

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ERICK YORAM GUELBERT

**IMPORTÂNCIA DAS NORMAS DE QUALIDADE ISO 9001/2015, ISO 13485/2016
E IPC DENTRO DA INDÚSTRIA ELETRÔNICA: UM ESTUDO DE CASO**

CAMPO MOURÃO

2022

ERICK YORAM GUELBERT

**IMPORTÂNCIA DAS NORMAS DE QUALIDADE ISO 9001/2015, ISO 13485/2016
E IPC DENTRO DA INDÚSTRIA ELETRÔNICA: UM ESTUDO DE CASO**

**Importance of iso 9001/2015, iso 13485/2016 and ipc quality standards within
the electronic industry: a case study**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Eletrônica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Eduardo Giometti Bertogna

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

INFORMAÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO INTITULADO
**IMPORTÂNCIA DAS NORMAS DE QUALIDADE ISO 9001/2015, ISO 13485/2016
E IPC DENTRO DA INDÚSTRIA ELETRÔNICA: UM ESTUDO DE CASO**
DO DISCENTE
ERICK YORAM GUELBERT

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia **30 de maio de 2022** ao Curso Superior de Engenharia Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. O discente foi arguido pela Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a comissão considerou o trabalho **aprovado**.

Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon

Avaliador 1

UTFPR

(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Leonardo Faria Costa

Avaliador 2

UTFPR

(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Eduardo Giometti Bertogna

Orientador

UTFPR

(assinado eletronicamente)

Campo Mourão, 30 de maio de 2022.



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **EDUARDO GIOMETTI BERTOGNA, PROFESSOR(A) ORIENTADOR(A)**, em (at) 30/05/2022, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **GILSON JUNIOR SCHIAVON, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 30/05/2022, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **LEONARDO FARIA COSTA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 30/05/2022, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador (informing the verification code) **2752534** e o código CRC (and the CRC code) **22E50795**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente sou grato a Deus, que esteve sempre ao meu lado, por ter me abençoado com o maior dom de todos, a vida.

Serei eternamente agradecido aos meus pais, Tana e Marcelo, que por tantas vezes me apoiaram e não me permitiram desistir, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu irmão Cauê, por estar sempre me impulsionando a prosperar.

A minha filha Alice, que estará eternamente em meu coração, por ser a personificação do amor em minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Giometti Bertogna, pela paciência e sabedoria.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para que este trabalho pudesse ser concluído.

“Somente obedecendo, somente tendo o orgulho
humilde, mas sagrado, de obedecer, é que se
conquista então o direito de comandar”.
(MUSSOLINI; 1922).

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a relevância da utilização das normas IPC em uma empresa do segmento eletrônico, bem como comentar a sua aplicação e o posicionamento que empresas que utilizam este padrão têm no mercado. Também levantar a relação entre as normas e o padrão IPC em um sistema de gestão integrado, onde a empresa, objeto foco deste estudo, detém as certificações ISO 9001:2015 e ISO 13485:2016. Este trabalho tem abordagem qualitativa, com propósitos de avaliação dos aspectos gerenciais de uma indústria que atua no mercado de montagem de chicotes e placas eletrônicas, sendo uma pesquisa de caráter exploratório. Para a realização, foram feitos o levantamento do estado da arte dos padrões IPC bem como dos padrões ISO 9001 e ISO 13485. A realização deste estudo, permitiu perceber quais as necessidades dos mercados mais exigentes do setor eletrônico, e quais as ferramentas existentes para que uma indústria de cabos, chicotes e placas eletrônicas possa atendê-los. Para isto foi feito o levantamento dos benefícios que as normas ISO 9001, 13485 e o padrão IPC trazem para a indústria objeto foco deste estudo. Como conclusão desta obra foi escolhido um produto fabricado e feito o acompanhamento de todos os processos pertinentes a este produto, desde o pedido de compra feito pelo cliente até o faturamento.

Palavras-chave: IPC; ISO 9001:2015; ISO 13485:2016; qualidade; indústria eletrônica.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the relevance of using IPC standards in a company in the electronics segment, as well as commenting on its application and the positioning that companies that use this standard have in the market. Also raise the relationship between the norms and the IPC standard in an integrated management system, where the company, object of this study, holds the ISO 9001:2015 and ISO 13485:2016 certifications. This work has a qualitative approach, with the purpose of discovering general and exploratory questions. For the accomplishment, a survey of the state of the art of the IPC standards as well as the ISO 9001 and ISO 13485 standards was carried out. The realization of this study allowed us to understand what the needs of the most demanding markets in the electronics sector are, and what tools exist for an industry of cables, harnesses, and electronic boards to meet them. For this, a survey was made of the benefits that the ISO 9001, 13485 and the IPC standard bring to the industry that is the focus of this study.

Keywords: IPC; ISO 9001:2015; ISO 13485:2016; quality; electronic industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de layout para indústria montadora de placas eletrônicas ...	26
Figura 2 - Árvore dos padrões da IPC e seus respectivos escopos	27
Figura 3 - Organograma da indústria foco deste estudo.....	35
Figura 4 - Indicadores dos objetivos da qualidade	38
Figura 5 - IPC-A-600 Aceitabilidade de placas de circuito impresso	41
Figura 6 - Critério de aceitação para o revestimento de cobre em furos metalizados de placas de circuito impresso.	42
Figura 7 - IPC-A-610 Critérios de aceitabilidade da montagem eletrônica	43
Figura 8 - IPC DRM 18F Critérios para identificação de componentes	44
Figura 9 - Guias de treinamento e referencial para soldagem PTH e SMD.....	45
Figura 10 - Requisitos e aceitabilidade para montagem de cabos e chicotes ...	45
Figura 11 - Critérios para retrabalho, modificação e reparo das montagens eletrônicas	46
Figura 12 - Testador de calcanheiras.....	49
Figura 13 - Testador de Pulseira.....	49
Figura 14 - Área de verificação e registro do funcionamento das calcanheiras e pulseiras	50
Figura 15 - Fluxo produtivo da empresa.....	51
Figura 16 - Esquema de montagem de uma das estações	53
Figura 17 - Configuração de uma estação de montagem na linha de inserção PTH	53
Figura 18 - Exemplo de um processo de montagem completo	54
Figura 19 - Pasta raiz do cadastro do produto.....	57
Figura 20 - Análise crítica do produto 121.688	58
Figura 21 - Aba principal do cadastro do item.....	59
Figura 22 - Aba de <i>part numbers</i> no cadastro do item	60
Figura 23 - Caixa de separação da OP (Ordem de Produção).....	61
Figura 24 - Máquina AOI (<i>Aumatic Optical Inspektion</i>).....	62
Figura 25 - Exemplo de programa de inspeção	63
Figura 26 - Defeitos da placa padrão	64
Figura 27 - Tabela de defeitos gerais	65

Figura 28 - Relatório de Teste Elétrico da Placa 121.688.....	67
Figura 29 - Tabela de controle de calibração	70
Figura 30 - Multímetro Utilizado no Teste Elétrico do Produto 121.688.....	71
Figura 31 - Planilha de calibração	72
Figura 32 - Validação do certificado de calibração	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Total de Investimento 2007: US\$492 bilhões	18
Gráfico 2 - Comparativo da quantidade de certificações no padrão ISO 13485. 2004-2016; 2020.....	30
Gráfico 3 - Percentual de defeitos nos setores da fábrica	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Itens da norma ISO 9001:2015	23
Quadro 2 - Política da qualidade	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais indicadores do setor de eletrônicos	19
Tabela 2 - Balança comercial do segmento de placas de circuito impresso de 2015 - 2020 (US\$ Milhões)	20
Tabela 3 - Normas IPC utilizadas na empresa objeto deste estudo	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.A.	Alta Administração
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
AOI	<i>Automatic Optical Inspection</i> (Inspeção Ótica Automática)
CI	Circuito Integrado
EMM	Equipamento de Monitoramento e Medição
EMS	<i>Electronic Manufacturing Service</i> (Serviço de Fabricação de Eletrônicos)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planejamento de Recursos Empresariais)
ESD	<i>Electrostatic Discharge</i> (Descarga Eletrostática)
FDA	<i>Food and Drug Administration</i> (Administração de Alimentos e Medicamentos)
IPC	<i>Institute for Printed Circuit Board</i>
MTBF	<i>Medium Time Between Failure</i> (Tempo medio entre falha)
OMS	<i>Original Equipment Manufacturer</i> (Fabricante de Equipamento Original)
OP	Ordem de Produção
PCB	<i>Printed Circuit Board</i> (Placa de Circuito Impresso)
PTH	<i>Pin Through Hole</i>
RBC	Rede Brasileira de Calibração
RD	Representante da Direção
R&D	<i>Research and Development</i> (Pesquisa e Desenvolvimento)
SMD	<i>Surface Mounted Design</i> (Design de Montagem em Superfície)
SMT	<i>Surface Mounted Technology</i> (Tecnologia de Montagem em Superfície)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.2	Justificativa.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Visão geral da indústria eletrônica	17
2.2	Setor eletrônico	17
2.3	Normas regulamentares	20
2.4	ISO 9001:2015.....	21
2.5	IPC.....	24
2.5.1	<i>Layout</i> da indústria eletrônica	24
2.6	ISO 13485:2016	29
3	METODOLOGIA	32
3.1	Caracterização da pesquisa.....	32
3.2	Descrição das contempladas no trabalho.....	32
4	ESTUDO DE CASO: IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DAS NORMAS DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA MONTADORA DE CABOS E PLACAS ELETRÔNICAS.....	34
4.1	Política da qualidade	36
4.2	Objetivos da qualidade.....	37
4.3	Aplicação da IPC nos processos produtivos em conjunto com o atendimento aos requisitos das normas ISSO	38
4.4	Controle ESD	48
4.5	Etapas do processo e pontos de inspeção.....	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1	Acompanhamento do processo produtivo de um produto.	56
5.2	Pedido de compra, documentação e cadastro.	56
5.3	Recebimento de matéria-prima e separação no almoxarifado	58
5.4	Montagem	62
5.5	Teste elétrico, <i>Burn in</i> e inspeção final.	66
5.6	Calibração	69
6	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	75
	ANEXO A - Exemplo de documento de inspeção de PCI.....	78
	ANEXO B - Procedimento de teste placa 121.688.....	81

1 INTRODUÇÃO

O ponto inicial deste trabalho foi definido como sendo o levantamento da importância da utilização de duas das normas ISO (*International Organization for Standardization*), ISO 9001:2015 e ISO 13485:2016 bem como do padrão IPC (*Institute for Printed Circuits*), dentro de uma indústria eletrônica que possui clientes que exportam seus produtos para países da América e Europa, além de clientes da área médica, com foco em montagem de cabos, chicotes e placas eletrônicas, localizada no estado do Paraná.

As normas ISO 9001:2015 e ISO 13485:2016 são harmonizadas e reconhecidas mundialmente por organismos certificadores. A IPC por outro lado é um padrão que determina requisitos específicos de qualidade para produtos elétricos e eletrônicos, desde sua concepção conceitual até o serviço de reparo, retrabalho ou modificação, também possui membros e reconhecimento global.

Este trabalho parte da revisão do estado da arte das normas ISO 9001:2015 e 13485:2016 bem como do padrão IPC, e evolui para a sistemática de implantação da IPC na fábrica objeto deste estudo, de forma a garantir a satisfação dos requisitos das normas ISO e de qualidade do produto segundo a própria IPC.

A norma ISO 9001:2015 procura incentivar a qualidade dos processos de uma organização, aplicando importantes requisitos como: foco no cliente, liderança, engajamento das pessoas, abordagem de processos; melhoria, tomada de decisão baseada em evidência, gestão de relacionamento, planejamento das atividades, definição de metas, implementação de planos de ação e relacionamento com clientes, fornecedores e colaboradores. Em síntese é um instrumento que auxilia a identificar e mitigar o erro em processos ineficazes, com o foco na melhoria contínua de procedimentos e processos, objetivando o atendimento às metas estabelecidas dentro da organização.

A norma ISO 13485:2016, é semelhante à ISO 9001:2015, porém foi desenvolvida para organizações voltadas ao projeto e desenvolvimento, produção, instalação, manutenção e vendas de dispositivos médicos. É reconhecida internacionalmente para sistemas de gerenciamento de qualidade.

Uma organização certificada prova sua capacidade de fornecer produtos e serviços que atendem de forma consistente aos requisitos regulamentares aplicáveis e do cliente. Também fornece uma base prática para que os fabricantes atendam aos

regulamentos e responsabilidades, bem como demonstrem seu compromisso com a segurança e a qualidade. Uma norma de sistema de gestão da qualidade, não é específica para o produto, mas abrange os processos relevantes para a produção de qualquer tipo de equipamento.

Além do requisito qualidade exigido pelo cliente, o aumento da concorrência e o constante desenvolvimento da tecnologia, forçam as indústrias a buscar sempre um melhor resultado em seus processos, visando maior produtividade e competitividade.

A motivação pessoal do autor para o desenvolvimento deste estudo possui um embasamento na experiência profissional vivida durante os anos de 2021 e 2022. Os conhecimentos adquiridos e as dificuldades encontradas no mercado de trabalho, no setor de montagem de chicotes e placas eletrônicas, mostraram a necessidade de expor a realidade de uma fábrica deste setor no mercado brasileiro frente ao mercado internacional.

As informações apresentadas objetivam apresentar a amplitude e a importância das normas ISO e IPC, citadas acima, de forma prática, mostrando a real aplicação nos processos fabris, desde os processos de orçamento e aquisição de matéria prima até o faturamento. Este trabalho não se propõe a solucionar um problema específico de uma indústria eletrônica, ou um processo pontual, mas mostrar de forma geral quais são as atividades desenvolvidas e qual o embasamento técnico necessário que elas sejam executadas com maturidade. Para isto, após o levantamento bibliográfico das normas e padrões, bem como uma visão geral da empresa objeto deste estudo, o trabalho segue para uma abordagem prática, onde é escolhido um determinado produto e seu processo produtivo é acompanhado.

1.1 Objetivos

Como objetivo geral pretende-se identificar e avaliar a importância e a necessidade dos padrões ISO e IPC na qualidade do processo produtivo de cabos, chicotes e placas eletrônicas, numa empresa local, e cujos clientes têm produtos voltados para o mercado internacional e de área médica.

Para alcançar esse objetivo a pesquisa deve ser desenvolvida com base nos seguintes objetivos específicos:

- Identificar as normas e padrões para produção de cabos, chicotes e placas eletrônicas, voltadas para o mercado internacional.
- Descrever os requisitos dos padrões IPC, voltados para o processo produtivo de cabos, chicotes e placas eletrônicas com ênfase no mercado internacional e de área médica.
- Levantar e classificar dos processos destinados à montagem e fabricação de cabos, chicotes e placas eletrônicas, voltadas para o mercado internacional.
- Selecionar os padrões IPC necessários para o processo produtivo dos produtos eletrônicos adequados à empresa objeto deste estudo.

1.2 Justificativa

As particularidades da montagem do processo produtivo de placas eletrônicas, como pré-forma de componentes, inserção, soldagem, inspeção e teste elétrico tem grande importância na qualidade, confiabilidade e vida útil do produto. Esses processos devem ser padronizados e acompanhados para garantir a qualidade final requerida para um produto eletroeletrônico.

Segundo Dias (2019), o crescimento do mercado de produtos eletrônicos vem transformando o modelo de gestão das empresas que atuam neste segmento. Cada vez mais a necessidade de produtos de qualidade com alta confiabilidade e valor agregado é requerida pelo mercado internacional. O principal motivador da realização da pesquisa foi a necessidade da implementação de procedimentos de controle em um processo produtivo, capazes de certificar a qualidade e confiabilidade de placas eletrônicas tomando como base diretrizes e normas existentes, para serem utilizadas em produtos eletrônicos que requerem alta confiabilidade.

Existem itens críticos de fornecimento para a produção de equipamentos destinados a área médica, e de exportação, cujos mercados estão entre os mais exigentes. Placas eletrônicas, entre estes itens, são consideradas como de alta criticidade, pois são produzidas sob encomenda, possuem alto custo e *lead time* elevado, exigem fornecedores extremamente qualificados e dispostos a estabelecer uma relação de parceria com a empresa (COSTA; FERNANDES, 2015).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Visão geral da indústria eletrônica

O mundo assistiu ao surgimento da eletrônica, que segundo o dicionário Michaelis, é o estudo das propriedades e usos de dispositivos que dependem do movimento de elétrons em semicondutores, no vácuo e nos gases. Quando descobriu a primeira partícula elementar em 1897, Thomson não imaginava a revolução que isto traria para a sociedade.

Como é amplamente difundido, guerras trazem destruição, mas também a necessidade de desenvolvimento, e foi depois da segunda guerra mundial, que um cientista austríaco, Dr. Paul Eisner, criou a primeira PCI (Placa de Circuito Impresso) do mundo. Ele estava trabalhando na Inglaterra em um conceito para substituir as ligações das válvulas do rádio por algo menos volumoso. O conceito desenvolvido foi similar a uma placa de circuito impresso de face simples e, desde então, vários tipos de placas foram criados. No início, eram feitas de materiais cerâmicos e foram evoluindo tecnologicamente, passando por diversas modificações e adaptações. Hoje, são produzidas com multicamadas e, normalmente, são feitas com um material laminado denominado FR-4 (DORO, 2004).

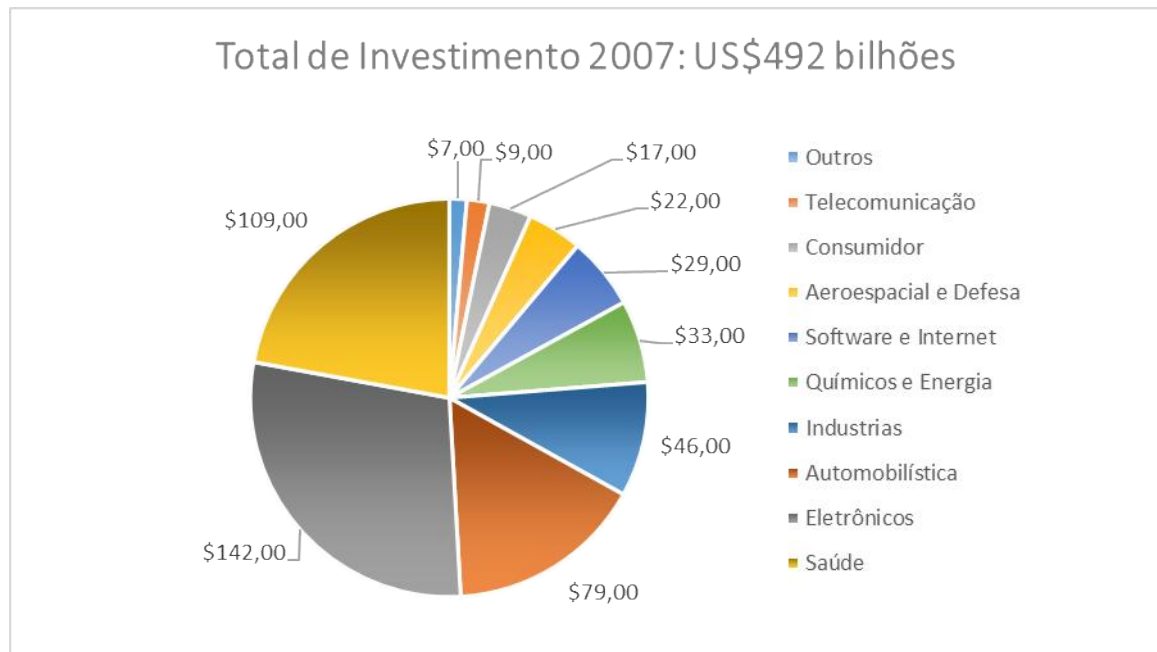
A placa de circuito impresso consiste em uma fina placa onde são impressas ou depositadas trilhas de cobre sobre um ou ambos os lados. Enquanto a placa se comporta como um isolante, as trilhas têm a função de conectar eletricamente os diversos componentes, para executarem suas funções no circuito. Os componentes são soldados em ilhas, ou em *pads*. Ilhas são partes das trilhas com espaço para uma junta de solda entre o terminal do componente e a placa. Existem duas maneiras de se montar componentes em uma PCI: PTH (*pin through hole*), onde os componentes possuem terminais que são inseridos em furos localizados nas ilhas, ou SMD (*surface mounted device*), onde os componentes são soldados diretamente sobre a superfície dos *pads* (MCB UP, 1991).

2.2 Setor eletrônico

Em seu estudo Jaruzelski e Dehoff, (2008), mostram que o investimento em *R&D – Research and Development* (em português Pesquisa e Desenvolvimento) no setor de tecnologia global expande acima dos índices de crescimento médio anual da

indústria de transformação em geral. Em 2007 multinacionais do mundo todo, destinaram US\$492 bilhões de dólares em *R&D*, dos quais, US\$221 bilhões representam a soma do montante investido em tecnologia para área eletrônica e da saúde, conforme mostra o Gráfico 1

Gráfico 1 - Total de Investimento 2007: US\$492 bilhões



Fonte: Adaptado de Jaruzelski e Dehoff (2008)

Bampi *et al.* (2009), afirma que o incremento da participação da produção brasileira neste setor, no longo prazo, é um objetivo estratégico para a política industrial e tecnológica do Brasil, e que o crescimento anual posterior a publicação de seu trabalho seria de 6% a 7%.

No final de 2021 a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) publicou o levantamento das atividades econômicas do setor, e mencionou que os principais indicadores do setor eletroeletrônico iriam no ano de 2021 superar o crescimento em relação à 2020, superando também os patamares de 2019, período anterior à pandemia.

O faturamento da indústria eletroeletrônica atingiu R\$ 214,2 bilhões no ano de 2021, com crescimento nominal de 24% em relação ao realizado em 2020 (R\$ 173,2 bilhões). Em termos reais, ou seja, descontando a inflação do setor projetada em 16%, o incremento foi de 7%, conforme previu Bampi em 2009. Na Tabela 1 é possível

verificar os principais indicadores do setor de eletrônicos entre 2019 e 2021 (ABINEE, 2021).

Tabela 1 - Principais indicadores do setor de eletrônicos

Principais Indicadores do Setor

Indicador	2019	2020	2021 *	2021 * X 2020
Faturamento (R\$ milhões)	153.007	173.192	214.234	24%
Faturamento (US\$ milhões)	38.774	33.579	39.820	19%
Produção Física (variação % no ano)	0,1%	-2,2%	3,0%	-
Exportações (US\$ milhões)	5.631	4.478	5.630	26%
Importações (US\$ milhões)	32.034	31.401	39.453	26%
Saldo (US\$ milhões)	-26.403	-26.923	-33.823	26%
Nº de Empregados (mil)	234,5	247,3	266,0	8%
Utilização Capacidade Instalada (%)	78%	78%	80%	-
Investimentos (R\$ milhões)	2.754	2.910	3.642	25%
Investimentos (% do Faturamento)	1,80%	1,68%	1,70%	-

* projeção

Fonte: ABINEE (2021)

Na Tabela 1 é possível notar o déficit na balança comercial de componentes eletrônicos, que se dá, sem dúvida, diante da quase inexistente fabricação interna desses produtos. Em particular, não existe nenhuma indústria que detenha o ciclo completo de produção de circuitos integrados, segmento que concentra cada vez maior valor agregado dos produtos eletrônicos (ABINEE, 2021).

A Tabela 2 apresenta o balanço comercial especificamente das placas de circuito impresso entre 2015 e 2020.

Tabela 2 - Balança comercial do segmento de placas de circuito impresso de 2015 - 2020 (US\$ Milhões)

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Importação	399,9	310,5	388,5	424,0	414,0	356,1
Exportação	6,3	3,0	1,8	3,1	3,0	2,7
Saldo	-393,6	-307,5	-386,6	-420,9	-411,0	-353,3

Fonte: Adaptado de Secex (2021)

Melo *et. al* (2001), afirmam que o mercado brasileiro de PCI tem sido suprido por importações pois, apesar da indústria nacional ser competitiva quanto à qualidade de seus produtos e praticar preços coerentes com os fabricantes americanos e europeus, a concorrência com os países asiáticos é extremamente difícil. Lá estão localizadas as principais plantas de produtos eletrônicos do mundo e, assim, as fábricas de PCI operam em grandes escalas, reduzindo significativamente os preços das placas produzidas.

2.3 Normas regulamentares

Um padrão técnico ou norma regulamentar é um documento estabelecido em conformidade entre vários órgãos, empresas ou grupos e aprovado por uma entidade reconhecida que fornece, para o uso global e recorrente, diretivas e procedimentos para se obter ótimos resultados de uma atividade em determinada circunstância. Esta é a definição internacional de norma, na qual as normas ISO estão inseridas. Como enriquecimento é valoroso citar que as normas técnicas são estabelecidas por consenso entre as partes interessadas e aprovadas por um organismo reconhecido. Além disso, toda norma é desenvolvida em consenso entre todos os interessados, visando o aumento e desenvolvimento da economia global, levando-se em conta as condições dos fatores internos dos ambientes empresariais como segurança e bem-estar. As normas técnicas são aplicáveis a produtos, serviços, processos, sistemas de gestão, pessoal, e nos mais diversos setores (MARIANI, 2006).

2.4 ISO 9001:2015

A gestão da qualidade total, como conhecemos hoje, foi especialmente difundida nas décadas de 1980 e 1990, porque o mundo todo queria conhecer as ferramentas que haviam propiciado tão rápido e sólido renascimento industrial ao Japão, mostrando crescimento pujante deste país, frente a crises mundiais como a do petróleo de 1973 e 1979.

Mello (2011) comenta que na sequência, na década de 1980, surgiram as normas ISO 9000, que se tornaram um símbolo de reconhecimento de qualidade. Os principais instrumentos preconizados pela gestão da qualidade relacionam-se a mudanças na forma de pensar os produtos, serviços e seus processos. Todos os colaboradores, de dentro de uma empresa, precisam estar envolvidos com a qualidade, e para isso, precisam desenvolver esforços em treinamentos e programas de qualidade (MELLO, 2011).

A gestão pela qualidade é a maneira pela qual a empresa busca a satisfação de seus clientes e funcionários, organiza seus órgãos e realiza suas operações, adotando uma interdependência lógica entre as etapas do processo (Guelbert, 2009). Para produzir com eficiência e eficácia, torna-se necessário escolher e definir um sistema de qualidade que seja mais adequado ao produto ou serviço que se pretende produzir.

Cada organização tem seus produtos ou serviços e perfil específico para seus clientes. As características de um sistema de gestão da qualidade (SGQ) podem ser entendidas como únicas para cada empresa, seja ela uma empresa fabricante de equipamentos eletrônicos ou uma prestadora de serviços de limpeza, por exemplo (UENO, 2017).

A qualidade pode ser entendida por vários pontos de vista. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2015, p. 21) em sua norma ISO 9000, define qualidade como “o grau no qual um conjunto de características inerentes a um objeto satisfaz requisitos”.

Segundo Mello (2011) as normas da família ISO 9000, foram criadas pela *International Organization for Standardization* (ISO). Trata-se de uma organização não governamental com sede em Genebra, na Suíça, da qual fazem parte associações e entidades de 163 países. Seu intuito é criar padrões universais para determinados produtos, serviços ou sistemas.

Para Nascimento (2017), a ISO adotou esta sigla uma vez que ela remete ao termo grego *ISOS* (que significa “igual”) e demonstra o caráter uniformizador da entidade. Logo depois da criação da ISO, o Departamento de Defesa americano desenvolveu um sistema de padronização chamado *Quality Assurance*, segundo o qual as organizações envolvidas estabeleciam procedimentos para gerenciar todas as funções que afetavam a qualidade dos produtos manufaturados.

O Brasil é representado, na ISO, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, onde a tradução e a edição das normas ficam a cargo desta entidade. Por isso, as normas brasileiras, embora comumente chamadas apenas ISO, têm o nome ABNT NBR ISO. NBR significa Norma Brasileira. Na ABNT, quem cuida das normas relativas à qualidade é o Comitê Brasileiro da Qualidade, conhecido como ABNT/CB-25 (MELLO, 2011).

Em setembro de 2015 a quinta versão da norma ISO 9001:2015 foi publicada oficialmente no site desta organização Internacional sediada na Suíça. No Brasil, apenas uma semana depois, a versão brasileira foi lançada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esta revisão foi realizada com profissionais do mundo inteiro ao longo de três anos de trabalho (SOUZA, 2017).

Como a qualidade tornou-se um grande foco de negócios em todo o mundo, várias empresas começaram a estabelecer as normas e diretrizes para os sistemas de Gestão para a Qualidade, acarretando uma diversidade de normas que empresas deveriam atender. Dessa forma, não tardou muito para que o ISO TC 176 elaborasse a série de normas de qualidade ISO 9000, em 1987 (Nascimento, 2017).

Atualmente a série ISO 9000 é composta pelas seguintes normas:

- ISO 9000: 2015 — Sistemas de Gestão da Qualidade — Fundamentos e Vocabulário (ABNT, 2015): descreve os fundamentos de SGQ e estabelece a terminologia para estes sistemas.

- ISO 9001: 2015 — Sistemas de Gestão da Qualidade — Requisitos (ABNT, 2015): especifica requisitos para um Sistema de Gestão da Qualidade, em que uma organização precisa demonstrar sua capacidade para fornecer produtos que atendam aos requisitos do cliente e aos requisitos regulamentares aplicáveis, objetivando aumentar a satisfação do cliente;

- ISO 9004:2010 — Sistemas de Gestão da Qualidade Diretrizes para Melhoria do Desempenho (ABNT, 2010): fornece diretrizes que consideram tanto a eficácia como a eficiência do sistema de gestão da qualidade. O objetivo desta norma

é melhorar o desempenho da organização, a satisfação dos clientes e das outras partes interessadas

A norma ISO 9001 é a única da série que apresenta os requisitos para a certificação. Essa norma se concentra em cinco áreas-chave de gestão de sistemas da qualidade: responsabilidade de gestão, gestão de recursos, realização do produto ou serviço, medição, análise e melhoria.

A revisão das normas de qualidade da série ISO 9000 tem como finalidade refletir as mudanças no ambiente em que são usadas e assegurar que se mantém adequadas para o seu propósito. A Norma ISO 9001:2015 contempla os principais itens, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Itens da norma ISO 9001:2015

Tópico da ISO 9001:2015	Descrição básica
0 – Introdução 1- Escopo 2 - Referência Normativa 3 - Termos e Definições	Parte introdutória da norma, com a apresentação dos conceitos e fundamentos. Apresenta a abordagem de processos, o Modelo do Sistema de Gestão da Qualidade e o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act). Esclarece que se trata de uma norma de requisitos e, portanto, passível de certificação.
Requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade 4 - Contexto da Organização	Compreende novo conjunto de requisitos obrigatórios, relacionado fortemente com a gestão estratégica. Define que a empresa deve antes de estabelecer, documentar, implementar e manter seu SGQ: 4.1 entendendo a organização e seu contexto; 4.2 entendendo as necessidades e expectativas das partes interessadas; 4.3 determinando o escopo do sistema de gestão da qualidade; 4.4 sistema de gestão da qualidade e de seus processos. Fundamenta-se na análise do ambiente interno e externo e nas necessidades e expectativas das partes interessadas como pressuposto para a elaboração do Sistema de Gestão da qualidade. Equivale a etapa Plan do ciclo PDCA.
5- Liderança	Detalha os requisitos ligados ao papel da liderança na elaboração e manutenção do SGQ, em especial o comprometimento da Direção e o foco no cliente. Estabelece que a empresa deve definir uma política e objetivos da qualidade, assegurando que as regras organizacionais, responsabilidades e autoridades sejam definidas e comunicadas em toda a organização e que a Alta Direção deve analisar criticamente o SGQ para assegurar sua contínua adequação, suficiência e eficácia. Requisitos: 5.1 liderança e comprometimento; 5.1.1 liderança e comprometimento para o sistema de gestão da qualidade; 5.1.2 foco no cliente; 5.2 política; 5.3 papéis, responsabilidades e autoridades organizacionais. Equivale a etapa Plan do ciclo PDCA. Em comparação com a revisão 2008, esta versão dá destaque ao papel da direção na condução do SGQ.
6- Planejamento	Compreende novo conjunto de requisitos obrigatórios, relacionado fortemente com a gestão estratégica. Estabelece que a organização deva definir: 6.1 ações para abordar riscos e oportunidades; 6.2 objetivos da qualidade e planejamento para alcançá-lo; 6.3 planejamento de mudanças. O único item equivalente na versão anterior é relativo ao estabelecimento de Objetivos da qualidade, que também está fortemente alinhado à gestão estratégica. Equivale a etapa Plan do ciclo PDCA.
7- Apoio	Compreende novo conjunto de requisitos obrigatórios, relacionado fortemente com a gestão estratégica. Principalmente em relação aos requisitos: 7.1.4 - Ambiente para a operação dos processos e 7.1.6- O conhecimento organizacional. O conjunto de requisitos estabelece que os recursos devem ser gerenciados para que os processos tenham os seus objetivos atingidos. Deve ser determinada a necessidade de recursos humanos, de infraestrutura ambiente de trabalho. Destaca a necessidade de avaliação da competência, treinamento e conscientização para assegurar a conformidade: 7.1 Recursos; 7.1.1 Generalidades; 7.1.2 Pessoas; 7.1.3 Infraestrutura ; 7.1.4 Ambiente para a operação dos processos; 7.1.5 Recursos de monitoramento e medição; 7.1.6 O conhecimento organizacional; 7.2 Competência 7.3 Conscientização; 7.4 Comunicação; 7.5 Informação documentada. Equivale a etapa Plan do ciclo PDCA.
8- Operação	Esse conjunto de 24 requisitos está diretamente relacionado à realização de produto (parte Do do ciclo PDCA) e estabelece mecanismos para a conformidade dos produtos e serviços, desde o seu projeto de desenvolvimento, até a entrega ao cliente. Envolve os seguintes itens: 8.1 planejamento e controle operacional; 8.2 determinação dos requisitos de produtos e serviços; 8.2.1 comunicação com o cliente; 8.2.2 determinação de requisitos relacionados a produtos e serviços; 8.2.3 análise crítica dos requisitos relacionados a produtos e serviços; 8.3 concepção e desenvolvimento de

	produtos e serviços; 8.3.1 geral; 8.3.2 projeto e planejamento do desenvolvimento; 8.3.3 entradas de projeto e desenvolvimento; 8.3.4 controles de projeto e desenvolvimento; 8.3.5 saídas de projeto e desenvolvimento; 8.3.6 alterações em projeto e desenvolvimento; 8.4 controle de produtos e serviços fornecidos externamente; 8.4.3 informações para fornecedores externos; 8.4.2 tipo e extensão do controle do fornecimento externo; 8.5 produção e fornecimento de serviço; 8.5.1 controle de produção e fornecimento de serviço; 8.5.2 identificação e rastreabilidade ; 8.5.3 propriedade pertencente a clientes ou fornecedores externos; 8.5.4 preservação; 8.5.5 atividades de pós-entrega; 8.5.6 controle de alterações; 8.6 entrega de produtos e serviços; 8.7 controle de produtos e serviços e saídas de processos não-conformes.
--	---

Fonte: Adaptado de ISO 9001:2015 (ABNT, 2015)

2.5 IPC

Inicialmente criado em 1957 para a padronização de placas de circuito impresso, os Padrões IPC hoje representam a padronização de toda a cadeia produtiva de um produto eletrônico. A IPC é uma organização sem fins lucrativos, dirigida por membros e principal fonte de padrões, treinamento, inteligência e defesa de políticas públicas voltadas para indústria eletrônicas . É a associação global que ajuda OEMs (*Original Equipment Manufacturer*), EMS (*Electronic Manufacturing Service*), fabricantes e fornecedores de *PCB (Printed Circuit Boards)* a construir eletrônicos cada vez com mais qualidade, tem como principal objetivo ajudar o mundo a construir produtos eletrônicos melhores.

Mais de 3.000 empresas em todo o mundo dependem dos programas e serviços da IPC para aumentar sua vantagem competitiva e sucesso financeiro. Os membros da IPC representam todas as áreas da indústria eletrônica, incluindo *design*, fabricação de placas impressas, montagem eletrônica e teste (IPC, 2022).

A IPC é uma associação comercial global dedicada a promover a excelência competitiva e o sucesso financeiro de seus membros, que são participantes da indústria eletrônica. Na busca desses objetivos, a IPC dedica recursos a programas de aprimoramento de gestão e aprimoramento de tecnologia, criação de padrões relevantes, proteção do meio ambiente e relações governamentais pertinentes. A IPC incentiva a participação ativa de todos os seus membros nessas atividades e se compromete a cooperar plenamente com todas as organizações relacionadas (CURRENTS, 2010).

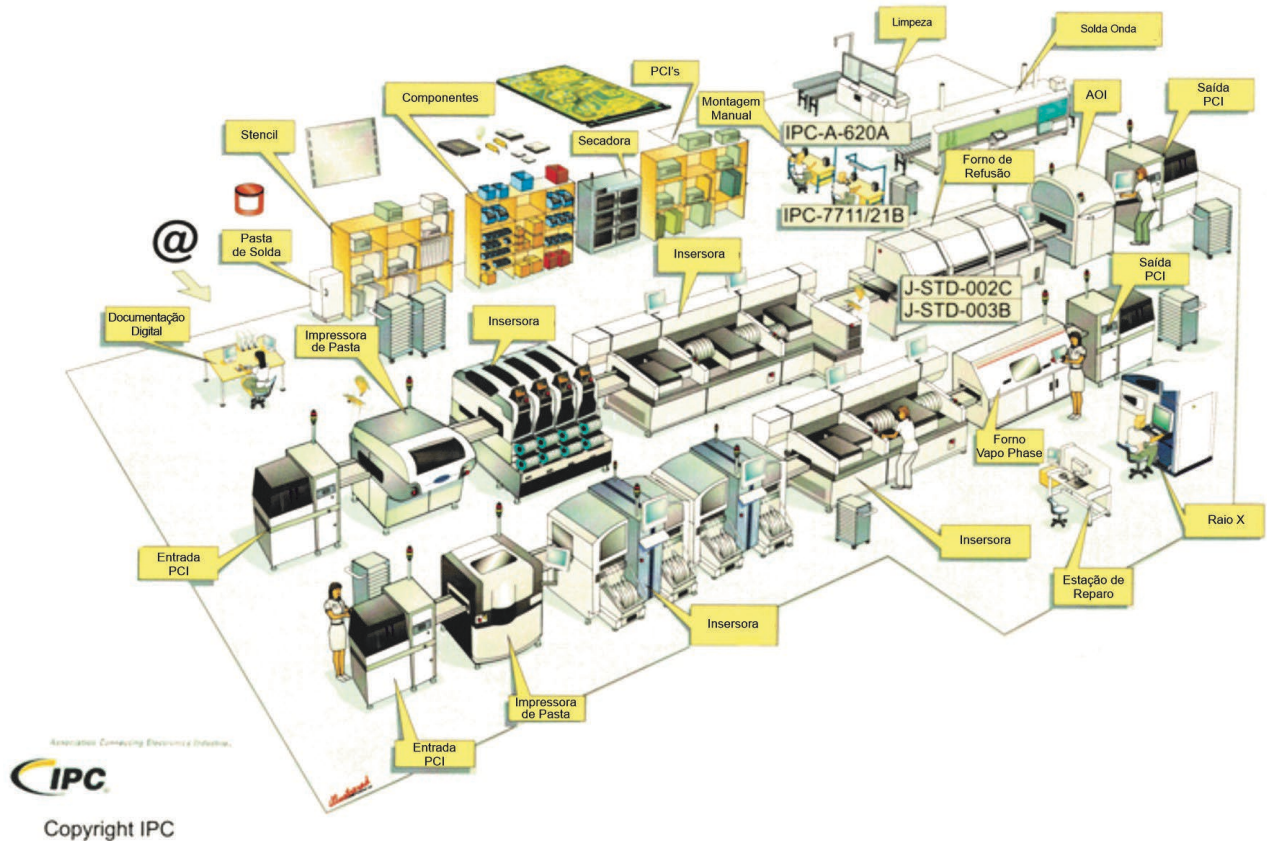
2.5.1 *Layout* da indústria eletrônica

O dimensionamento e alocação dos equipamentos de uma linha produtiva têm fundamental importância dentro de uma indústria. O principal motivo de uma profunda

análise para organização destes recursos é dispor todos os elementos do sistema de produção de forma que garantam o fluxo eficiente do que está sendo produzido pelo processo da empresa como um todo, maximizando a produtividade e economizando tempo e diminuindo a logística interna (CHASE; JACOBS; AQUILANO,).

A Figura 1 representa um possível *layout* para uma fábrica de montagem de placas eletrônicas. O modelo disposto na imagem apresenta um processo de inspeção *online*, ou seja, a inspeção é feita através de máquinas óticas conhecidas como *AOI* (*Automatic Optical Inspection*), entre os processos de impressão de pasta e *pick and place* dos componentes, e entre o *pick and place* e a refusão, cujo processo é responsável pela soldagem dos componentes na PCI. Segundo Erdahl e Fellow (2004), este processo de inspeção de qualidade tem baixo custo, alta velocidade, baixo impacto, não é invasivo e garante a qualidade final de montagem da placa eletrônica. Porém, para ser viável é necessário que a quantidade das placas seja elevada, uma vez que para cada tipo de placa é necessário um *setup* de montagem e a configuração de um programa específico na máquina de inspeção. Além disso, as placas devem utilizar basicamente, ou em sua maioria a tecnologia *SMD*, uma vez que a inserção de componentes *PTH* é feita através de linhas de montagem manual.

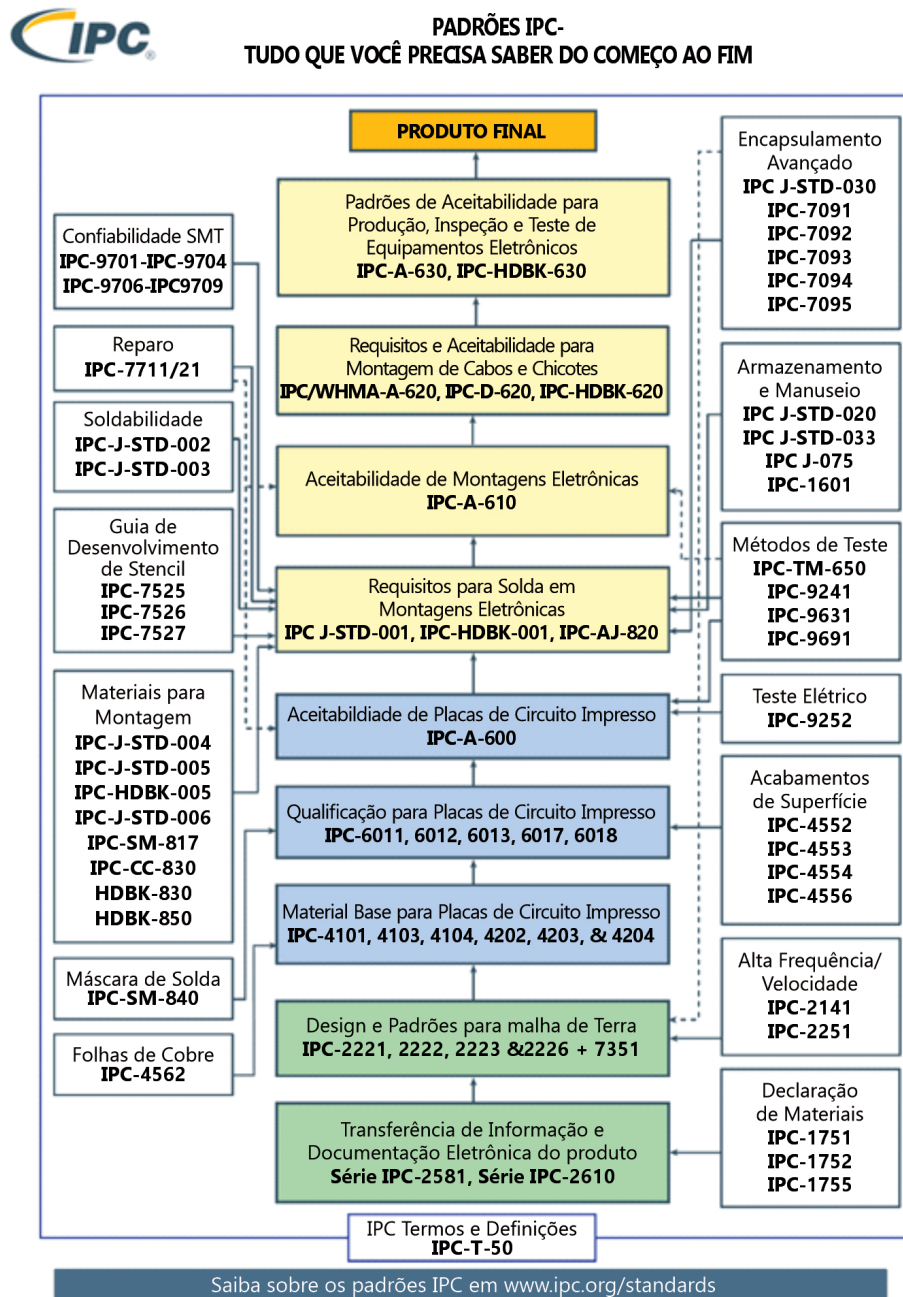
Figura 1 - Modelo de layout para indústria montadora de placas eletrônicas



Fonte: Adaptado de IPC Copyright (2022)

Ainda na Figura 1 é possível notar alguns padrões relacionados a certos pontos da linha de montagem. IPC-A-620, IPC-7711/21B, J-STD-002C e J-STD-003B. Estes documentos definem os requisitos para cada etapa do processo produtivo, garantindo alta confiabilidade dos produtos eletrônicos em suas aplicações. A Figura 2 representa de forma resumida a árvore dos padrões da IPC, assim como é chamada pela própria organização, e seus respectivos escopos de abrangência.

Figura 2 - Árvore dos padrões da IPC e seus respectivos escopos



Fonte: Adaptado de IPC (2022)

Conforme citado no começo deste capítulo, a IPC foi criada para padronizar o modelo das placas de circuito impresso, porém na Figura 2 é possível notar que hoje, esta organização determina critérios de qualidade para todas as etapas de um produto eletrônico, desde o seu desenvolvimento até o reparo em um serviço de pós-vendas. Para Perez, Wilson e Reyes (2010) os Padrões IPC foram desenvolvidos com o intuito

de definir padrões de fabricação de um produto e permitir a integração entre os componentes eletrônicos de forma a garantir que seja alcançado o objetivo de qualidade esperado de forma repetitiva e padronizada, consolidando os produtos e serviços da Indústria Eletrônica.

Com a finalidade de entender melhor como são divididos os padrões da IPC, na Figura 2 é possível notar que existem vários documentos de apoio, identificados pelos códigos nas laterais, e na coluna central estão os documentos principais, onde o processo de desenvolvimento é dividido e identificado pelas cores verde, azul e amarelo. Os documentos de apoio têm como principal função expor as particularidades de seleção de componentes, *design* de circuitos e seleção de materiais para placas de circuito impresso levando em consideração a finalidade do projeto.

Na primeira etapa, identificada pela cor verde, o documento IPC-2141 expõe as melhores práticas e comparativos para o *design* de projetos que operam em alta frequência, e necessitam de impedância controlada no circuito. Traz comparativos em relação à geometria de interconexão de trilhas, permissividade da PCI, comprimento máximo das trilhas, quais os tipos de substrato e qual o modelo de panelização adequado para a finalidade proposta, entre várias outras particularidades de projetos que possuem esta característica. A IPC-2141, bem como a IPC-2251 e os outros três documentos informados no item “Declaração de Materiais” apresentam informações complementares para os dois itens da primeira etapa do processo de uma placa eletrônica, que é o projeto. Esta etapa representa a metodologia de transferência e armazenagem, de documentação de processo entre o *designer* e o fabricante, bem como as melhores práticas para design das placas eletrônicas, tomando como base seu aspecto de funcionamento.

A segunda etapa, identificada pela cor azul, é voltada para o fabricante de PCI's, pasta de solda e fluxo. Os documentos à esquerda determinam critérios de aceitação para a composição química dos materiais utilizados na produção de compostos isolantes em placas, bem como seu processo de fabricação em si. Análogo aos documentos da esquerda os da direita representam critérios de escolha dos materiais para acabamento da superfície da PCI, para isto, apresentam comparativos entre os materiais e métodos de medição de resistência, análise de metalização de furos, teste de isolamento e geração de arquivos de teste por software CAD.

A etapa com maior número de padrões e documentos, identificada pela cor amarela, é a que tem maior correlação com a empresa objeto deste estudo, uma vez que ela é montadora de placas de circuito impresso, e as normas apresentadas nesta etapa tem a função de definir os critérios de aceitação para armazenamento de PCI's e componentes, implementação do processo de montagem de componentes 3D dos lados TOP e BOT da PCI, método de montagem dos mais diversos tipos de encapsulamentos de componentes, tanto SMD quanto PTH, além de outros pontos pertinentes aos processos industriais de montagem de cabos e placas eletrônicas. Também determina como proceder com testes elétricos *In Circuit*, ou seja, teste em placas montadas e funcionando, além de elucidar critérios de aceitação para soldabilidade e desenvolvimento de *Stencil*.

A empresa do setor eletrônico, seja de desenvolvimento de projeto ou de montagem de placas eletrônicas que tem acesso à este *know how* por meio da associação à IPC, sem dúvida está preparada para colocar seus produtos no mercado com a qualidade desejada.

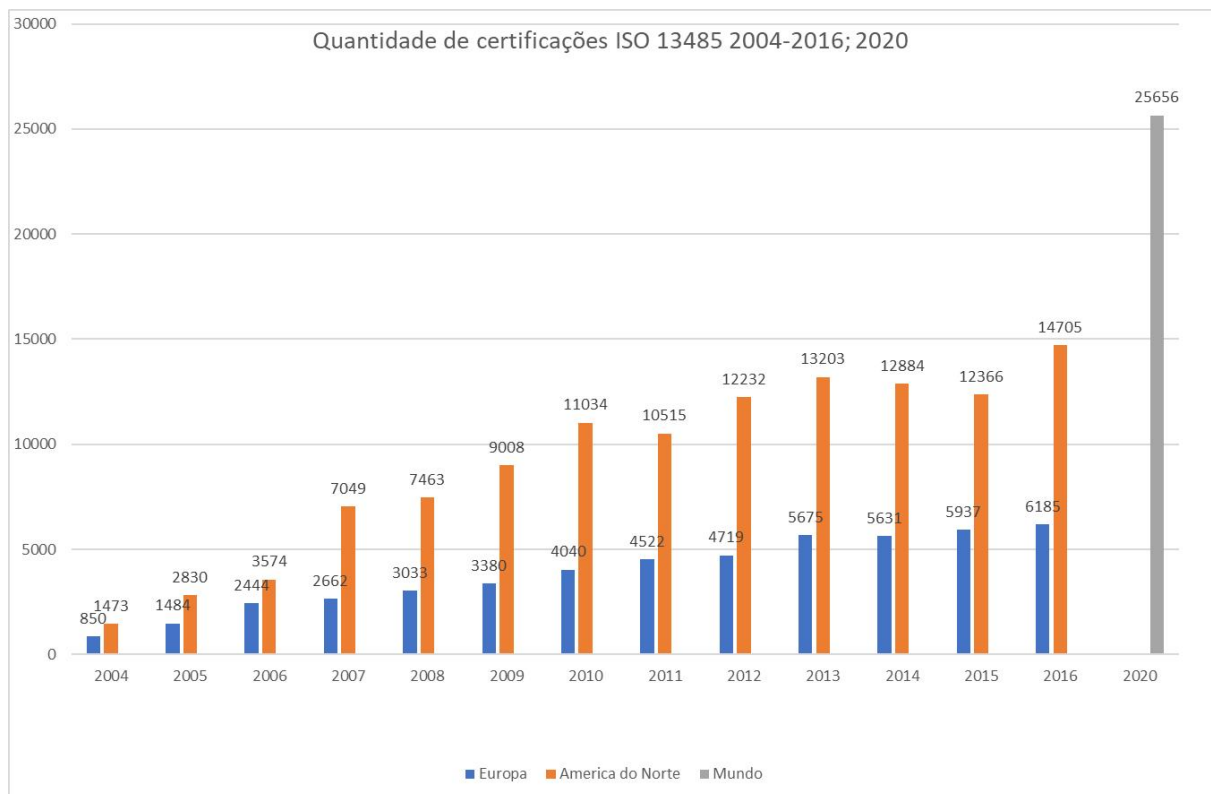
2.6 ISO 13485:2016

Segundo Lo e Chang (2007), a principal norma que enfatiza a implementação e gestão de um sistema de qualidade maduro é a ISO 9001, que foi publicada inicialmente em 1987. Desta norma surgiram várias outras, dentre elas a ISO 13485 que foi elaborada em 1996 e atualmente está na revisão de 2016. A certificação nesta norma é requisitada por empresas que atuam com equipamentos ou serviços da área da saúde e que desejam desenvolver um sistema de gestão da qualidade eficaz.

A definição e escopo deste padrão, segundo o impresso ISO 13485/2016 – Produtos para saúde - Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos para fins regulamentares, é a norma da ABNT que especifica os requisitos para um sistema de gestão da qualidade que pode ser usado por uma organização envolvida em um ou mais estágios do ciclo de vida de um produto para saúde, incluindo projeto e desenvolvimento, produção, armazenamento e distribuição, instalação, assistência técnica e disposição e descarte final de produtos para saúde, e o projeto e desenvolvimento ou o fornecimento de atividades associadas como por exemplo suporte técnico (ABNT, 2016).

Ainda segundo Lo e Chang (2007), aspectos de um sistema de qualidade maduro e bem gerenciado são exigidos pela *FDA (Food and Drug Administration)* desde 1976, o que motivou rápido e abrangente crescimento desta norma. De acordo com uma publicação feita pela ISO em 2016 o número de certificações entre 2004 e 2016 manteve um crescimento de 91% na Europa. A ISO efetua levantamentos das certificações de suas normas, e em sua última publicação em 2020, é possível notar através do Gráfico 2, o crescimento de forma quantitativa do número de certificações entre o período citado acima, na Europa e na América do Norte, e comparativamente verificar o total de certificações no mundo todo em 2020.

Gráfico 2 - Comparativo da quantidade de certificações no padrão ISO 13485. 2004-2016; 2020



Fonte: Adaptado de ISO SURVEY (2020)

Conforme Desgranges (2018), as empresas ao se certificarem nesta norma, abrem as portas para fornecimento no mercado Europeu, que é restringido em 3 diretivas: 90/385/CEE, 93/42/CEE e 98/79/CE. As correspondências entre estas diretivas e a norma estão presentes em três anexos da norma ISO 13485: ZA, ZB e ZC. A conformidade com estas diretivas e os regulamentos 2017/745 e 2017/746, cuja

aplicação é obrigatória a partir de 2020 permitem ao produto obter a marcação CE que autoriza a comercialização de dispositivos médicos no mercado europeu.

Em resumo, a ISO 13485 é uma norma de sistema de gestão da qualidade, cujo objetivo é ajudar as empresas a cumprir os requisitos das diretivas e regulamentos europeus, objetivando a obtenção a marcação CE, que é a declaração por parte do fabricante de que o produto atende a todos os dispositivos apropriados da legislação relevante que implementam determinadas Diretivas Europeias, ou seja, é um indicativo de conformidade obrigatória para diversos produtos comercializados no Espaço Econômico Europeu, além de implementar internamente um sistema de gestão da qualidade eficaz e robusto, proporcionando a melhoria contínua dos produtos e serviços por ela oferecidos.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

De acordo com a classificação de Gil (1999), os métodos de pesquisa podem ser qualitativos como estudos de caso, ou quantitativos como experimentos e pesquisas aplicadas. A pesquisa para formular este estudo tem natureza aplicada. Conforme descrito por Flick (2004) a escolha do método da pesquisa está relacionada aos objetivos definidos do estudo.

Este trabalho leva em consideração o ponto de vista da abordagem do problema, pois segundo Neves (1996) a pesquisa qualitativa é direcionada no decorrer de seu desenvolvimento, seu objetivo é mais genérico e parte da obtenção de dados descritivos obtidos a partir das experiências do autor com o meio de estudo.

É também um estudo de caso e pesquisa ação, pois para Dresch *et. al* (2015), estudo de caso é uma abordagem metodológica que se destaca nas aplicações, no que tange às pesquisas nas áreas de gestão de operações e administração, que se enquadra neste trabalho por meio da implantação por parte da administração da empresa, das normas e padrões descritos. A pesquisa ação segundo Engel (2000), é um método de pesquisa participante engajada, que procura unir a pesquisa à prática, onde se faz necessário a implementação prática dos requisitos requeridos pelas normas e padrões.

3.2 Descrição das contempladas no trabalho

Pesquisa pode ser definida como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A necessidade de efetuar uma pesquisa surge quando a informação não é suficiente para resolver determinado problema, ou quando a informação precisa não está disposta de forma que possa ser aplicada ao problema, com o objetivo de resolvê-lo (GIL, 1996).

Seguindo as definições apresentadas no item 3.1 Caracterização da pesquisa, este trabalho desenvolve-se ao longo de um processo que foi organizado em seis capítulos.

O primeiro capítulo é destinado ao problema da pesquisa, objetivos e construção da justificativa do desenvolvimento deste estudo. Para realização desta

etapa, mais especificamente na formulação dos objetivos, é requerida uma análise prévia de todas as variáveis que possam influenciar no decorrer do trabalho, pois com a caracterização da pesquisa sendo definida como pesquisa ação, o autor responde perguntas ao mesmo tempo que aplica os métodos estudados, de forma que possa selecionar as informações que serão contempladas na pesquisa.

O segundo capítulo abrange o estudo bibliográfico. Na primeira parte do levantamento do estado da arte são mostrados os números em relação a investimentos em tecnologia e faturamos do setor eletrônico e de equipamentos voltados para área da saúde. Em seguida é realizada uma discussão sobre o conhecimento disponível a respeito das normas de gestão da qualidade, seu histórico, sua função e benefícios. Além das normas de gestão também é discorrido brevemente sobre o padrão IPC.

A próxima etapa tem foco no estudo de caso realizado na empresa objeto de estudo deste trabalho. A escolha desta empresa deve-se ao conhecimento prévio de sua estrutura, processos e a aplicação das ferramentas de gestão e padrões abordados na revisão bibliográfica. No estudo de caso são abordadas as particularidades da empresa, de seus processos e organização. Nesta fase também é aprofundado o contexto dos padrões IPC dentro da indústria, correlacionando alguns deles com os processos da empresa.

O quinto capítulo apresenta os resultados e discussões, onde em posse das informações da etapa anterior, é feito o acompanhamento de um produto do começo ao fim do processo produtivo. Este procedimento de pesquisa ação justifica-se em função da aplicação das normas e padrões abordados, mostrando a importância do departamento da qualidade e o papel do autor nos processos comentados.

O sexto e último capítulo, traz por fim as conclusões. A presente pesquisa não foi desenvolvida, conforme comentado, apenas com base no referencial teórico. Dentre os procedimentos metodológicos adotados, a experiência vivenciada em uma empresa de montagem de placas eletrônicas sustenta os métodos de aplicações das normas e padrões aqui discutidos.

4 ESTUDO DE CASO: IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DAS NORMAS DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA MONTADORA DE CABOS E PLACAS ELETRÔNICAS

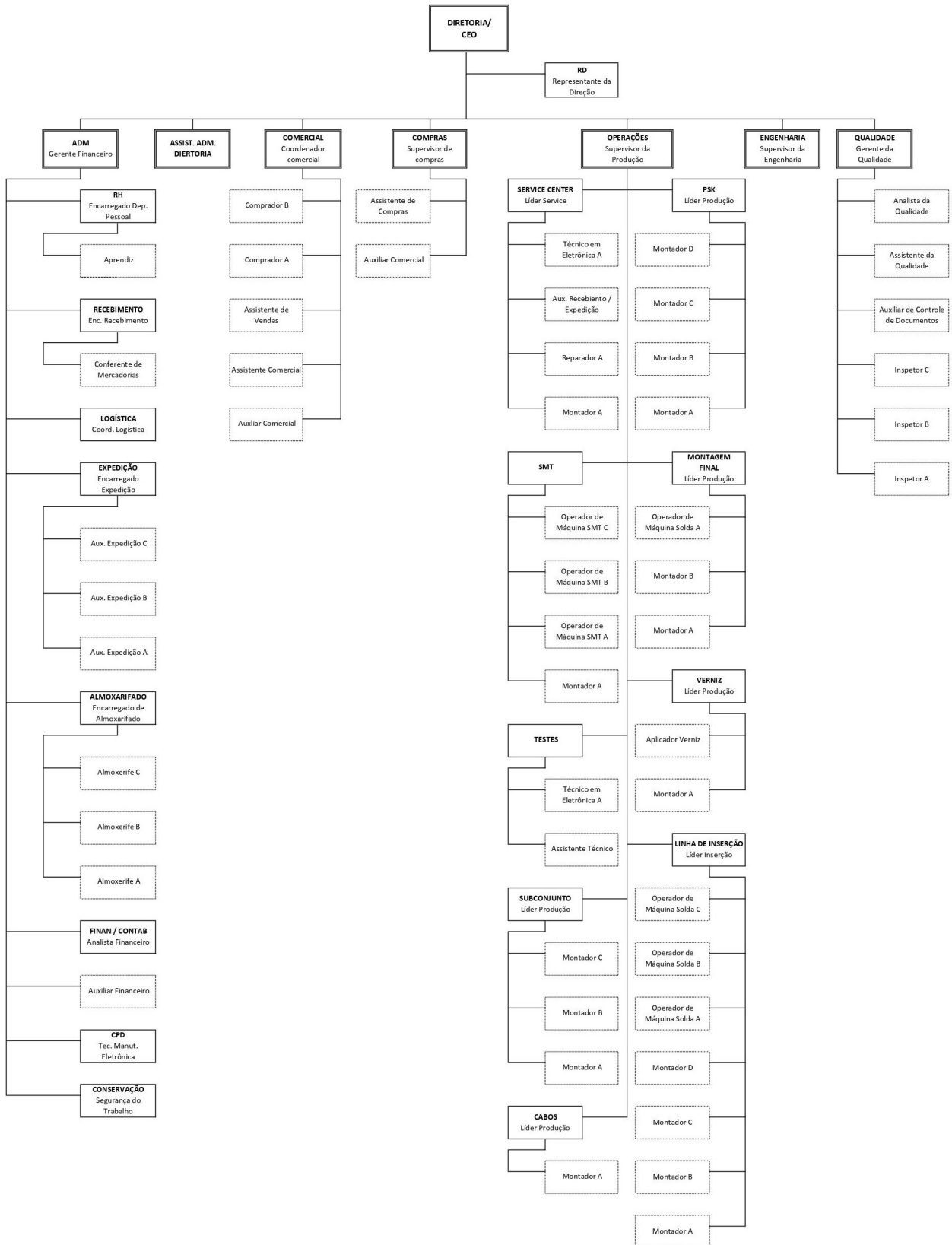
Este estudo foi desenvolvido em uma indústria terceirizada do setor de montagem de cabos e placas eletrônicas. A indústria em questão fica sediada no sul do Brasil, conta com um quadro geral de aproximadamente 100 funcionários e tem como principais clientes empresas da área de transporte, militar, automotiva, commodities e médica, sendo que alguns fazem exportação de seus produtos. A Figura 3 representa o organograma da empresa objeto estudo deste trabalho.

Como mostrado no organograma, a estrutura administrativa e produtiva da indústria é constituída por 7 áreas interdependentes entre si. A figura do RD – Representante da Direção, é exigida pela norma ISO13485 e cabe a responsabilidade para: [...] assegurar que os processos necessários para o sistema de gestão da qualidade sejam estabelecidos, implementados e mantidos; relatar à alta direção o desempenho do sistema de gestão da qualidade e qualquer necessidade de melhoria; assegurar a promoção da conscientização sobre os requisitos do cliente em toda a organização (ABNT, 2016).

Segundo a norma, este cargo deve ser divulgado e reconhecido por todos dentro da empresa para que se possa ter o real envolvimento desta pessoa em todos os setores da fábrica, garantindo assim que as decisões da alta direção sejam implementadas, acompanhadas, analisadas e melhoradas na fábrica. Na empresa em questão este cargo pertence ao autor deste trabalho.

Figura 3 - Organograma da indústria foco deste estudo

ORGANOGRAMA



Fonte: Autoria própria (2022)

4.1 Política da qualidade

A direção da empresa, através da reunião da Alta Administração (A.A.) deve determinar a política da qualidade de forma que ela seja aplicável ao propósito da organização, inclua um comprometimento com o cumprimento dos requisitos e com a manutenção da eficácia do sistema de gestão da qualidade e proporcione uma estrutura para estabelecimento e análise crítica dos objetivos da qualidade (ABNT, 2016).

Durante o processo de recertificação das normas ISO 9001:2015 e ISO 13485:2016 da empresa objeto deste estudo, que ocorreu em fevereiro deste ano (2022), o auditor responsável pelo processo de recertificação do organismo certificador, solicitou que a Política da Qualidade fosse reelaborada, pois não abrangia de forma clara o escopo de atuação da empresa no mercado em que ela está estabelecida, a nova Política da qualidade é mostrada no Quadro 2.

Quadro 2 - Política da qualidade

“Perpetuar a operação através da melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade focado no atendimento das necessidades do mercado de montagem de placas eletrônicas, cabos e integração de produtos, atendimento aos requisitos legais e regulamentares e respeito ao meio ambiente e a comunidade”.

Fonte: Autoria própria (2022)

Para melhor elucidação das necessidades de abrangência da Política da Qualidade ela será dividida em 4 pontos para análise.

- 1 Perpetuar a operação através da melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade[...]
- 2 [...]focado no atendimento das necessidades do mercado de montagem de placas eletrônicas, cabos e integração de produtos, [...]
- 3 [...] atendimento aos requisitos legais e regulamentares e
- 4 [...] respeito ao meio ambiente e a comunidade.

No item 1, é definido o principal objetivo da organização, deixando claro que o processo de *KAIZEN* (sigla japonesa que significa mudança para melhor) do sistema da qualidade deve culminar na perpetuação da empresa no negócio estabelecido, que por sua vez é demonstrado no item 2. Segundo a ABNT (2016), a política deve deixar claro qual o foco de mercado, que neste caso é a montagem de placas eletrônicas, cabos e integração de produtos. Por sua vez, os itens 3 e 4 demonstram a

necessidade de a empresa estar em conformidade com entidades regulatórias obrigatórias ou não, e a ênfase nas partes interessadas da operação da empresa.

4.2 Objetivos da qualidade

Levando em consideração a Política da qualidade estabelecida no item anterior a organização deve estabelecer os Objetivos da Qualidade. Para Bastos e Giacomini (2013), os objetivos devem estar alinhados com a política e ratificados através de indicadores específicos que atendam cada uma das partes da política da qualidade, que podem ser chamados de pilares da qualidade da empresa. Conforme os itens de 1 a 4 do item anterior, os objetivos foram separados em 4 categorias com indicadores específicos para acompanhamento da eficácia do sistema de gestão da qualidade. A Figura 4 apresenta os indicadores definidos pelo autor deste trabalho em conjunto com a alta direção, através da reunião da A.A. da empresa objeto deste estudo, para acompanhamento das variáveis inerentes aos processos os quais precisam ser analisados de modo a atender a política e os objetivos definidos.

Figura 4 - Indicadores dos objetivos da qualidade

OBJETIVOS DA QUALIDADE	N.	Descrição	Periodicidade	Meta (Definidas na reunião do A.A.)
ATENDER AOS REQUISITOS DOS CLIENTES e NORMAS REGULAMENTARES APLICÁVEIS	001	Aceitação geral de produtos em processo - Fábrica (§)	Mensal	97%
	002	Pontualidade das entregas da ops pela produção (&)	Mensal	95%
	003	% de aceitação de peças faturadas - Fabrica (@*)	Mensal	95%
	004	% de aceitação de peças faturadas - Service Center (@*)	Mensal	95%
	005	Normas Regulamentares Aplicáveis - Atualização	Semestral	100%
	006	Aceitação geral de produtos em processo - Service (§)	Mensal	95%
	INDICADOR DO OBJETIVO: ATENDIMENTO DAS METAS----->			
MANTER O SQ. e PROMOVER MELHORIAS	101	Realização de Manutenção Preventiva (!)	Mensal (%)	90%
	102	Análise Crítica da Direção (*)	Anual(Qte.)	1
	103	Pesquisa de Satisfação do Cliente (&)	Semestral (%)	85
	104	Auditorias Internas	Anual(Qte.)	1
	105	Pesquisa de clima organizacional	Anual(%)	85
	106	Análise Estratégica Organizacional- SWOT - VRI-166(*)	Semestral (Qte.)	1
	107	Anál. Operacional - Riscos e/ou Oportunidades - VRI-167 (*)	Semestral (Qte.)	1
	108	Avaliação de Fornecedores (@) - Prazo de entrega	Mensal	90%
	109	Avaliação de Fornecedores (@) - Qualidade geral de fornecimento	Mensal	90%
	INDICADOR DO OBJETIVO: MANTER O SQ. E MELHORAR----->			
PERPETUAÇÃO DO NEGÓCIO (SUSTENTABILIDADE)	201	Faturamento previsto X Faturamento realizado	Mensal (%)	100%
	202	Solvência Geral	Mensal(Puro)	1
	203	Orçamentos Efetivados	Mensal (%)	80%
	204	Atendimento as datas de entrega dos produtos (PCP)	Mensal (%)	90%
	INDICADOR DO OBJETIVO: PERPETUAÇÃO DO NEGÓCIO ----->			
RESPEITO AO MEIO AMBIENTE - LEI Nº 12.305	301	Tratamento de resíduos industriais (Descarte) (§)	Mensal	100%
	INDICADOR DO OBJETIVO: RESPEITO AO MEIO AMBIENTE ----->			

Fonte: Autoria própria (2022)

A análise destes indicadores é feita de forma trimestral, ao final do trimestre é calculado o percentual de atendimentos dos objetivos definidos, caso não atinja o valor de 85%, uma não conformidade deve ser aberta para que ações corretivas sejam implementadas visando à mitigação ou eliminação da causa do não atendimento do objetivo.

4.3 Aplicação da IPC nos processos produtivos em conjunto com o atendimento aos requisitos das normas ISO

Como citado anteriormente, a ISO 13485:2016 é a norma referência para o sistema de gestão da qualidade de produtos voltados para a área da saúde. Por outro lado, quando se tem componentes eletrônicos no processo produtivo, há muitas outras

variáveis que devem ser levadas em consideração para se garantir a conformidade e funcionamento desejado do produto ao final do processo produtivo, além da gestão dos processos utilizando ISO 9001 ou ISO 13485.

A Tabela 3 mostra a relação entre o código da norma IPC e o assunto para o qual ela foi redigida. Conforme mostrado no item 2.4.1 há uma variedade enorme de normas para os mais variados estágios de um produto eletrônico. A Tabela 3 ilustra apenas as normas que são utilizadas pela empresa objeto de estudo deste trabalho.

Tabela 3 - Normas IPC utilizadas na empresa objeto deste estudo

Código da Norma IPC	Assunto de cobertura
IPC-1601	Guia para manuseio e armazenamento de PCIs
IPC-1751	Requisitos básicos para declaração do processo organizacional
IPC-1756	Complemento à 1751, voltado ao processo de fabricação
IPC-2615	Dimensões e tolerâncias das PCIs
IPC-7095	Processo de implementação para projeto e montagem de BGAs
IPC-7351	Recomendações de projeto de placas - componentes, pads, fiduciais, etc.
IPC-7525	Guia para projeto de stencils
IPC-7526	Instruções para limpeza de stencil e placas impressas incorretamente
IPC-A-600	Aceitabilidade de PCIs
IPC-A-610	Critérios de aceitabilidade da montagem eletrônica
IPC-A-620	Requisitos e aceitabilidade para montagem de cabos e chicotes
IPC-CH-65	Guia para limpeza de placas montadas
IPC-HDBK-005	Guia para deposição de pasta de solda
IPC-HDBK-830	Guia para seleção e aplicação de verniz
J-STD-001	Requisitos para montagem e soldagem de eletro-eletronicos
J-STD-002	Testes de verificação de soldabilidade das terminações dos componentes
J-STD-003	Testes de soldabilidade para placas montadas
J-STD-004	Requisitos para fluxos de solda
J-STD-005	Requisitos para pastas de solda
J-STD-006	Requisitos para seleção de soldas com ou sem fluxo para soldagem eletrônica
J-STD-020	Classificação de sensibilidade à umidade/refusão de SMD
J-STD-033	Manuseio, uso, armazenamento e transporte de componentes sensíveis a umidade
J-STD-075	Classificação de componentes não metálicos para o processo de montagem

Fonte: Autoria própria (2022)

Todas as normas citadas acima têm fundamental importância em um processo de montagem de produtos eletrônicos objetivando baixo índice de defeitos, alta produtividade, classificação, controle e proteção do material, qualificação de mão de obra, retrabalho, reparo entre outras variáveis determinantes para alcançar o resultado pretendido ao fim do processo. Como forma de síntese serão explanadas 4 normas e demonstrado a forma de aplicação. A escolha destas normas para abordagem neste trabalho se deu, devido ao fato de que elas são os principais documentos responsáveis pelo respaldo técnico para a empresa em geral, por parte do departamento de qualidade, responsável por distribuir e controlar a documentação

disponibilizada para a fábrica, com o intuito de especificar as características de todos os produtos nas entradas e saídas de cada processo.

Para entender melhor os conceitos destas normas, é necessário compreender primeiro as classificações de produtos eletrônicos. A IPC determina 3 tipos de classe de produtos eletrônicos.

Classe 1 - Produtos Eletrônicos em Geral

Consiste em placas com baixos requisitos de qualidade, e é encontrada principalmente em produtos com um ciclo de vida esperado reduzido, normalmente encontrados em linhas de produção mais baratas e de alto volume. O critério estabelecido para esta classe é o funcionamento do produto após a finalização da montagem.

Classe 2- Produtos Eletrônicos de Serviço Dedicado

Os dispositivos eletrônicos de classe 2 abrangem todos os equipamentos onde o desempenho contínuo e um ciclo de vida estendido são necessários - até certo ponto. O serviço ininterrupto é desejado, mas não crítico. Engloba produtos como televisões, ar-condicionado e itens de informática.

Classe 3 - Produtos Eletrônicos de Alta Confiabilidade

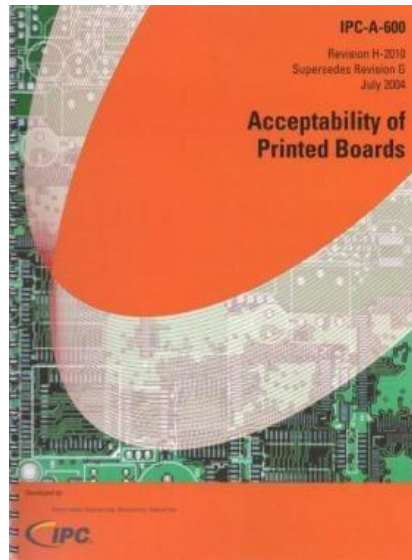
A terceira classe de produtos eletrônicos está sujeita a diretrizes rígidas devido à sua importância no campo.

Enquanto os eletrônicos de Classe 1 são geralmente itens baratos e facilmente substituíveis e os eletrônicos de Classe 2 são mais importantes e requerem um ciclo de vida mais longo, os eletrônicos de Classe 3 são itens de operação crítica, utilizados em aplicações de suporte a vida como marca-passos, respiradores ou em aplicações militares, como radares, equipamentos aeronáuticos ou da marinha.

A empresa responsável pelo projeto do produto deve decidir qual classe deseja seguir antes do *design* da placa, pois os produtos devem ser especialmente projetados para especificações de Classe 2 e Classe 3. Uma placa projetada para especificações IPC Classe 2 pode potencialmente atingir muitos dos mesmos requisitos de construção para Classe 3, mas raramente todos eles. A escolha dos fornecedores deve também levar em consideração este critério, pois um equipamento projetado para Classe 3 deve usar componentes eletrônicos de alta confiabilidade para garantir um serviço ininterrupto, além de passar por um processo produtivo com controle rigoroso de qualidade com etapas chave de inspeção, a fim de evitar a utilização de matéria prima que não atenda o objetivo definido.

Após demonstrar brevemente os tipos de classe de produtos eletrônicos, serão comentadas abaixo as normas mais utilizadas dentro do processo produtivo da empresa em estudo. A Figura 5 mostra a publicação IPC-A-600: Aceitabilidade de Placas de Circuito Impresso.

Figura 5 - IPC-A-600 Aceitabilidade de placas de circuito impresso



Fonte: IPC (2022)

A IPC-A-600 descreve os critérios de preferência, aceitação e condições de defeito, que podem ser tanto interna ou externamente observadas em placas de circuito impresso. É utilizada tanto como critério para o processo produtivo de uma PCI e no caso da empresa em estudo, utilizada como documento de inspeção. O padrão representa uma forma visual de interpretação dos requisitos mínimos estabelecidos para placas de circuito impresso. As ilustrações visuais do portfólio especificam critérios dos requerimentos deste padrão IPC.

A Figura 6 ilustra um exemplo de critério de aceitação para o revestimento interno de cobre em furos metalizados, conhecido também como barril, para as classes comentadas anteriormente.

Figura 6 - Critério de aceitação para o revestimento de cobre em furos metalizados de placas de circuito impresso.



Figure 253a

Condição Alvo - Classes 1, 2, 3
- Sem lacunas

Aceitável - Classe 3
- Nenhuma evidência de lacunas

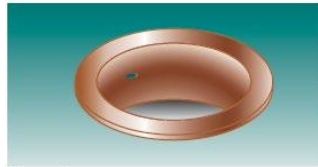


Figure 253b

Aceitável - Classe 2
- Não mais de uma lacuna
- Não mais de 5% dos furos tem lacunas
- Nenhuma lacuna maior do que 5% do comprimento do furo
- A lacuna é menor do que 90° da circunferência



Figure 253c

Aceitável - Classe 1
- Não mais de 3 lacunas em qualquer furo
- Não mais de 10% dos furos tem lacunas
- Nenhuma lacuna maior do que 10% do comprimento do furo
- Todos os furos são menos que 90° da circunferência

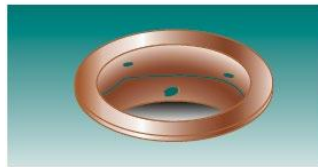


Figure 253d

Defeito Classes 1, 2, 3
- Defeitos excedem os critérios acima.

Fonte: Adaptado de IPC-A-600 (2022)

Como ilustrado, os critérios de aceitação são divididos em três níveis de qualidade para cada característica específica - Condição Alvo, Aceitável e Defeito (*Target Condition, Acceptable and Nonconforming*) – O texto abaixo demonstra o nível do critério de aceitação para cada uma das classes.

Condição Alvo – O nível mais próximo da perfeição. É a condição desejada, porém nem sempre possível devido a variáveis inerentes do processo produtivo.

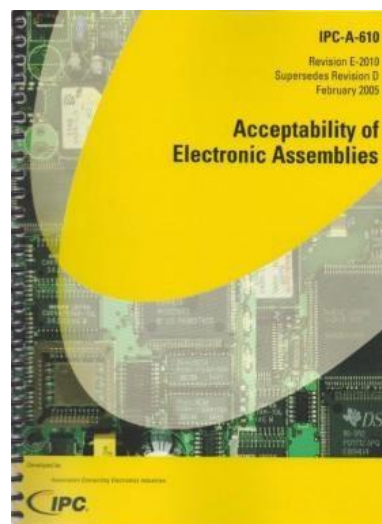
Aceitável – Indica a condição retratada, mas não necessariamente perfeita, enquanto mantém a integridade e confiabilidade da PCI para a classe definida. Como visto, um critério de aceitação pode ser aceitável para uma ou duas classes, mas pode não ser para todas.

Defeito – Indica que a condição retratada pode não ser suficiente para garantir a confiabilidade da PCI em sua classe definida. A condição de defeito é considerada inaceitável para pelo menos uma classe ou mais classes, como estabelecido pelo critério de aceitação.

Na empresa objeto deste estudo, a aquisição das PCI's é feita de terceiros, uma vez que o processo fabril é complexo. Para PCI's *multilayers*, ou seja, aquelas que possuem camadas de cobre internas, a oferta no mercado interno brasileiro torna-se ainda mais restrita, como informado no item 2.2. Levando em consideração que a classe desejada é informada no momento do projeto, ou no caso da empresa analisada neste trabalho, no momento do pedido de compra do produto, esta informação é repassada ao fabricante de PCI, e ele tem a obrigação de fornecer a PCI em conformidade com a classe informada.

A inspeção do recebimento deste tipo de material se dá através de desenhos técnicos que representam diagrama de furação com diâmetros, revisão do modelo, dimensões e camadas de cobre, o Anexo A mostra um exemplo de um documento de inspeção de PCI. Um membro do controle de qualidade é treinado através cursos internos e avaliações baseadas nesta norma, e, portanto, capaz de reconhecer condições de defeito ou níveis aceitáveis segundo os requisitos de qualidade. A empresa conta com a ficha de capacitação de cada funcionário, que fica visível para em cada setor, demonstrando se o colaborador tem a competência necessária para executar determinada tarefa.

Figura 7 - IPC-A-610 Critérios de aceitabilidade da montagem eletrônica



Fonte: IPC (2022)

A Figura 7 mostra a capa do padrão IPC-A-610. Este documento é uma coleção visual de requisitos para aceitação de montagem de placas eletrônicas de forma geral. Apresenta os requerimentos necessários para fabricantes de dispositivos

elétricos e eletrônicos, garantirem a qualidade exigida pela classe para a qual o produto foi projetado.

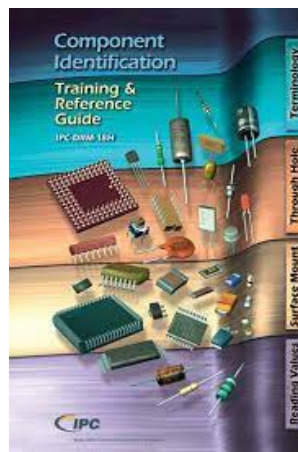
Este documento é o mais amplo dos padrões IPC, conta com quase 500 páginas de definições e um portfólio de mais de 2000 imagens para referencial. Utiliza outras 8 normas como embasamento para se atingir o nível de Condição Alvo, como norma para retrabalho, equipamentos a serem utilizados, critérios de montagem SMD e PTH, critérios para determinação da curva do forno de refusão, critérios para projeto de *pads*, ilhas e trilhas e assim por diante.

Na empresa objeto deste estudo, este padrão tem fundamental e crítica importância na definição dos detalhes do processo de montagem, uma vez que o escopo da empresa frente às normas ISO 9001/2015 e ISO 13485/2016 são “Montagem e reparo de placas de circuito impresso e de produtos” e “Montagem e reparo de placas de circuito impresso de equipamentos para saúde”, respectivamente.

A implementação deste padrão dentro da empresa se dá através da utilização não só dele, mas de outros documentos da IPC, como base para criação de cursos, apresentações e apostilas, com o intuito de capacitar os colaboradores para que eles sejam capazes de executar as operações de montagem, soldagem e afins, de acordo com os requisitos das classes definidas.

A IPC DRM 18F, ilustrada na Figura 8, foi utilizada como base para criação do curso de identificação de componentes, aplicado ao quadro de funcionários da qualidade, para que sejam capazes de reconhecer componentes e verificar a conformidade com o requisito do cliente.

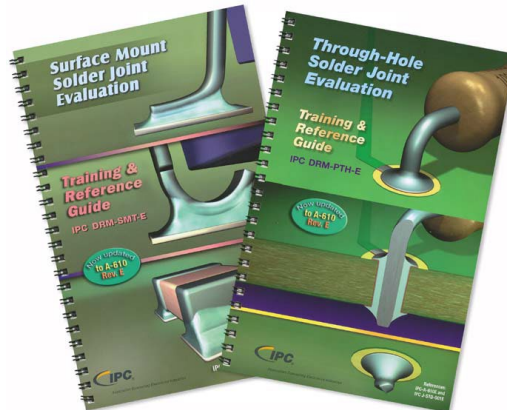
Figura 8 - IPC DRM 18F Critérios para identificação de componentes



Fonte: IPC (2022)

Para critérios de solda de componentes PTH e SMD, a IPC publicou dois guias de treinamento e referencial que foram baseados nas normas IPC J-STD-001E e IPC-A-610. Estes guias, assim como a IPC DRM 18F são de fundamental importância para criação, aplicação e verificação de eficácia de cursos e treinamentos internos, ilustrados na Figura 9.

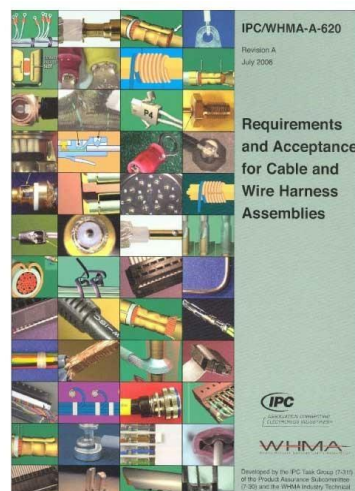
Figura 9 - Guias de treinamento e referencial para soldagem PTH e SMD



Fonte: IPC (2022)

A Figura 10 mostra a publicação IPC/WHMA-A-620: Requisitos e aceitabilidade para montagem de cabos e chicotes

Figura 10 - Requisitos e aceitabilidade para montagem de cabos e chicotes



Fonte: IPC (2022)

A WHMA (*Wiring Harness Manufacturer's Association*), foi criada em 1993 para servir e dedicar seus recursos à indústria global de cabos e chicotes elétricos. A WHMA é a única associação comercial que representa exclusivamente a indústria de fabricação de cabos e chicotes elétricos, incluindo fabricantes, seus fornecedores e

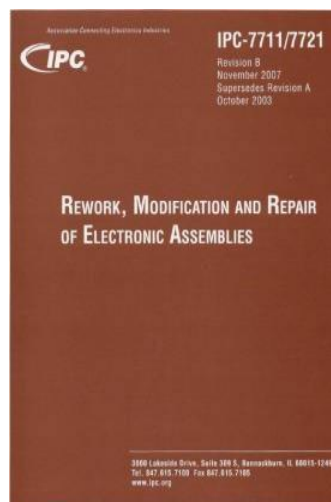
clientes. Esta organização foi estabelecida em setembro de 1993, mais tarde em 1998 assinou um acordo com a IPC, e juntas desenvolveram o padrão IPC/WHMA-A-620: Requisitos e aceitação para montagem de cabos e chicotes elétricos.

Da mesma maneira que a IPC-A-610 tem fundamental importância para os critérios de montagem de placas eletrônicas, a IPC/WHMA-A-620 é aplicada ao processo não só de confecção e montagem de cabos, chicotes, mas também sua integração com placas eletrônicas, definindo critérios de aceitação para soldagem e crimpagem em conectores, disposição e organização de fios em painéis elétricos entre as mais diversas aplicações de cabos e chicotes. É o segundo documento mais amplo da IPC, com quase 400 páginas e centenas de imagens para definir os critérios de aceitação.

O setor da empresa objeto foco deste estudo, responsável pela confecção de chicotes e cabos, conta com máquinas específicas para crimpagem de conectores e decapagem de fios, executa testes de tração e rompimento para verificar a conformidade com o padrão IPC e com a própria especificação do fabricante dos cabos.

A Figura 11 mostra a publicação IPC-7711/7721: Critérios para retrabalho, modificação e reparo das montagens eletrônicas.

Figura 11 - Critérios para retrabalho, modificação e reparo das montagens eletrônicas



Fonte: IPC (2022)

A empresa objeto deste estudo possui um setor denominado Service, que atende alguns de seus maiores clientes. Placas de campo que apresentam problemas são enviadas para serem consertadas. O padrão IPC-7711/7721 define os critérios

necessários para esta operação. As definições Retrabalho, Modificação e Reparo são caracterizadas por diferentes tipos correções aplicadas à placa eletrônica, e serão esclarecidas a seguir.

Modificação – Alteração na revisão da capacidade funcional do produto objetivando satisfazer um novo critério de aceitação. Modificações geralmente são requeridas para incorporar uma mudança de *design* ou de funcionamento em uma placa já montada, mudanças essas que podem ser controladas através de desenhos e especificações.

Retrabalho – Ato de reprocesso ou substituição de componentes não conformes, ou com defeito, através do uso de um outro idêntico ou equivalente, de maneira a assegurar a conformidade total do produto com o item substituído em relação a sua especificação original.

Reparo – Ato de restaurar a capacidade funcional de um produto defeituoso de maneira que o resultado não esteja em conformidade total com a especificação original.

Um dos clientes da empresa que utiliza o serviço de reparos é da área médica, portanto, todas as informações que dizem respeito a estes produtos devem ser controladas e registradas. Como vimos existem 3 tipos de conserto que podem ser executados. Para manter a conformidade com a ISO 13485:2016 o cliente deve mandar toda a documentação necessária para que o trabalho seja executado, como esquemas elétricos, criticidade de componentes, quais componentes podem ser alterados por um alternativo, caracterizando assim um retrabalho, e quais não podem ser substituídos, quais os procedimentos de testes elétricos e em qual situação a placa deve ser descartada. Também, devem ser gerados laudos de serviço assinados por técnicos capacitados demonstrando qual defeito foi detectado e qual foi a ação tomada para corrigi-lo.

Em resumo, pode-se notar a importância das normas e padrões para que a qualidade, seja de aquisição de materiais, processo produtivo ou de reparo seja garantida. A empresa possui todos os padrões citados de forma física e digital, para consulta de todos os colaboradores, atendendo requisitos da norma ISO 9001:2015 que determina um controle eficaz e controlado de divulgação de informação de processos. Nenhuma das normas IPC está disponível na versão em língua portuguesa, portanto foram contratadas traduções, para que pudessem ser

disponibilizadas para consulta de todo o corpo e colaboradores em qualquer terminal com acesso a intranet, rede interna de consulta de documentos.

4.4 Controle ESD

Uma ESD – *Electrostatic Discharge* (Descarga Eletrostática) ocorre quando um desbalanceamento de cargas gera um fluxo de elétrons entre dois objetos diferentes, entre duas áreas ou em um único objeto. Se este fluxo de cargas percorrer um componente ou estrutura sensível a ESD, dano pode ser causado. (WELKER; NAGARAJAN; NEWBERG, 2006)

Um estudo publicado por Welsher (2010) demonstra os custos de defeitos causados por ESD em indústrias eletrônicas. Segundo ele as perdas financeiras associadas à ESD são estimadas entre meio bilhão e cinco bilhões de dólares por ano, ele afirma que é difícil contabilizar com precisão qual a real perda, porém evidencia que o retorno da implementação de controle ESD no início de seu desenvolvimento foi estimado entre 900% e 2300%, dependendo das suposições de material danificado devido a ESD.

A fábrica objeto deste estudo conta com estrutura preparada para controle ESD com mantas de manipulação, bancadas, cadeiras e pisos aterrados. Dispositivos contra ESD, como pulseiras e calcanheiras são utilizadas pelos colaboradores, e devem ser testados diariamente em toda entrada de turno. Os equipamentos utilizados para teste, testador de calcanheiras e testador de pulseira, mostrados nas Figuras 12, 13 e 14, são controlados aferidos e calibrados. Cartazes foram confeccionados e colocados na entrada da fábrica para deixar claro a necessidade da verificação do funcionamento dos dispositivos contra ESD.

A Figura 12 mostra o testador de calcanheiras, o equipamento é ligado pelo conector tipo jacaré que por sua vez está conectado a uma haste, qual é possível observar na Figura 14. Esta haste por sua vez conecta-se à plataforma metálica localizada no chão, onde o colaborador deve pisar para efetuar o teste de funcionamento da calcanheira.

Figura 12 - Testador de calcanheiras



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 13 mostra um testador de pulseira, que tem o método de funcionamento idêntico ao de calcanheira, de fato pode-se notar que ambos os equipamentos são testadores de pulseira – *wrist strap tester* – a única diferença é que para testar a calcanheira foi confeccionada a base metálica para pisar em cima.

Figura 13 - Testador de Pulseira



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 14 é possível observar o local onde ambos os equipamentos estão localizados, próximo a entrada da fábrica. Também é possível notar o cartaz que reforça a obrigatoriedade dos testes, cartaz este que foi desenvolvido pelo autor deste trabalho.

Figura 14 - Área de verificação e registro do funcionamento das calcanheiras e pulseiras



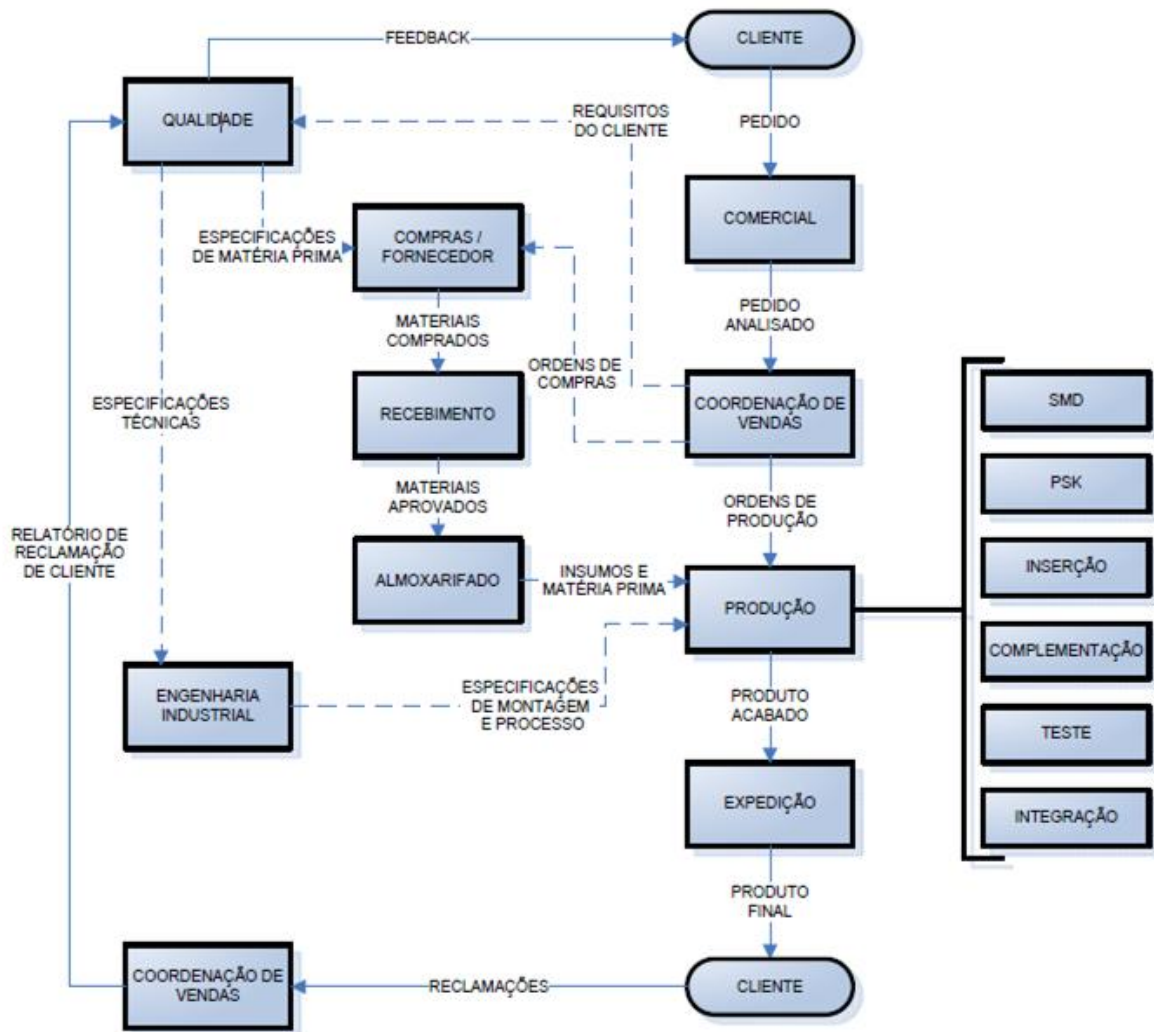
Fonte: Autoria própria (2022).

A organização responsável pelo padrão de controle ESD na indústria eletrônica é a *ESD Association Standard*, e em conjunto com a IPC oferece cursos e certificações para o mercado de desenvolvimento e montagem de produtos eletrônicos.

4.5 Etapas do processo e pontos de inspeção

Os processos estabelecidos na fábrica, após a etapa de orçamento e cadastro de um produto para produção de um lote piloto, podem ser descritos por: Aquisição, Recebimento, Produção, Inspeção e Embalagem. A Figura 15 demonstra o fluxo produtivo da empresa através de um fluxograma.

Figura 15 - Fluxo produtivo da empresa



Fonte: Autoria própria (2022).

Como ilustrado na Figura 15, a área de produção é dividida em 6 etapas. Nem todos os produtos passam por todas elas, mas existem produtos que passam por todas as fases do processo produtivo.

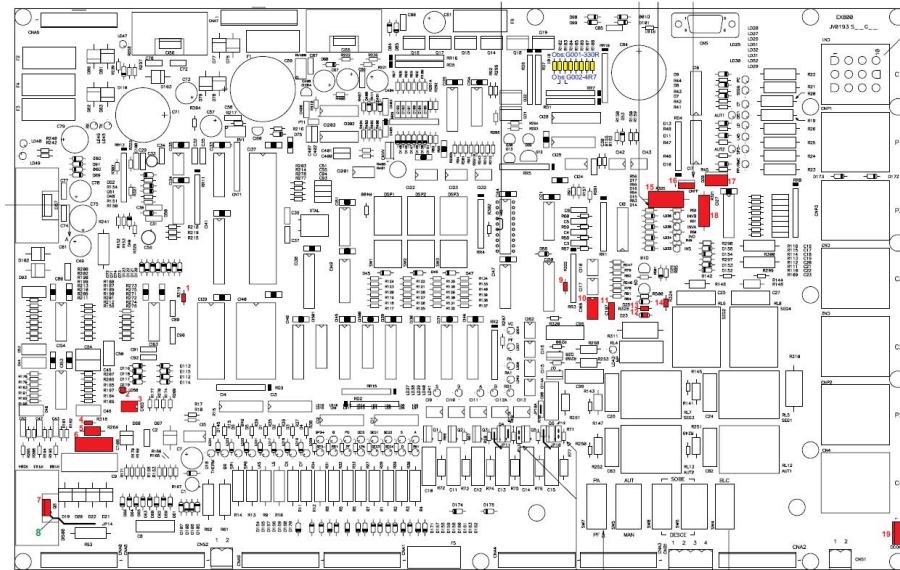
Como forma de garantir a qualidade dos processos e produtos, o departamento da qualidade inseriu no processo 4 pontos estratégicos de inspeção.

Recebimento: Todo material recebido de fornecedores, sejam PCI's, componentes eletrônicos, peças mecânicas ou material enviado para industrialização proveniente dos próprios clientes, passa por um processo de inspeção para verificação do material físico com o requisitado pelo projeto. No caso de PCI's e peças mecânicas, a inspeção é feita através de desenhos técnicos disponibilizados no ERP (*Enterprise Resource Planning*, em português Planejamento de Recursos

Empresariais) utilizado pela empresa. Para componentes eletrônicos, códigos são criados no intuito de classificar cada tipo de componentes levando em consideração suas características singulares. Certos clientes permitem que a empresa faça alteração entre componentes correspondentes eletricamente, mas alguns como os clientes de área médica ou militar não o fazem. Portanto a inspeção é feita verificando se o *part number* (nome único do componente) recebido está contemplado naquele código específico e se o item físico corresponde ao *part number* informado. Esta inspeção física é possível graças ao treinamento elaborado com base nos materiais da IPC, citado no item 3.3.

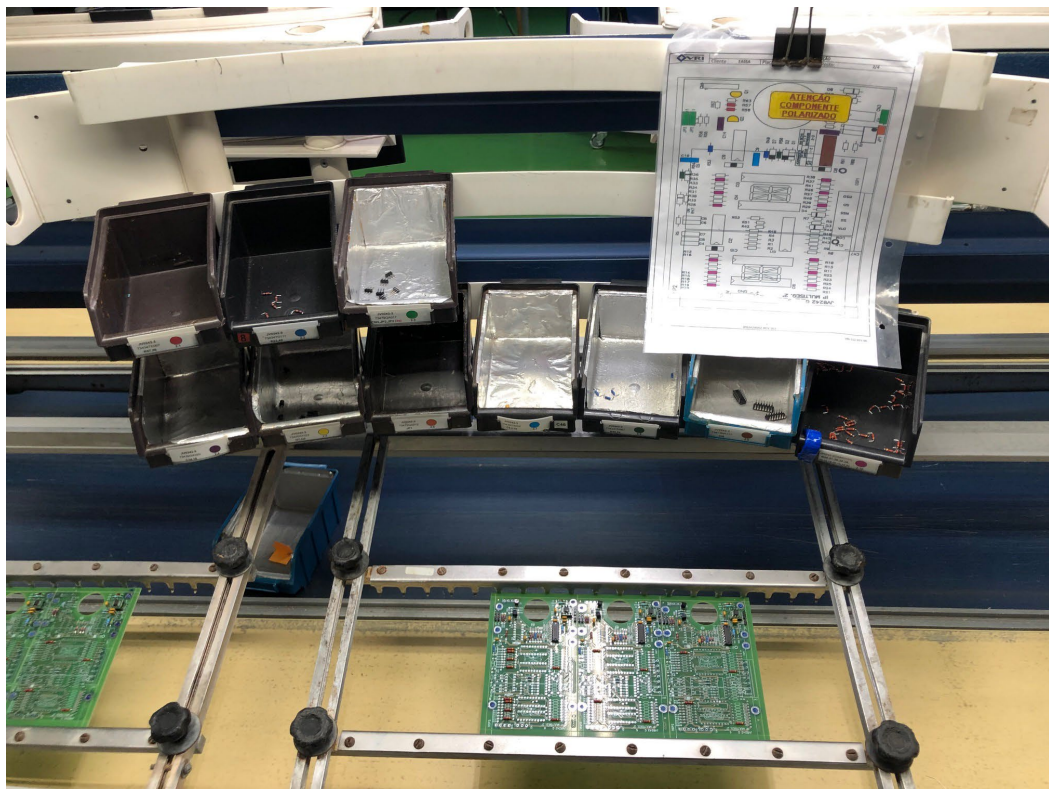
Inserção: Inserção, como o próprio nome diz é a etapa onde os componentes PTH são inseridos na placa. Para mitigar a possibilidade de inserção de componentes com mesmo encapsulamento em posições contrárias, estações de inserção são criadas, e cada uma é responsável pela inserção de determinados componentes. O processo é feito através da impressão da serigrafia da placa, e cada estação de inserção tem seus componentes identificados nesta serigrafia, juntamente com os componentes físicos. Apenas uma pessoa é responsável por cada estação, componentes com mesmo encapsulamento, mas com *part number* diferentes não são colocados em estações adjacentes, devendo haver uma estação intermediária entre elas. A Figura 16 representa um exemplo da configuração de montagem de uma estação. Esse ponto de montagem é responsável pela inserção dos componentes indicados nas áreas pintadas em amarelo e vermelho. Conforme ilustra a figura 17, a estação de trabalho possui uma bancada suspensa de onde são retirados os componentes para montagem. Cada componente fica numa caixa, que por sua vez é identificada pela mesma cor e posição presentes no desenho de montagem. Este processo de montagem foi desenvolvido após se perceber que havia muitos erros de montagem quando a inserção era feita apenas tomando como base os códigos dos componentes. Esta gestão visual permitiu mitigar o erro tornando a linha praticamente inerte a desvios de montagem.

Figura 16 - Esquema de montagem de uma das estações



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 17 - Configuração de uma estação de montagem na linha de inserção PTH

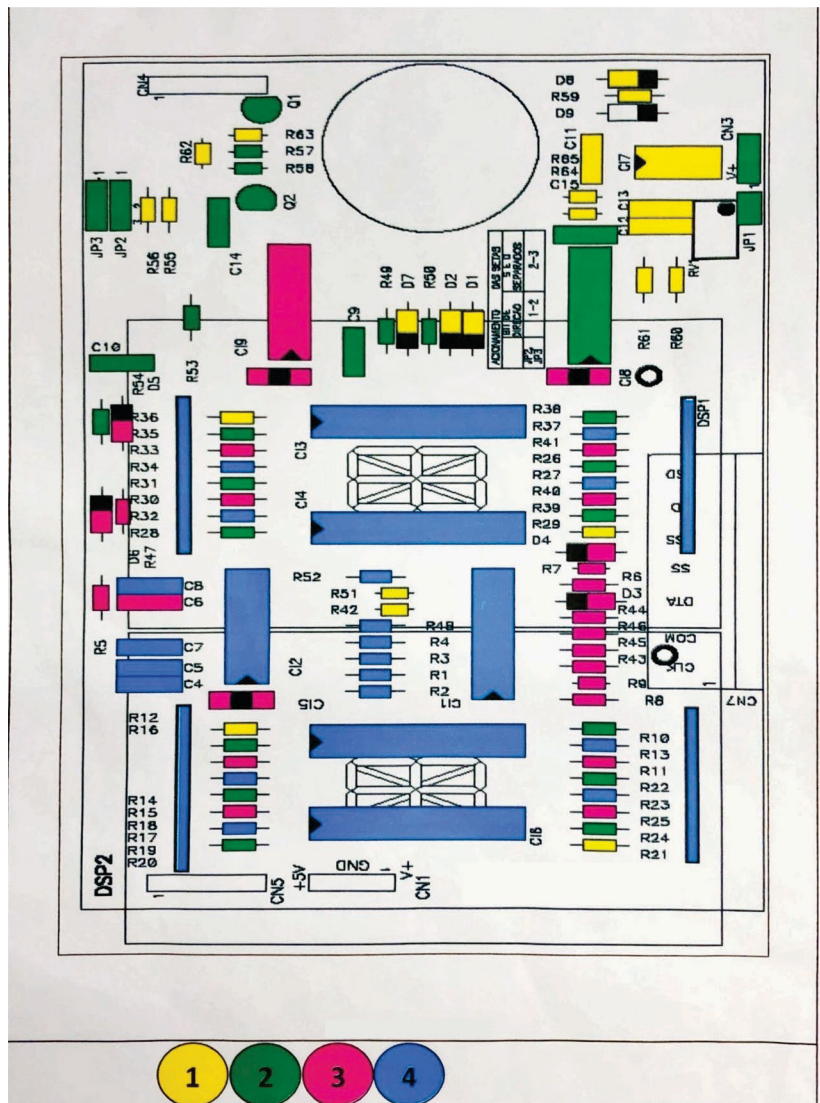


Fonte: Autoria própria (2022).

Ao final da linha de inserção a placa entra na máquina de solda, porém antes da etapa de soldagem na máquina solda onda, está localizado o segundo ponto chave de inspeção. Ao final da montagem uma inspetora da qualidade tem a imagem de

todos os processos em conjunto, com posições, códigos e valores. Ela faz a inspeção em 100% das placas montadas antes de liberar a placa para a soldagem. A Figura 18 ilustra um modelo de placa mais simples, que possui 4 estações de montagem, utilizado pela inspetora para conferir a montagem completa da placa.

Figura 18 - Exemplo de um processo de montagem completo



Fonte: Autoria própria (2022).

Para o colaborador que trabalha na linha de montagem, um teste de acuidade visual é aplicado, a fim de identificar a capacidade de concentração e distinção de formas e cores. Já para a pessoa responsável pela inspeção, uma qualificação mais aprofundada em componentes eletrônicos é aplicada, pois esta pessoa precisa saber ler valores de componentes, identificar tipos de encapsulamento e ter posicionamento

de liderança, visto que quando uma divergência é identificada, os operadores da linha devem ser instruídos a corrigi-la.

SMT: *Surface Mounted Technology* (Tecnologia de Montagem em Superfície), é o setor com maior investimento financeiro da empresa, também o de maior produção e retorno. Equipado com máquinas automáticas de aplicação de pasta de solda, máquinas automáticas de inserção de até 60 mil componentes SMD por hora, fornos de refusão, equipamentos de inspeção microscópica e de Raio X. Sem dúvida é o setor que dá origem às placas eletrônicas encontradas em sua maioria no mercado atual. Ali se encontra o terceiro ponto chave de inspeção da empresa. A inspeção de SMT é feita principalmente através de dois equipamentos, AOI – *Automatic Optical Inspection* (Inspeção Ótica Automática) e Raio X. Microscópios e lupas de bancada também são utilizados, mas com menor frequência. A máquina AOI, bem como Raio X e outros equipamentos de inspeção, ficam no final do processo do SMT, e são todos utilizados por um funcionário da qualidade com treinamento específico em solda e reconhecimento de componentes SMD.

Inspeção Final: Esta é última etapa do processo produtivo antes da embalagem e faturamento. O profissional que atua nesta área deve ter amplo conhecimento das normas voltadas para cabos e chicotes, solda PTH, verniz e retrabalho. Nesta fase os produtos passam por uma inspeção geral, luzes especiais são utilizadas para verificar a não existência de verniz em conectores ou áreas protegidas.

Como mostrado verificado neste item, as normas IPC além de serem fundamentais para o processo produtivo, também são necessárias para a validação deste processo, pois evidenciar a qualidade do processo através de inspeção garante a qualidade final do produto, evita devoluções e reclamações, e vai de acordo com a política da qualidade estabelecida pela empresa que é perpetuar a operação através do atendimento aos requisitos dos clientes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Acompanhamento do processo produtivo de um produto.

Neste capítulo será apresentado o acompanhamento do processo produtivo de um produto desde o seu pedido de compra pelo cliente até seu faturamento. O produto escolhido foi o 121.688.

Informações como nome do cliente, nome dos produtos, logos e dados sigilosos foram retirados ou alterados, a fim de respeitar o contrato de confidencialidade entre as partes.

5.2 Pedido de compra, documentação e cadastro.

Inicialmente o departamento comercial recebe um pedido de compra e verifica, consultando o mercado, se é possível adquirir os componentes para o produto em questão, em caso afirmativo, o comercial solicita ao departamento financeiro a aprovação de crédito para aquisição da matéria-prima, caso negado, o pedido volta para renegociação com o cliente ou é declinado. No caso do crédito aprovado, o comercial encaminha a documentação do produto para o setor da qualidade.

O setor da qualidade recebe esta documentação que contempla lista de material com *part numbers* e fabricantes homologados pelo cliente, orçamento, arquivos *gerber* e *pick and place*, instruções de pré-forma, montagem, teste elétrico e informações da engenharia industrial, que é feita pelo dono da empresa na fase de orçamento e possui informações de tempo de produção e alocação dos recursos da fábrica. Com essas informações, é feito o cadastro do produto, *part numbers* são codificados em códigos internos, e as listas de material bem como os outros documentos são salvos na nuvem em pastas de clientes, indexados pelos códigos dos produtos correspondentes. A Figura 19 ilustra a pasta raiz de cadastro do produto.

Na Figura 19 é possível notar 8 pastas diferentes, cada uma contém informações conforme segue:

1 – AC: Análise Crítica. É o documento que resume todas as características do produto, como revisões, embalagem, tipo de verniz, e documentos de processo. Ilustrado na Figura 20.

- 2 – *Gerber*: Contém os arquivos digitais para confecção da PCI, bem como todas as características construtivas como dimensões, acabamento e mapa de furação.
- 3 – LM: Contém a lista de material com as posições de montagem, *part numbers* e fabricantes homologados.
- 4 – Montagem: Possui fotos do produto final montado e detalhes particulares da montagem de cada placa.
- 5 – *Pick and Place*: Contém as posições e coordenadas de montagem de cada componente SMD. É utilizado na máquina de inserção SMD.
- 6 – PSK: Contém detalhes da pré-forma de componentes e preparação da PCI para a linha de inserção.
- 7 – Stencil: Contém o arquivo utilizado para fabricação do Stencil.
- 8 – Teste: Contém o procedimento e relatório de teste elétrico, além de software de gravação e outras informações pertinentes a este processo.

Figura 19 - Pasta raiz do cadastro do produto

Documentação > Documentação de Clientes > **CLIENTE** > 121.688 ▾

Nome ↑	Última modificação
AC	27 de mar. de 2020
GERBER	25 de jun. de 2019
LM	13 de ago. de 2020
MONTAGEM	29 de ago. de 2019
PICK AND PLACE	12 de jun. de 2019
PSK	15 de ago. de 2019
STENCIL	18 de nov. de 2021 eu
TESTE	24 de mar. de 2020

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 20 - Análise crítica do produto 121.688

		ANÁLISE CRÍTICA DE PRODUTO		DATA 14/06/2019			
CLIENTE:		CLIENTE					
PRODUTO		Nome do Produto: 121.688		Revisão: 3			
		Descrição: DESCRICÃO DA PLACA					
		Produto para saúde: <input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não					
		OBSERVAÇÃO					
COMERCIAL	SERVIÇOS E NORMAS	Rohs <input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não					
		Testes <input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não Especificar:		AMP 0067-19			
		Teste de Vida e Mortalidade: <input checked="" type="radio"/> Burn In <input type="radio"/> Run In Tempo: 12 horas Temperatura: 60° C		<input type="radio"/> Não aplicável			
		Administração de Materiais <input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não					
		Verniz ----> <input checked="" type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim Qual?:					
		Embalagem da VRI		<input checked="" type="radio"/> Padrão Individual <input type="radio"/> Padrão Coletivo <input type="radio"/> Plástico Bolha <input type="radio"/> Saco Bindado <input type="radio"/> Outros (Emb. Cliente)		Plastico bolha anti estiestático	
		Classificação Fiscal (NCM):		<input type="radio"/> 8431.31.10(Elev.) <input checked="" type="radio"/> 8542.31.90 (Área Médica e Outros) <input type="radio"/> 8544.42.00 (Cabos)			
		Tipo de Frete:		<input checked="" type="radio"/> CIF <input type="radio"/> FOB			
		Transportadora Preferencial: <input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não		QUAL:			
		Tempo de retenção de registros/Vida útil do produto: 2 ANOS					
Outros, especificar:							
Padrão de Montagem conforme IPC-A-610		<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3					
Outras, especificar:							
QUALIDADE	DOCUMENTAÇÃO E REQUISITOS	Relação de Materiais - Nº LM_121.688 VRI		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rev. 3	
		Instrução de Trabalho - Nº PGD - 121.688		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rev. 3	
		Arquivo Pick & Place Nº 121.688 REV.03 Pick and place		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rev. 3	
		Placa Padrão () Placa Referência () Nº		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Rev.	
		Arquivo Gerber - Nome do arquivo: 121.688 REV.03 - Gerber		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rev. 3	
		Informações da PCI: <input checked="" type="radio"/> Enig <input type="radio"/> Hasl <input type="radio"/> OSP <input type="radio"/> Outros. Qual: _____					
		Cor das legendas: Branca Cor da máscara de solda: Verde Esp.do Cobre: 0,5 oz					
		Dimensões(mm) : Altura: 88,9 Largura: 76,2 Espessura: 1,6					
		Material da PCI: <input type="radio"/> FR2 <input checked="" type="radio"/> FR4 <input type="radio"/> OUTROS. QUAL?: _____					
		Material da PCI(cont...): Número de Faces: <input type="radio"/> Simples <input type="radio"/> Dupla <input checked="" type="radio"/> Multicamadas					
		Esquema Eletro Eletrônico - Nº 121.688 REV.03 - ESQUEMA ELETRÔNICO		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rev. 3	
		Procedimento de Teste - Nº POP G.1.180 - TESTE DE PCI ANALÓGICA NOX PLUS (9)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rev. 1 - 0 - 0	
		Partes Mecânicas		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Rev.	
		Cabos de conexão		Caso seja aplicado algum teste de tração. Especificar a norma. Norma aplicada: _____		N/A	
		Outros, especificar: FOR 007 11 B - RTPANOXP - FOR 007 19 A - RTCPNOXP - PKD - 9		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rev. B - A - 0	
Etiqueta de Rastreabilidade: <input checked="" type="radio"/> Almojarifado <input type="radio"/> Testes <input type="radio"/> Mont. Final <input type="radio"/> Insp. Final <input type="radio"/> Subconjunto <input type="radio"/> Cabos <input type="radio"/> N/A							
Orçamento nº:							
Obs.: Para toda resposta "SIM" deve conter o documento correspondente.							
Requisitos regulamentares aplicáveis aprovado para:		<input checked="" type="checkbox"/> Montagem		<input type="checkbox"/> Reparo			
Responsável pela validação:		Erick Y. Guelbert		Data: 14.06.2019			

Fonte: Autoria própria (2022)

5.3 Recebimento de matéria-prima e separação no almoxarifado

Após o cadastro do produto e a compra dos materiais, a próxima etapa é o recebimento da matéria-prima. Como citado anteriormente, este processo é um ponto chave de inspeção pois garante a conformidade do material recebido com o solicitado, atendendo assim a necessidade da empresa e do cliente.

A inspetora do recebimento faz a análise do material recebido com base nos *part numbers* cadastrados para o código recebido. As Figuras 21 e 22 mostram a tela pela qual é possível verificar se o *part number* recebido, está cadastrado naquele código solicitado.

Figura 21 - Aba principal do cadastro do item

Engenharia Estoque Compras Recebimento Custos Planejamento Capacidade Geral Sistema

Engenharia Engenharia Compl. Planejamento Estoque Compras Vendas Vendas Compl. Expedição Fiscal Imagem

Produto: 13203130474 Descrição: CAP. SMD 0603 470PF 50V 10% Revisão/Sub:

Especificação: Não Unificar e Não Incluir P/n Cód. Utilizado em Área Médica

Tipo: Comprado Variável: Não Ativo / Inativo: Ativo Status: Liberado Usuário Liberação: Josi

Desenho: Formato: Rev.: Posição: Alt.Est.: 1 Alt.Rot.: 1 Mais Bx.Nível: 1

Grupo Produto: CLIENTE

Unidades Medidas

Unidade	Densidade	Unidade
PC	Peca	0,0000000000

Fatores de Conversão

Engenharia / Estoque	1,000000
Estoque / Compras	1,000000
Conversao Fiscal	<input type="text"/>

Terceirização: Especificação Produto:

Terceirização:

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 22 - Aba de *part numbers* no cadastro do item

The screenshot displays a software interface with a menu bar at the top containing: Engenharia, Estoques, Compras, Recebimento, Custos, Planejamento, Capacidade, Geral, Sistema. Below the menu bar, a sub-menu is open with the following options: Engenharia, Engenharia Compl., Planejamento, Estoque, Compras, Vendas, Vendas Compl., Expedição, Fiscal, Imagem. The main form area contains the following fields:

- Produto:** 13203130474
- Descrição:** CAP. SMD 0603 470PF 50V 10%
- Data Inclusão:** 26/07/2006
- Data Alteração:** 16/12/2021
- Data Liberação:** 26/07/2006
- Norma Material:** [Empty]
- Norma Material Alt.:** [Empty]
- Norma Dimensional:** [Empty]
- Referência:** [Empty]
- Largura:** 0,00
- Comprimento:** 0,00
- Altura:** 0,00
- Tensão:** [Empty]
- Texto Engenharia:**

CAPACITOR MC SMD 0603 470PF 50V 10% X7R
 B37931K5471K060 EPCOS
 VJ0603Y471KXACW1BC Vishay

At the bottom left of the interface, there is a navigation bar with a red arrow pointing left.

Fonte: Autoria própria (2022)

Na Figura 21 nota-se uma informação importante no campo Especificação: “Não Unificar e não incluir P/n Cód. Utilizado em área médica.” Esta é uma forma de garantir que o código não seja unido a outro que satisfaz as mesmas características, ou que não seja incluído *part numbers* sem critério, pois este é um cliente de área médica.

Após todo os itens terem sido inspecionados e aprovados, são inseridos no almoxarifado para separação em ordens de produção. Cada ordem de produção pode ser para um único produto ou para um produto maior, chamado de produto pai, composto de produtos menores, chamados de produtos filho. Cada OP (ordem de produção) é separada em uma caixa, ilustrada na imagem 23.

Figura 23 - Caixa de separação da OP (Ordem de Produção)



Fonte: Autoria própria (2022)

Quando é identificado que a lista de material da OP está completa, a OP é liberada pelo almoxarifado para a produção. Existe um controle e previsão de OP's que serão enviadas para a produção, que envolve a coordenação de vendas e o almoxarifado, porém não será abordado neste trabalho.

Quando há CI's (Circuito Integrado) que precisam de gravação de *firmware*, o processo de gravação pode acontecer no próprio almoxarifado, antes de a OP ser liberada para a produção, ou no setor do teste elétrico, última etapa antes da inspeção final e expedição. Esta decisão envolve características particulares de cada produto, como por exemplo se é necessário *software* de gravação proprietário do cliente, se o CI é gravado antes ou depois da montagem ou se é necessário algum equipamento específico para gravação.

5.4 Montagem

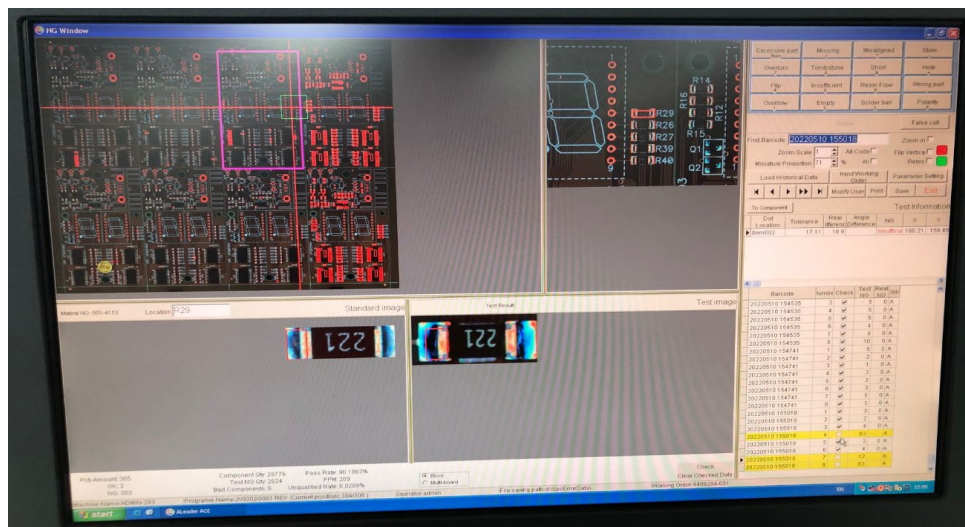
O produto 121.688 passa por quase todas as etapas do processo produtivo demonstrados na figura 15, não passando apenas pela integração. Ele possui em sua maioria componentes SMD, alguns conectores PTH e uma bomba que é inserida na montagem final. Após o processo de montagem SMD as placas são submetidas à inspeção na máquina AOI, descrita anteriormente. As Figuras 24 e 25 mostram a máquina citada e o programa de inspeção.

Figura 24 - Máquina AOI (*Automatic Optical Inspection*)



Fonte: Primeletronica (2016)

Figura 25 - Exemplo de programa de inspeção



Fonte: Autoria própria (2022)

Na parte inferior da Figura 25 é possível notar duas imagens de um resistor SMD, uma à direita e outra à esquerda. A imagem da direita é a utilizada pelo programa para a comparação, a imagem à esquerda é a captada pela câmera da máquina na placa sendo inspecionada. Qualquer variação de serigrafia, tonalidade de solda ou polaridade (não é este o caso) a máquina avisa uma possível não conformidade.

Como esta é uma máquina utilizada para garantir a conformidade do produto, segundo as normas ISO 13485 e ISO 9001 é necessário uma forma de validação de *software*, para garantir que a operação da máquina esteja 100% funcional. Para isto é utilizado uma placa padrão montada, com defeitos de montagem SMD previamente conhecidos. O objetivo é que a AOI reconheça todos os defeitos, caso ela não o faça, uma não conformidade deve ser aberta e ações corretivas devem ser tomadas para mitigar o problema e tornar a máquina operacional novamente. A Figura 26 mostra os defeitos que devem ser reconhecidos pela AOI, e a Figura 27 mostra a tabela geral de defeitos.

Através da tabela geral de defeitos, são feitos os indicadores de cada setor. O percentual de aceitação do setor é calculado através da quantidade de placas com defeito oriundo do setor analisado, e pela quantidade de placas que passaram por aquele setor no mês respectivo à análise. A meta estabelecida geralmente é a média de aceitação do ano anterior, mas também pode ser determinada pelo setor da qualidade.

Caso seja identificado um alto índice e defeito em qualquer setor para um produto específico, esta informação é computada pelo setor da qualidade e na próxima OP daquele produto, esta informação é fornecida para a produção por meio da impressão da Ordem de Produção cor amarela, que significa atenção, fazendo assim a gestão visual, para que toda a fábrica saiba que aquele produto deve ter atenção redobrada em seus processos.

Figura 26 - Defeitos da placa padrão

Código	Descrição	Posição alterada	Obs
SD1	Excesso de solda	R245	Terminal mais para dentro da placa
SD2	Curto de solda	Q3	Curto entre os terminais 5 e 6
SD6	Falta de solda	CI9	Pino 7 sem solda
MD1	Componente deslocado	CI54	Deslocado para a direita
MD2	Componente com valor errado	CI37/Q9	Raspado Serigrafia do CI/Invertidos os CIs
MD3	Componente invertido	CI3	
MD4	Componente em posição errada	D51A/CI22	Virado de cabeça para baixo
MD5	Faltando componente	BP10	
MD6	Componente danificado	L5/BP2	Quebrado/rachado
MD7	Efeito Tombstone - 1 lado levantado	C57/R283	
MD9	Componente sobre a solda	R228	
MD11	Componente a mais (não previsto nos documentos)	CI16/D53	Grudar componentes nos terminais

Fonte: Autoria própria (2022)

Na Figura 27 é possível observar como os defeitos são divididos pelos setores. Cada setor tem um código específico para os defeitos que são provenientes dele. Através de um diagrama de Pareto, é possível analisar quais os setores com maior número de defeitos e quais os defeitos mais recorrentes, e portanto promover ações para mitigar a causa destes defeitos.

Figura 27 - Tabela de defeitos gerais

TABELA GERAL DE DEFEITOS			QGD-001 EDIÇÃO: E 29/01/2020
ALMOXARIFADO		PSK	
A1	Falta de componente	P1	Preforma errada
A2	Componente errado	P2	Falta de componente
A3	Etiqueta faltando ou errada.	P3	Componente errado ou Invertido
A4	Falta ou Sobre de material	P4	Componente danificado
A5	Material misturado	P5	Falta / Insuficiência de solder out
A6	Outros:	P6	Montagem mecânica errada
INSERÇÃO		P7	Corte de trilha errado/falta
L1	Falta de componente	P8	Material misturado
L2	Comp. Invertido ou Posição errada.	P9	Etiqueta trocada (local indevido)
L3	Componente valor errado	P10	Corte errado de terminais
L4	Componente mau inserido	P11	Outros:
L5	Componente danificado	P12	Componente sem preforma
L6	Componente a mais	P13	Solder out a mais (em lugar errado)
L7	Outros:	P14	Falta de Serigrafia
SMT		RETOQUE DE SOLDA (máquina de solda)	
SD1	Excesso de solda	MD1	Componente deslocado
SD2	Curto de solda	MD2	Componente com valor errado
SD3	Solda fria	MD3	Componente invertido
SD4	Respingos de solda	MD4	Componente em posição errada
SD5	Solda com pingente	MD5	Faltando componente
SD6	Falta de solda	MD6	Componente danificado
SD7	Pouca solda	MD7	Efeito Tombstone - 1 lado levantado
SD8	Excesso de cola	MD8	Terminal levantado ou deformado
SD9	Solder Ball	MD9	Componente sobre a solda
SD10	Outros:	MD10	Componente sem solda/oxidação
		MD11	Componente a mais (ñ previsto nos dctos)
		MD12	Resíduos estranhos
		MD13	Limpeza deficiente
		MD14	Outros:
MONTAGEM FINAL		IRREGULARIDADES RECEBIMENTO NOTAS	
D1	Componente invertido	F1	Identificação errada dos fios
D2	Componente com valor errado	F2	Costura errada ou faltando
D3	Outros:	F3	Fiação danificada
D4	Componente danificado	F4	Falta de selástico
D5	Falta de componente	F5	Falta de etiqueta
D6	Componente alto ou mau inserido	F6	Etiqueta errada ou pos. errada.
D7	Componente a mais	F7	Corte errado de terminais/falta
D8	Componente posição errada	F8	Lead fora do especificado
D9	Fiação invertida	F9	Limpeza deficiente/resíduos estranhos
D10	Montagem mecânica deficiente	F10	Problemas no verniz
D11	Fluxo em excesso (placa esbranquiçada)	F11	Outros:
D12	Ilha levantada (local q vai a solda)	F12	Falta retrabalho/errado
		S1	Excesso de solda
		S2	Falta ou insuficiência de solda
		S3	Furo de solda
		S4	Curto de solda
		S5	Solda fria
		S6	Solda com pingente
		S7	Solda escura
		S8	Solda cortada
		S9	Respingos de solda
		S10	Outros:
		S11	Falta lacre
		S12	Trilha rompida/levantada (local q tem cobre)
TESTE ELÉTRICO		VERNIZ	
TE1	Componente invertido	TE11	Contato deficiente
TE2	Falta de componente	TE12	Componente a mais
TE3	Componente valor errado	TE13	Retrabalho errado
TE4	Curto de solda	TE14	Solda com pingente
TE5	Falta de solda	TE15	Componente mal inserido
TE6	Falta de retrabalho	TE16	Curto por terminais cortados
TE7	Defeitos na PCI	TE17	Falta de lacre
TE8	Defeito elétrico no componente	TE18	Falta de etiquetas
TE9	Componente danificado	TE19	Defeito na gravação da memória
TE10	Solda fria	TE20	Bateria descarregada
		TE21	Falta de contin.nos furos de passagem
		TE22	Luminosidade de display deficiente
		TE23	Teste elétrico reprovado
		TE24	Falta de informação
		TE25	Informação errada
		TE26	Componente em lugar errado
		TE27	limpeza deficiente
		TE28	Falta ou excesso de verniz
		TE29	Falta de gravação
		TE30	Outros:
SUB-CONJUNTO		CABOS	
SC1	Falta de componente	C7	Montagem mecânica deficiente (Crimpagem)
SC2	Componente com valor errado	C8	Capa mau inserida.
SC3	Componente invertido	C9	Problemas gerais com "etiquetas".
SC4	Falta de identificação	C10	Excesso de solda
SC5	Montagem mecânica deficiente	C11	Abraçadeira Soltando ou Faltando
SC6	Identificação errada	C12	Terminais mau inseridos.
SC7	Componente danificado	C13	Fiação danificada
SC8	Falta de serigrafia no produto	C14	Excesso de cola - em geral
SC9	Serigrafia errada	C15	Problemas com termo encolhível
SC10	Montagem mecânica errada	C16	Proteção deficiente (termo /corrugado)
		C17	Outros:

Fonte: Autoria própria (2022)

5.5 Teste elétrico, *Burn in* e inspeção final.

Depois de a placa ter passado por todos os processos de montagem, é feito o teste elétrico. Para isto uma série de informações é necessária. Um documento com o roteiro de teste deve ser fornecido pelo cliente, caso não exista e o cliente deseja que a placa tenha teste, a empresa pode desenvolver um procedimento de teste tomando como base o funcionamento da placa. Para isto são necessários esquemas eletrônicos e o desenvolvimento de Jigas de teste.



Uma Jiga é um equipamento desenvolvido especialmente para testar certo produto. No caso do produto 121.688 a Jiga e o procedimento de testes são fornecidos pelo cliente. O anexo B mostra o procedimento de teste da placa 121.688 (Informações foram alteradas e retiradas para manter o sigilo).

A partir do procedimento de teste fornecido pelo cliente, foi criado um formulário de teste que garante o atendimento aos critérios exigidos. A Figura 28 mostra o relatório desenvolvido (informações foram retiradas e alteradas para manter o sigilo).

A placa 121.688, faz parte de um conjunto de 3 placas, portanto o produto final é constituído por 3 placas que devem ser testadas, e ao final o conjunto também passa por um procedimento de teste específico. Neste trabalho, para fins de síntese é mostrado apenas o procedimento de teste da placa 192.688, e as outras duas placas são denominadas Placa 1 e Placa 2.

Para garantir que o critério estabelecido seja atendido, os únicos campos editáveis são os itens do cabeçalho e a coluna denominada “Medido”. Nesta coluna o técnico deve colocar o valor medido nos pontos de teste indicados, a planilha então faz uma comparação, se o valor medido está dentro do intervalo permitido, definido pelas colunas máximo e mínimo, a coluna denominada “Reprovado” passa a ficar vazia e a coluna “Aprovado” é preenchida automaticamente, na respectiva linha. No final do relatório há duas caixas suspensas para selecionar o nome do técnico e do supervisor, na Figura 28 as caixas suspensas foram removidas para não expor os nomes. Os retângulos na cor preta impedem a assinatura do técnico de aparecer, caso algum dos itens esteja marcado como reprovado, portanto ao final do procedimento de teste, se todos os critérios foram aprovados as assinaturas são liberadas, e a placa com o número serial informado no cabeçalho está aprovada no teste elétrico.

Figura 28 - Relatório de Teste Elétrico da Placa 121.688

REGISTRO DE TESTE PLACA 121.688							Código:		
							Revisão:		
							Data:		
Código da placa / Revisão	121.688 / Rev X			Número de série					
Versão do Firmware	-			Data de Teste					
Porcentagem da Amostra	100%			Fornecedor					
POP / Revisão				RNC (J.G. MORIYA)					
Equipamentos utilizados	Multímetro digital			Código		2600			
INSPEÇÃO VISUAL							APROVADO	REPROVADO	
13.1.1. Etiqueta de identificação da PCI correta									
13.1.2. Todos componentes soldados									
13.1.3. Componentes soldados adequadamente									
13.1.4. Limpeza da PCI									
ENSAIOS							APROVADO	REPROVADO	
13.2.1. Conectar PCI FONTE; conectar a fonte externa; conectar a bateria									
13.2.2. Medição de tensões:									
PCI ANALÓGICA	Ensaio	Ponto de teste		Tensão (V)				APROVADO	REPROVADO
		-	+	Mínima	Nominal	Medida	Máxima		
	+3VB	2	3	3,00	3,60		4,20		X
	+VSB	3	5	-	-	-	0,40		X
	+1,25V	2	6	1,243	1,250		1,257		X
	+950mV	2	8	0,930	0,950		0,970		X
+245mV	2	8	0,235	0,245		0,255		X	
13.2.3. Conectar a placa 2 à placa 121.688, placa 3 e fonte externa									
13.2.4. Medição de tensões:									
PCI ANALÓGICA	Ensaio	Ponto de teste		Tensão (V)				APROVADO	REPROVADO
		-	+	Mínima	Nominal	Medida	Máxima		
	+3,3VD	2	1	3,20	3,30		3,40		X
	+3VB	2	3	3,00	3,60		4,20		X
	+5VA	2	4	4,90	5,00		5,10		X
	+VSB	5	4	-	-	-	0,40		X
	+1,25V	2	6	1,243	1,250		1,257		X
+950mV	2	7	0,930	0,950		0,970		X	
+245mV	2	8	0,235	0,245		0,255		X	
OBSERVAÇÕES									
REALIZADO POR					VERIFICADO POR				
Técnico					Supervisor				
	11/05/2022					11/05/2022			
SMD 278-19									

Fonte: Autoria própria (2022)

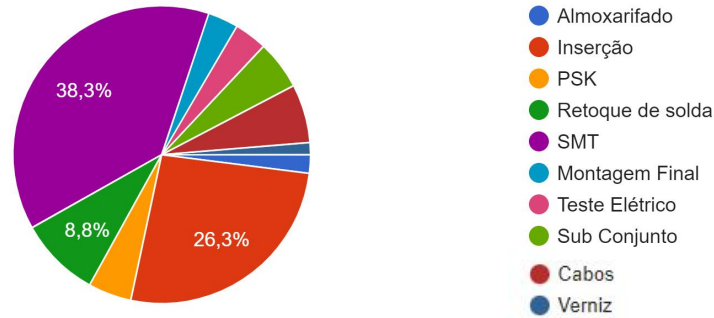
Após o processo de teste elétrico, o produto é submetido ao *burn in*. Este é um teste de vida e mortalidade. Cada placa pode ter um processo de *burn in* diferente, ou não passar por esta etapa. Na Figura 20, no campo “Comercial”, na terceira linha, é possível notar as especificações do *burn in* deste produto. Em resumo a placa deve ser energizada, e ficar em operação em uma estufa a 60°C por um período de 12 horas. Este processo tem a finalidade de estressar a placa em determinadas circunstâncias suficientes para reduzir o seu *MTBF (Medium Time Between Failure)*, que em português significa tempo médio até a falha, à níveis aceitáveis, garantindo a eficiência e confiabilidade do produto em campo.

A placa 121.688 inicialmente requeria que o procedimento de teste fosse realizado antes e depois da etapa de *burn in*, para identificar possíveis variações nos pontos de medição após a submissão da placa ao funcionamento contínuo em condições mais críticas. Por 3 anos este processo foi realizado desta forma. Não foram identificadas variações significativas e não há histórico de defeito após o procedimento de *burn in*, portanto a necessidade do teste elétrico após esta etapa foi retirada, mantendo apenas o *burn in* e posterior inspeção final.

A inspeção final, última etapa do processo produtivo, é responsável por verificar se a placa está conforme a documentação. As etiquetas de aprovação no teste elétrico, *burn in* e inspeção SMD devem estar coladas nos locais indicados, a solda de componentes PTH, partes mecânicas e cabos deve estar de acordo com os padrões IPC, o verniz deve estar uniforme e não invadir áreas como conectores e outras partes de contato. É nessa etapa que a inspetora indica os defeitos de cada setor, que são utilizados para criar os indicadores individuais da fábrica. O Gráfico 3 mostra o percentual de defeitos detectados nos setores. A maior quantidade está contemplada no setor do SMD por 2 principais motivos. Primeiro a quantidade de componentes SMD que são montados em uma placa, é maior do a quantidade de itens que são manuseados em todos os outros setores. O segundo motivo tem a ver com a pandemia, por conta dela, a extração de silício para fabricação de semicondutores foi diretamente impactada, ocasionando déficit de fornecimento dos mais variados tipos de componentes no mundo todo, devido a esta situação, muitos componentes antigos, chamados na forma popular por “fundo de prateleira”, começaram a ser comercializados. Estes itens comumente apresentam problemas de soldagem devido a oxidação dos terminais, ocasionando portanto, um alto índice de defeito.

Gráfico 3 - Percentual de defeitos nos setores da fábrica

Setor defeito 1
1.147 respostas



Fonte: Autoria própria (2022)

5.6 Calibração

Como definido pelas normas ISO 9001:2015 requisito 7.1.5 Recursos de monitoramento e medição, e ISO 13485:2016 requisito 7.6 Controle de equipamentos de monitoramento e medição, para assegurar resultados válidos, é necessário fornecer evidência da conformidade dos equipamentos, no intuito que eles possam ser usados de maneira consistente com os requisitos exigidos pelo processo de monitoramento e medição. Para isto, intervalos de tempo especificados para cada tipo de instrumento são definidos para calibração. O padrão de medição adotado para calibração deve obedecer aos padrões de medição nacional ou internacional, quando não houver nenhum, deve ser registrado. Para atender a este requisito específico, foi criada uma planilha de controle de calibração que pode ser vista, de forma resumida, na Figura 29.

Para o produto 121.688 o equipamento utilizado na execução do procedimento de teste, conforme mostra a Figura 28, foi o multímetro de identificação 2600. Na empresa objeto foco deste estudo, foi definido um intervalo de tempo para calibração de multímetros de 18 meses. A figura 30 mostra o multímetro em questão e a sua etiqueta de calibração.

Figura 29 - Tabela de controle de calibração

TABELA DE CONTROLE DE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS										
Equipamento	N° Controle	Fabricante	Modelo	Local	Última Calibração	Periodicidade (meses)	Prox/ Calibração	Local de Calibração	Tolerância do Processo	Tolerância do Equipamento
Multímetro Digital	2680	Fluke	117	Teste	19/03/2021	15	19/06/2022	CTM	4% (Geral) 18V Faixa 60V: 2,1% 1,8V Faixa 6V: 1,68% 180kΩ Faixa 600kΩ: 2,86%	±2% (Geral) 18V Faixa 60V: ±1,05% 1,8V Faixa 6V: ±0,84% 180kΩ Faixa 600kΩ: ±1,43%
Multímetro Digital	2681	Minipa	ET-2075A	Teste	09/12/2021	9	09/09/2022	CTM	4% (Geral) 12V Faixa 40V: 2,1% 1,2V Faixa 4V: 1,68% 240kΩ Faixa 400kΩ: 2,86%	±2% (Geral) 12V Faixa 40V: ±1,05% 1,2V Faixa 4V: ±0,84% 240kΩ Faixa 400kΩ: ±1,43%
Multímetro Digital	2683	Minipa	ET-2075A	Teste	19/03/2021	18	19/09/2022	CTM	4% (Geral) 12V Faixa 40V: 2,1% 1,2V Faixa 4V: 1,68% 240kΩ Faixa 400kΩ: 2,86%	±2% (Geral) 12V Faixa 40V: ±1,05% 1,2V Faixa 4V: ±0,84% 240kΩ Faixa 400kΩ: ±1,43%
Osciloscópio	2397	Tektronix	TDS1002	Teste	09/03/2021	12	09/03/2022	CTM	4%	-Deflexão Vertical em Acoplamento AC e DC: Faixa de 2 a 5 mV/div, 4% da leitura + 0,1 div -Faixa acima de 10 mV/div, 3% da leitura + 0,1 div -Deflexão Horizontal: Intervalo de amostra + 100ppm da leitura + 0,6 ns *Intervalo de amostra: s/div ± 250
Osciloscópio	2398	Tektronix	TDS1002	Service	21/09/2021	12	21/09/2022	CTM	4%	-Deflexão Vertical em Acoplamento AC e DC: Faixa de 2 a 5 mV/div, 4% da leitura + 0,1 div -Faixa acima de 10 mV/div, 3% da leitura + 0,1 div -Deflexão Horizontal: Intervalo de amostra + 100ppm da leitura + 0,6 ns *Intervalo de amostra: s/div ± 250
Paquímetro	2157	Mitutoyo	530-104 - 150mm	COM	15/04/2021	15	15/07/2022	CTM	Conf. JIS B 7507-1993	Conf. JIS B 7507-1993
Surface Resistivity Meter	SRM-0001	Hikari	HK-385B	Qualidade	20/09/2021	12	20/09/2022	CTM	Go/No Go	Go/No Go

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 30 - Multímetro Utilizado no Teste Elétrico do Produto 121.688

Fonte: Autoria própria (2022)

Apenas a calibração e o certificado de calibração não são suficientes para garantir a conformidade do equipamento. Quando o equipamento retorna do centro de calibração, um laudo de validação da calibração deve ser emitido. Uma análise é feita levando em consideração a tolerância do processo, tolerância do equipamento, incerteza de medição e do erro. Após a emissão deste laudo o equipamento pode retornar a linha de produção para ser utilizado. O certificado de calibração e laudo de validação de todos os equipamentos são armazenados para auditorias de clientes ou da organização certificadora

Existem equipamentos que são calibrados internamente, neste caso foram desenvolvidos métodos de calibração que foram validados e documentados no controle de qualidade da empresa. Tomando como exemplo o método de calibração de uma estufa, que é utilizada no processo com temperatura de 60°C, são definidas as fontes de incerteza como incerteza do padrão, resolução do padrão, resolução da estufa e desvio padrão. A incerteza padrão combinada é calculada pelo produto do divisor do tipo de distribuição adotada, pelo valor da incerteza. As distribuições

adotadas para as incertezas informadas acima são: Normal, retangular, retangular e normal, respectivamente. A incerteza expandida é calculada pelo produto da incerteza combinada com o divisor da distribuição adotada, que neste caso é a normal.

O método de medição consiste em setar a estufa em 3 diferentes temperaturas, 45°C, 60°C e 75°C. São realizadas 3 medições através de um termômetro digital com um termopar tipo K para cada temperatura setada, porém após a estufa estabilizar é feita apenas uma medição, ou seja, são necessários 9 *setups*.

Após as 3 medições realizadas em cada temperatura, as informações são inseridas em uma planilha de calibração que faz o cálculo de todos os parâmetros referentes a erros, incerteza, incerteza expandida e erro mais incerteza. Para cada temperatura são calculadas essas grandezas, e por fim é feito o cálculo da média dos valores medidos, a Figura 31 mostra o resultado obtido para a estufa em questão.

Figura 31 - Planilha de calibração

Dados do Instrumento							
Equipamento:	Controlador de temperatura com sensor para estufa						
Fabricante:	Fanem						
Modelo:	320E						
Nº de Identificação:	IND-0008						
Executante:	Erick Y. Guelbert						
Padrões Utilizados							
Equipamento:	Termômetro Digital com Sensor Termopar tipo K						
Fabricante:	Minipa						
Modelo:	MT-510						
Nº de Identificação:	1290	Laboratório		CTM			
Última Calibração:	13/04/2021	Próxima Calibração:		02/2022			
Procedimentos							
Proc. Utilizado:	QSP-006						
Método:	Verificação por comparação direta com o padrão.						
Temperatura:	N/A			%RH: N/A			
Calibração							
Escala:	0 a 150°C				Unidade de Medida:		°C
VVC	VM	Erro	U₉₅	K	E + U₉₅	Toler. ±	Resultado
45,0	46,733	1,733	0,439	2	2,172	5	APROVADO
60,0	62,633	2,633	0,680	2	3,313	5	APROVADO
75,0	76,633	1,633	0,795	2	2,429	5	APROVADO
VVC : Valor Verdadeiro Convencional.				U₉₅ : Incerteza expandida.			
VM : Valor Medido.				Toler. : Tolerância de calibração equipamento.			
K : Fator de abrangência.							

Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 32 mostra o laudo de validação do certificado de calibração do multímetro mostrado na Figura 30.

Figura 32 - Validação do certificado de calibração

Validação do Certificado de Calibração			
Equipamento:	Multímetro	Número Ativo:	2600
Número Certificado:	11114/21	Laboratório:	CTM
Dados do certificado:		Conf.	Não Conf.
Nome do laboratório emite:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Número do certificado:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Data da calibração:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descrição do instrumento que foi calibrado:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Número de Ativo do instrumento:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Faixa de medição ou capacidade do instrumento:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unidade de medida:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Método utilizado pelo laboratório para a calibração:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Condições ambientais:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nome do responsável pelo laboratório:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dados dos Padrões utilizados:			
Descrição:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Código:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laboratório que foi calibrado:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Número do certificado:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Validade do certificado:		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Análise de conformidade segundo os critérios de aceitação do instrumento:			
Conforme: O Erro Apresentado (EA) pelo equipamento somado à Incerteza de Medição (IM) está com desvio inferior ao limite do Erro Especificado* (EE).			
Não Conforme: O Erro Apresentado (EA) somado à Incerteza de Medição (IM) está com desvio superior ao valor limite de Erro Especificado* (EE).			
* Erro Especificado conforme tabela VRI-109 - Tabela de Controle de Manutenção de Instrumentos			
Condições de uso do Equipamento segundo os Resultados Obtidos na Calibração:			
<input checked="" type="checkbox"/>	Conforme	EA + IM < EE	
<input type="checkbox"/>	Não Conforme	EA + IM > EE	
Responsável Análise:	Erick Y. Guelbert	Visto:	
Data:	20/04/2021		

Fonte: Autoria própria (2022)

6 CONCLUSÃO

Conforme dados apresentados na revisão da literatura, as informações necessárias para se implementar um processo fabril bem controlado, atendendo a normas e requisitos pré-estabelecidos, demandam de um grande esforço da gestão da indústria. É necessário investimento em elaboração de material para treinamentos, tempo e capital intelectual.

Os resultados da implantação dos princípios das normas e padrões discutidos neste trabalho mostram os benefícios para a empresa objeto deste estudo. Dentre eles podemos citar a qualificação da empresa para exportar seus produtos para Europa, controle de materiais não conformes evitando que sejam enviados ao cliente, queda de devoluções e reclamações de clientes, aumento de produtividade e qualidade.

Um dos objetivos deste trabalho foi a identificação de normas e padrões aplicáveis ao processo produtivo da empresa. Para isso foi levantada toda a literatura na qual os processos são baseados. Essa condição trouxe a possibilidade do provisionamento ao decorrer do desenvolvimento da pesquisa, permitindo separar cada assunto e levantar informações sobre os processos sobre os quais cada norma e padrão se aplicam seus requisitos.

Uma das premissas dessa pesquisa foi a elucidação dos padrões IPC para a comunidade científica. Nota-se que dentro do meio acadêmico, especificamente no âmbito da engenharia eletrônica, estes documentos são pouco difundidos. Neste sentido o autor deste trabalho buscou levantar informações sobre este padrão não só para demonstrar sua aplicação na indústria, mas também a possibilidade do seu uso em projetos de pesquisa qualitativos e de desenvolvimento de produtos.

Esta pesquisa não abordou o investimento financeiro da empresa em certificações, adesão ao *membership* da IPC, aquisições de padrões, traduções e elaboração de treinamentos. O autor recomenda um estudo de natureza quantitativa para trabalhos futuros.

Por fim, esta pesquisa consolida os conceitos de utilização do padrão IPC e das normas ISO 9001 e ISO 13485 em ambiente fabril. A implantação destes conceitos e ferramentas caracteriza-se como melhoria contínua da metodologia de gestão da qualidade e de processos fabris, proporcionando ganhos para a organização.

REFERÊNCIAS

- ABINEE (Associação Brasileira Da Indústria Elétrica E Eletrônica). **Desempenho do Setor: Dados Preliminares, Comportamento da Indústria Elétrica e Eletrônica em 2021**. São Paulo: ABINEE, 2021.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 9000:2015: Sistema de Gestão da Qualidade - fundamentos e vocabulário**. Rio de Janeiro. ABNT, 2015.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 13485:2016: Produtos para saúde - Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos para fins regulamentares**. Rio de Janeiro. **ABNT**, 2016.
- ARTS, C. A golden opportunity. *News and Views from College of the North Atlantis Currents*, Stephenville, v 10, n. 3, p. 18, 2010
- BASTOS, B.; GIACOMINI, B. A. **Administração e Finanças para Engenharia**. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil), Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/6852/material/ENG1530%20-%20Adm%20e%20Fin%20Engenharia%20-%20programa%202018-1.pdf>. Acesso em: 05 junho 2022.
- BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Componentes eletrônicos: perspectivas para o Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 13, p. 3-64, 2001. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2725>. Acesso em: 15 mar 2022.
- BRASIL. Secretaria de Comercio Exterior. **Balança comercial do segmento de eletrônicos 2015-2020**. [Brasília], 2021 Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-externo/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/portarias-secex/2021>. Acesso em: 1 abr 2022.
- CHASE, R. B.; JACOBS, R. F.; AQUILANO, N. J. **Operations management for competitive advantage with global cases**. 11. ed. Nova York: New York McGraw – Hill, 2006.
- COSTA, L. D. S. D. F.; FERNANDES, N. **Estudo de caso em uma empresa de produção de equipamentos e insumos destinados ao setor médico hospitalar**. Academicus, v 3, n 1. P. 1-5, 2015.
- DESGRANGES, A. *et al.* **Accompagnement à la certification ISO 13485:2016**. 2018. Disponível em: <https://travaux.master.utc.fr/wp-content/uploads/sites/16/2021/05/2018-20-ttsap-pre-print-accompagnement-iso-13485-v2016.pdf>. Acesso em 21 abril 2022.
- DIAS, F. S. **Estudo De Caso Da Redução De Gargalos Na Produção Indústria De Placas Eletrônicas**. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25892>. Acesso em: 12 julho 2022

- DORO, M. M. **Sistemática para implantação da garantia da qualidade em empresas montadoras de placas de circuito impresso**. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87460>. Acesso em: 23 maio 2022.
- Dresch, Aline. *et al.* Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, a Pesquisa-Ação e a Design Science Research. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 17, n. 56, p. 3-7, jun. 2015.
- ENGEL, G. I. PESQUISA-AÇÃO. **Educar em Revista**, Curitiba, v.16, n.16, p. 183-189. 2000
- ERDAHL, D. S.; FELLOW, C. U. *Online – Offline Laser Ultrasonic Quality Inspection Tool for Multilayer Ceramic Capacitors*. In. **IEEE TRANSACTIONS ON ADVANCED PACKAGING**, v. 28, n. 2, p. 264-272. Mai. 2005
- FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- GUELBERT, M. **Estratégia de gestão de processos e da qualidade**. Curitiba, IESDE Brasil, 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- IPC (*Institute of Printed Circuits*), **About IPC**, 2022. Disponível em: <https://www.ipc.org/about-ipc>. Acesso em 5 abr 2022.
- ISO (*International Organization for Standardization*), **ISO Survey**, 2020. Disponível em: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>. Acesso em 18 abr 2022.
- JARUZELSKI, B.; DEHOFF, K. *Beyond Borders: The Global Innovation 1000*. **Tech & Innovation**, Florham Park, n. 2008.
- MARIANI, E. J. As normas ISO. **Revista Científica Eletrônica de Administração**, São Paulo, ano VI, n. 10. 2006
- MCB UP (*Management Consultants Bradford*). Soldering & Surface Mount Technology. **New Products**. Reino Unido, v. 3 n. 1, p. 72-73. 1991
- MELLO, C.H. P. **Gestão da qualidade**, São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.
- MUSSOLINI, B. **Discurso de Udine**, Itália, 1922
- NASCIMENTO, A. P.D. *et al.* A Estratégia da Qualidade ou a Qualidade Da Estratégia?: Uma Avaliação Da Adoção Da Gestão Estratégica Na Norma ABNT NBR ISO 9001:2015. **Sistemas & Gestão**. Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 57-69, 2017.
- NEVES, J. L. Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades. **Caderno de pesquisas em administração**. São Paulo, v.1, n.3, p1-3, 1996.

PRIMELETRONICA, *Optical Inspection*, 2016. Disponível em: <https://www.primeletronica.com/en/test-and-electronic-testing/optical-inspection/>. Acesso em 8 abr 2022.

SOUZA, M. H. D. **Certificação Segundo NBR ISO 9001:2015 em uma Indústria Química**. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Especialização pelo curso de Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma. Universidade de Taubaté, Taubaté, 2017. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/4973>. Acesso em: 28 junho 2022.

UENO, J. T. **Gestão da Qualidade**, São Paulo: Senac, 2017.

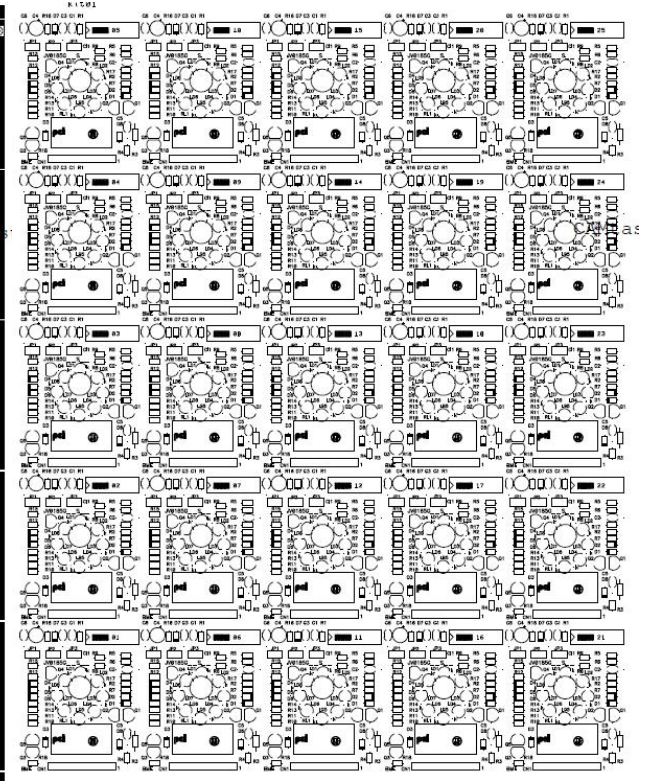
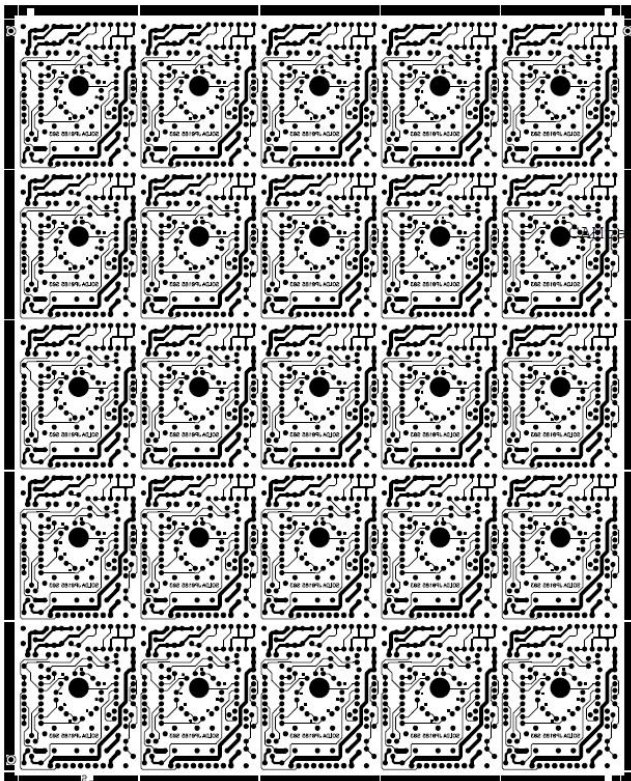
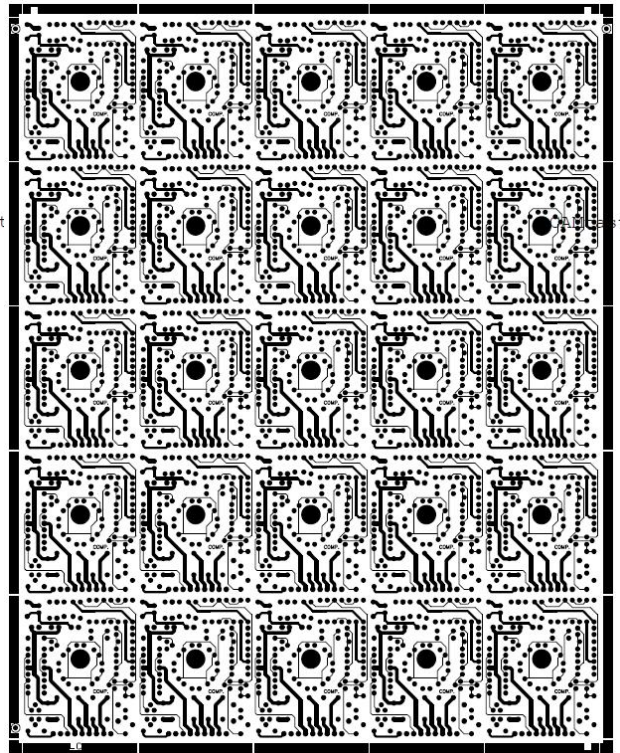
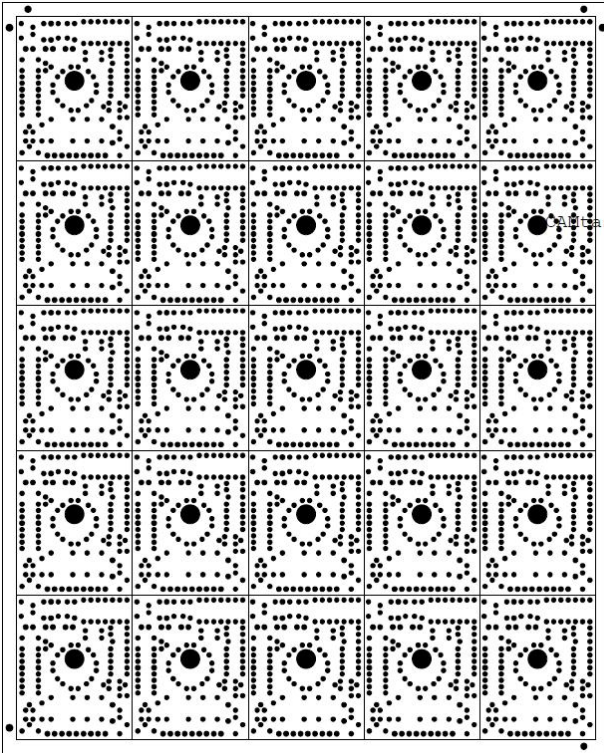
LO, L. K.; CHANG, D. S. The difference in the perceived benefits between firms that maintain ISO certification and those that do not. *International Journal of Production Research*, v. 45, n. 8, p. 1881-1897, mar. 2007.

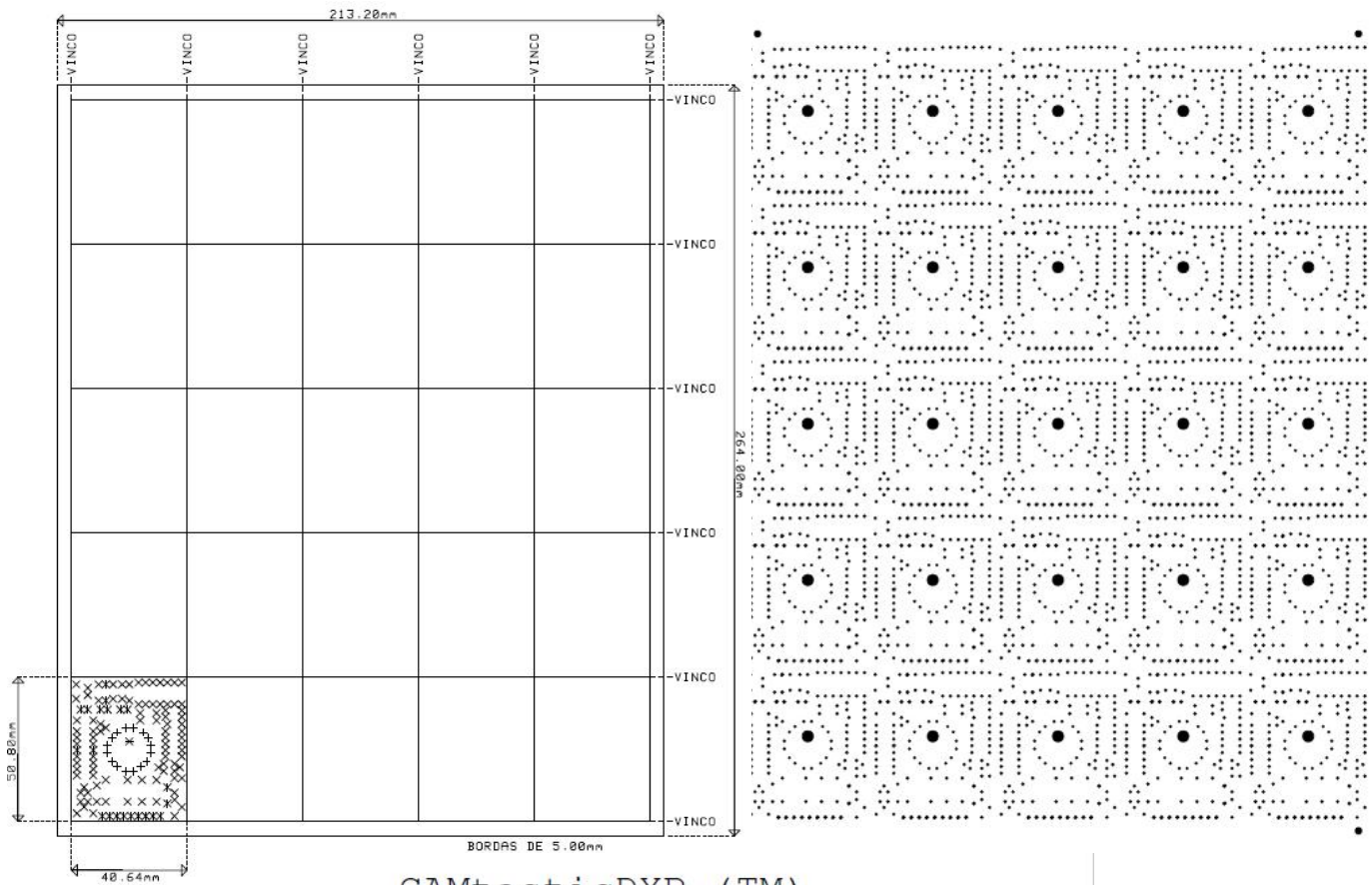
WELKER, W.; NAGARAJAN, R.; NEWBERG, C. E. *Contamination and ESD control in high-technology manufacturing*. 1 ed. **Wiley IEEE PRESS**, 2006.

WHMA (*Wire Harness Manufacturers Association*), **About WHMA**, 2022. Disponível em: <https://whma.org/about/>. Acesso em 13 abr 2022.

PEREZ, A. P.; WILSON, J. S.; REYES, J. D. Beyond the Information Technology Agreement: Harmonization of Standards and Trade in Electronics, *The World Economy*, Portugal, v. 33, n. 11, p. 1870-1897, dez 2009.

ANEXO A - Exemplo de documento de inspeção de PCI





CAMtasticDXP (TM)

Quant Camadas	Espessura De Chapa	Esp. Cobre	Cor Serig.
Face Simples <input type="checkbox"/>	0.80mm <input type="checkbox"/>	1.60mm <input checked="" type="checkbox"/>	1.0 oz <input checked="" type="checkbox"/>
Dupla Face <input checked="" type="checkbox"/>	1.00mm <input type="checkbox"/>	2.00mm <input type="checkbox"/>	2.0 oz <input type="checkbox"/>
ML4 Camadas <input type="checkbox"/>	1.20mm <input type="checkbox"/>	2.40mm <input type="checkbox"/>	3.0 oz <input type="checkbox"/>
Cor Mascara de Solda		Carbono Lado	Trata. Superficial
Verde <input checked="" type="checkbox"/>	Azul <input type="checkbox"/>	Componente <input type="checkbox"/>	Hall (Sn/Pb) <input checked="" type="checkbox"/>
Branco <input type="checkbox"/>	Vermelha <input type="checkbox"/>	Solda <input type="checkbox"/>	OSP <input type="checkbox"/>
Preta <input type="checkbox"/>	Nao Aplicar <input type="checkbox"/>	Nao Aplicar <input checked="" type="checkbox"/>	Enig (Ni/Au) <input type="checkbox"/>
SolderOut (Peelable) Lado		Elaborado Por=	
Componente <input type="checkbox"/>		Data=	
Solda <input type="checkbox"/>		Obs=	
Nao Aplicar <input checked="" type="checkbox"/>			

*TOLERANCIA DIMENSIONAL +/-0.20mm

*TOLERANCIA FURACAO +/-0.10mm

Tool	Count	Type	Finish	+Tol	-Tol	Drill
+T01	16	Plt	0.7112	0.1	0.1	0.7
X T02	95	Plt	0.8128	0.1	0.1	0.8
X T03	21	Plt	0.9906	0.1	0.1	1
X T04	1	Plt	3.5052	0.1	0.1	3.5
Totl	133					

ANEXO B - Procedimento de teste placa 121.688

1. DEFINIÇÃO

Não aplicável.

2. OBJETIVO

Este POP tem por objetivo estabelecer critérios para realização de testes estáticos e funcionais após a fabricação e montagem da PLACA 121.688

3. REFERÊNCIA NORMATIVA

- ✓ NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão
- ✓ NBR 5419 – Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas
- ✓ NBR 14163 – Descargas Eletrostáticas – Terminologia
- ✓ NBR 14164 – Símbolos Gráficos Utilizados no Controle de Descargas Eletrostáticas
- ✓ NBR 14544 – Requisitos Básicos para Proteção de Componentes Sensíveis à Descargas Eletrostáticas

4. DESCRIÇÃO

Não aplicável.

5. ÁREA DE TRABALHO

Usar sempre avental de mangas compridas e pulseira protegidos contra descargas eletrostáticas. Equipar-se com EPIs.

Deverá estar no local apenas o colaborador capacitado, devidamente treinado para realizar tal atividade e seguindo o procedimento de uso da área de proteção eletrostática.

ETAPA	LOCAL
Inspeção Final	Produção III ou Fornecedor (externo)

6. COMPONENTES NECESSÁRIOS

- 6.1. PLACA 121.688
- 6.2. PLACA 2 PREVIAMENTE TESTADA E APROVADA
- 6.3. PLACA 3 PREVIAMENTE TESTADA E APROVADA
- 6.4. BATERIA
- 6.5. FONTE
- 6.6. BATERIA RECARREGÁVEL

7. LIMPEZA DE COMPONENTES

Não aplicável.

8. DIAGRAMA DE MONTAGEM

Não aplicável.

9. FERRAMENTAS NECESSÁRIAS

- ✓ Multímetro digital

9.1. LIMPEZA E CONSERVAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Manter todos os equipamentos e ferramentas necessários calibrados – quando aplicável – e em perfeito estado de conservação.

10. NÃO CONFORMIDADE

Havendo não conformidades durante o processo, abrir um R.N.C.

11. SEQUÊNCIA DE MONTAGEM

Não aplicável.

12. ROTINA DE PRÉ-TESTE

Não aplicável.

13. ROTINA DE INSPEÇÃO FINAL

A inspeção final deve ser realizada por um Técnico Eletrônico capacitado e os resultados devem ser registrados em formulário específico.

13.1. INSPEÇÃO VISUAL

- 13.1.1. Verificar se a etiqueta de identificação da PCI está adequadamente fixada e contém as informações necessárias (Código e Número de lote/Número de série). Anotar os dados no formulário de registro.
- 13.1.2. Verificar se todos os componentes eletrônicos foram montados corretamente à PCI. Caso necessário, compare a PCI com o projeto (esquema eletrônico e layout).
- 13.1.3. Verificar se há sinais de solda fria ou se há resíduos na solda. Caso haja, é sinal de que pode ter havido algum problema na fabricação.
- 13.1.4. Verificar se a PCI está limpa (sem resíduos de fluxo, poeira, etc).

13.2. ENSAIO

13.2.1. Conectar a bateria ao conector B1 da PLACA 121.688.

13.2.2. Medir as tensões nos pontos de teste, conforme indicado na tabela abaixo:

PCI ANALÓGICA	Ensaio	Ponto de teste		Tensão (V)			
		-	+	Mínima	Nominal	Medida	Máxima
	+3VB	2	3	3.00	3.60		4.20
+VSB	5	3	-	-		0.40	
+1.25V	2	6	1.243	1.250		1.257	
+950mV	2	7	0.930	0.950		0.970	
+245mV	2	8	0.235	0.245		0.255	

13.2.3. Conectar a PLACA 121.688, pelos conectores J1 e J2, à PLACA 2, pelos conectores J5 e J7, respectivamente; conectar a PLACA 3 pelo conector J3 à PLACA 121.688 pelo conector J6; conectar a fonte externa e a bateria à PLACA 2

13.2.4. Medir as tensões nos pontos de teste, conforme indicado na tabela abaixo:

PCI ANALÓGICA	Nome	Ponto de teste		Tensão (V)			
		-	+	Mínima	Nominal	Medida	Máxima
	+3.3VD	TP2	TP1	3.20	3.30		3.40
+3VB	TP2	TP3	3.00	3.60		4.20	
+5VA	TP2	TP4	4.90	5.00		5.10	
+VSB	TP5	TP4	-	-		0.40	
+1.25V	TP2	TP6	1.243	1.250		1.257	
+950mV	TP2	TP7	0.930	0.950		0.970	
+245mV	TP2	TP8	0.235	0.245		0.255	

Caso todos os testes realizados tenham tido sucesso, a placa está aprovada. Registrar a finalização dos ensaios no formulário e encaminhar para teste funcional de conjunto.

13.3. APONTAMENTO NO FORMULÁRIO DE CONTROLE

Apontar os valores medidos no relatório de teste nºxxx.

14. LIBERAÇÃO

Havendo sucesso na realização de todos os ensaios, encaminhar a placa para armazenamento. Se houver qualquer falha, encaminhar para tratamento de não conformidade.

15. HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES

16. APROVAÇÕES

Eng. NOME

Assinatura: _____ Data: _____

Revisado por: NOME

Assinatura: _____ Data: _____

Aprovado por: NOME

Assinatura: _____ Data: _____