P(T<=t) uni-caudal	0,001509198	
t crítico uni-caudal	1,894578605	
P(T<=t) bi-caudal	0,003018397	
t crítico bi-caudal	2,364624252	

APÊNDICE D - RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS DE ELASTICIDADE

Resultados dos testes de elasticidade (Mpa)

Amostra	Sentido da extrusão		Sentido oposto da extrusão	
	sem gravação	com gravação	sem gravação	com gravação
1	1916,1	1809,7	1920,9	1871,4
2	1939	1823,5	1936,2	1908,5
3	1943,1	1838,6	1961,2	1913,8
4	1949,8	1861,6	1966,9	1919,1
5	1963	1909,3	1973,2	1923,3
Média	1942,2	1848,54	1951,68	1907,22
Desvio Padrão	17,19	39,04	22,21	20,78

Teste-t para comparação dos desempenhos no teste de elasticidade (sentido da extrusão)

	Sentido da extrusão sem gravação	Sentido da extrusão com gravação
Média	1942,2	1848,54
Variância	295,665	1524,173
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
gl	5	
Stat t	4,909336388	
P(T<=t) uni-caudal	0,002219171	
t crítico uni-caudal	2,015048373	
P(T<=t) bi-caudal	0,004438343	
t crítico bi-caudal	2,570581836	

Teste-t para comparação dos desempenhos no teste de elasticidade (sentido oposto da extrusão)

	Sentido oposto da extrusão sem gravação	Sentido oposto da extrusão com gravação
Média	1951,68	1907,22
Variância	493,107	431,927
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
gl	8	
Stat t	3,268704137	
P(T<=t) uni-caudal	0,005689116	
t crítico uni-caudal	1,859548038	
P(T<=t) bi-caudal	0,011378231	
t crítico bi-caudal	2,306004135	