



**1<sup>st</sup>**  
INTERNATIONAL WORKSHOP  
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

**IV**  
SEMANA PAULISTA DE P+L  
CONFERÊNCIA PAULISTA DE P+L

# **Redução de Impacto Ambiental no Processo de Fabricação de Placas de Circuito Impresso**

Givaildo Alencar Costa<sup>a</sup>

*a. Tecnel Eletrônica Ltda, São Paulo, [givaildo@terra.com.br](mailto:givaildo@terra.com.br)*

## **1- Resumo**

Devido ao grande desenvolvimento tecnológico e à globalização, a sociedade brasileira foi forçada a buscar alternativas competitivas para continuar no mercado. Uma destas alternativas está no processo de normalização, onde pode-se citar as Normas ISO 9000, ISO 14000 e Normas IEC.

No mercado brasileiro, contudo, muitos fabricantes estão longe da realidade internacional, assim perdendo potencial de mercado interno e externo. Com pequenas mudanças de cultura e adotando a qualidade como ferramenta de trabalho espera-se reverter esta situação, e esta é a importância das referidas normas.

Portanto, este relatório objetiva delinear preliminarmente os benefícios trazidos por um processo de normalização - seja ele em processo, projeto, produto ou serviço que tenha como meta a economia financeira e a diminuição de impactos ambientais. Será utilizado como metodologia o estudo de caso e abordará um processo de fabricação de Placas de Circuito Impresso rígida de face simples.

Foi possível demonstrar preliminarmente, através deste estudo, as melhorias alcançadas nos processos: redução do impacto ambiental através da redução do consumo de água e energia elétrica, aumento de eficiência de processo, diminuindo o desperdício de matéria-prima e controlando o descarte dos resíduos. Um processo normalizado traz maior segurança ao investidor, cliente e sociedade, e é claramente comprovado pelos resultados financeiros da empresa que acaba reduzindo custos, crescendo tecnologicamente e diminuindo o impacto ambiental do seu processo.

## **2 Informações Gerais**

A Empresa Tecnel Eletrônica atua no mercado desde 1996 fabricando Placa de Circuito Impresso rígidas de face simples e formada por 28 colaboradores, tendo clientes atuando principalmente no mercado de iluminação, proteção elétrica e eletrônica.

## **3 Introdução [1,2]**

Com a globalização dos mercados mundiais a confiança é fundamental para o sucesso das relações comerciais. A Normalização tem por função atestar que um produto, processo, serviço, sistema ou profissional atende aos requisitos especificados em Regulamentos ou Normas Técnicas, sejam elas Nacionais ou Internacionais.

Os regulamentos são estabelecidos por órgãos governamentais, normalmente nas áreas de saúde, segurança, meio-ambiente, proteção ao consumidor e outras

inerentes ao poder público, de tal forma que os produtos que não atendem a esses regulamentos são impedidos de serem comercializados.

As Normas, devido ao seu caráter voluntário, não impedem que um produto em desacordo com suas especificações ou não certificado seja comercializado, contudo, esse produto tem maior dificuldade para ser aceito no mercado, uma vez que seus consumidores não podem confiar na sua qualidade.

Por outro lado, pode-se afirmar que durante o processo de normalização são identificados vários pontos de melhorias em processos deficientes, que geram desperdícios financeiros, ambientais, e sociais.

#### **4 Objetivo:**

Este relatório busca apresentar formas de reduções de impactos ambientais e reduções de custos de não qualidade através da normalização de processos, mostrando suas diferenças e vantagens.

Considerando-se o segmento de PCI's (Placas de Circuito Impresso), verifica-se que os fabricantes locais em 2005 atenderam pouco mais de 20% da demanda brasileira pelo produto, já incluindo uma fração muito pequena de PCI's de tecnologia mais avançadas, com alto valor agregado. Esse volume de vendas ocupa apenas 50% da atual capacidade de produção das indústrias do setor [3].

Com este não atendimento ao mercado nacional de PCI's pelos fabricantes brasileiros, as portas estão abertas para introdução do mercado internacional, e para o mercado nacional concorrer é necessário a equiparação ao padrão internacional de qualidade.

Pode-se inferir que neste cenário um processo ou produto com qualidade assegurada, através de normalizações, tem grandes chances de se tornar competitivo no mercado local, reduzindo através de controles específicos seus custos e desperdícios da produção, aumentando assim a produtividade do processo e tornando-o mais eficiente.

#### **5 Resultados e Discussão**

##### **5.1 O Processo de Normalização**

A aplicação das normas ISO pertinentes - Norma ISO 9000:2000 e Norma ISO 14000:2000 - implica no uso da ferramenta de melhoria contínua nela existente: o ciclo PDCA, que constitui em Planejar o que se deseja (*Plan*), Executar o planejado (*Do*), Monitorar os resultados obtidos (*Check*) e Tomar ações com os resultados obtidos (*Action*), podendo-se, então, imediatamente abrir outro ciclo de melhoria (PDCA).

Ademais, através do estabelecimento de uma Política da Qualidade e Ambiental, onde as pessoas se comprometem com os requisitos definidos na mesma, pode-se criar Indicadores com metas a serem atingidas que demonstram o desempenho de um processo objetivando o requisito pré-estabelecido. Pode-se normalizar os processos utilizando Procedimentos, Instruções Operacionais e de Inspeções, que depois do treinamento deve ser monitorado o seu cumprimento em todos os níveis da corporação.

Com esta rotina pode-se demonstrar melhorias de processos, tornando-os mais eficientes e eficazes, eliminando desperdícios, reduzindo custos além de minimizar o impacto ambiental.

Para melhor uso do monitoramento através de Indicadores de Desempenho é preciso avaliar quais são os processos críticos de uma empresa. Neste caso foram escolhidos os Processos de Atendimento ao Cliente incluindo Vendas e Pós-Vendas, Produção, Engenharia e Gestão de Pessoas e, em cada um deles foram criados monitoramentos tais como: Satisfação do Cliente, Volume de Produção, Refugo, Retrabalho e Treinamento.

Com o histórico dos Indicadores pôde-se demonstrar o desempenho alcançado ao longo de quase três anos de aplicações de melhorias e controles.

Tivemos melhoras consideráveis na quantidade de retrabalho, que no início era em média 2% e hoje alcançamos 0,5%, a quantidade de refugo era em média 1,5%, e hoje estamos com 0,8%, isto demonstra que o processo tornou-se mais eficaz, ou seja, fazendo certo da primeira vez.

Em 2004 o maior número de reclamações de cliente era oriundo do não atendimento ao prazo de entrega de pedidos, apenas 73% eram entregues no prazo, hoje são 95%. O monitoramento da Satisfação dos clientes demonstra um alto grau de satisfação, o volume de produção mensal saltou de 3400 m<sup>2</sup> para picos de 6500 m<sup>2</sup>. Estes números demonstram claramente a importância e os benefícios alcançados por um processo normalizado, trazendo grande segurança ao cliente na hora de se fechar o contrato.

## 5.2 Aplicação de Melhorias no Processo Produtivo

O processo de fabricação de Placas de Circuito Impresso é gerador de resíduos e grande consumidor de água, estamos estudando formas de diminuir os impactos ambientais na fabricação de PCI (Placa de Circuito Impresso). Abaixo será descrito o processo produtivo de placas de circuito impresso rígida de face simples e o planejamento de implementações buscando a redução de impactos com redução de consumo de energia elétrica, água e matéria-prima.

A PCI é fabricada em laminado composto de fenolite (papel com resina fenólica) ou composite (papel com resina epóxi) ou fibra de vidro (fibra de vidro com resina epóxi), com película de cobre que pode ter 17, 35 e 70 µm. As tintas utilizadas são sensibilizadas com radiação ultravioleta que são de tintas de máscara anti-solda, legenda de componentes e a utilizada na definição da malha do circuito que é resistente à corrosão.

O laminado é adquirido em chapas de tamanho padrão que devem ser cortadas para serem processadas de acordo com o tamanho da PCI e o número de peças na montagem. Nesta etapa deve ser realizado o planejamento do corte para minimizar ao máximo as sobras de corte, com isso podemos melhorar o aproveitamento gerando menos desperdício de matéria-prima. Estas mesmas sobras são armazenadas e vendidas para empresas que recuperam o cobre dos retalhos.

O processo de furação é realizado em equipamentos automáticos de CNC (Controle Numérico Computadorizado), onde são realizadas periodicamente manutenções preventivas para aumentar a eficiência dos equipamentos e diminuir o consumo de energia elétrica. O processo de furação gera pó que é aspirado para um reservatório e deve ser descartado em local apropriado.

O processo de impressão é feito através de serigrafia que consiste de transferência de imagem de uma matriz serigráfica para a placa através da passagem e moldagem da tinta na trama do poliéster da matriz. Neste processo podemos aplicar controles de descartes dos panos de limpeza com resíduos de tintas e solventes através da terceirização da lavagem e tratamento do efluente gerado na lavagem, já os recipientes plásticos de armazenamento das tintas pode ser reciclado. Na fabricação da PCI podemos utilizar a serigrafia para aplicar a tinta de proteção da corrosão (Impressão de Imagem), tinta de identificação dos componentes, máscara anti-solda e pastas condutivas.

A impressão de imagem define a malha do circuito da PCI por uma tinta resistente ao reagente utilizado na corrosão do cobre, após cura a tinta atua como uma máscara sobre o cobre protegendo-o contra a corrosão. Este processo é crítico e deve ser controlado através do tratamento dos painéis com escovação apropriada das laterais para limpeza dos painéis e eliminação de partículas que interferem na impressão, treinamento dos colaboradores envolvidos no processo e eliminação de choques físicos sobre as placas após a cura.

O processo de corrosão consiste na remoção do cobre não desejado da placa, através de um ataque químico que pode ser utilizado com o reagente o Cloreto

Férrico ( $\text{FeCl}_3$ ). A exposição da placa ao reagente é feita através de um módulo fechado com *spray*, seqüenciado de enxágüe com água, *spray* de solução à 5% de Soda Caustica ( $\text{NaOH}$ ), para remoção da tinta de proteção e seguido de enxágüe com água.

Este processo é grande consumidor de água utilizada no enxágüe das placas, podendo ser realizado o tratamento desta mesma água, sendo então reutilizada no processo, diminuindo assim o impacto ambiental.

Verificou-se que com a adição de água na solução de Cloreto Férrico após saturação o rendimento do reagente no processo aumentou em média 50%, de 200 m<sup>2</sup> para 300 m<sup>2</sup> de placas corroídas com 500 litros de Cloreto Férrico. Conseguiu-se menor consumo do reagente, gerando menores custos do processo, menor geração de efluentes e conseqüentemente menor impacto ambiental.

Temos, no processo de fabricação de PCI, equipamentos que utilizam água na escovação e lavagem e para minimizar o seu consumo pode ser utilizado o processo de filtragem de água, através de um ciclo fechado, permite a reutilização.

No final do processo há o destaque das PCI's para o fornecimento, gerando retalhos de fenolite não desejados e ausentes de cobre, os mesmos devem ser armazenados e descartados em local apropriado.

## 6 Conclusão

O presente relatório demonstra, mesmo que preliminarmente, as vantagens da implantação das normas de Qualidade já com um foco no comportamento ambiental correto. Deste modo, os processos críticos, que precisam de monitoração contínua, são também indicadores de bom desempenho, inclusive ambiental.

## 7 Agradecimentos

A Deus por me abençoar e dar a possibilidade de participar desta experiência.

A Tecnel Eletrônica pela confiança e autonomia de alterações nos processos.

Aos amigos Profa. Dra. Maria Lucia Pereira da Silva, Nelcino Oliveira Primo e Sebastião Alves, pelo apoio e instrução.

À família pela compreensão.

## 8 Referências bibliográficas:

- 1- Recycling Oriented Society, Towards Sustainable Development 2002;
- 2- Emprego de Processamento Mecânico para Reciclagem de Sucatas de Placas de Circuito Impresso, Hugo Marcelo Veit, Carolina de Castro Pereira e Andréa Moura Bernardes;
- 3- ABRACI, Cenário da Industria Brasileira de Circuitos Impressos;