



VI CONGRESSO NACIONAL DE
EXCELÊNCIA EM GESTÃO

5, 6 e 7 de Agosto de 2010

ISSN 1984-9354

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM SÉRIE E CÉLULA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE ELETROELETRÔNICO NO PIM

José Josimar Soares (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ)

jsoares@niltonlins.br

**Fábio André de Farias Vilhena (UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ)**

favilhena@pst.com.br

Jandecy Cabral Leite (ITEGAM)

jandecycabral@hotmail.com

O objetivo deste trabalho é disseminar os princípios da produção em célula, visando a melhoria da produtividade, qualidade, qualificação e a motivação da mão-de-obra do chão-de-fábrica, através da qualificação e da eliminação de perdas de processo inerentes à produção em longas linhas em séries, tendo como principais perdas no processo de produção em série: espera, superprodução, transporte, estoque em processo, movimentos e defeitos. Proporcionando um baixo desempenho no processo produtivo. Para atingir esse objetivo foi realizado um estudo comparativo da implantação de uma linha em célula com layout tipo “Y” e uma linha em série em uma empresa que produz som automotivo, no Pólo Industrial de Manaus. Foram levantados indicadores de desempenho do novo sistema para comparação com a situação atual (produção em série). Através desses indicadores, obteve-se uma validação dos benefícios gerados pelo sistema de manufatura em célula, bem como de sua importância na eliminação das perdas supracitadas, para a melhoria de produtividade, qualidades da empresa e motivação dos colaboradores internos.

Palavras-chaves: Produção em célula, Layout, Desperdício de processo.

1 Introdução

O avanço da produção industrial do século XX trouxe desafios que atualmente guiam as decisões nas organizações. O novo contexto de competição em um ambiente dinâmico e com flutuações levam as empresas a melhorarem seu desempenho operacional para se manter no mercado, sendo necessária velocidade na tomada de decisão e flexibilidade nos processos produtivos para que seu produto se amolde às necessidades do consumidor e às variações do mercado.

Portanto, a busca por melhores resultados na produção, aperfeiçoamento da qualidade e utilização racional dos recursos disponíveis, visando sempre a melhoria contínua, redução dos desperdícios e melhoria da qualidade, são essenciais para alcançar a competitividade no mercado. Em 1961, foi implementado na Toyota o programa *Total Quality Control* (TQC) que tinha como lema “garantia da qualidade em cada processo”, construindo um ambiente para expansão do JIDOKA por toda empresa Toyota.

O Sistema Toyota de Produção (STP) tem como objetivo central a eliminação das perdas no processo, através dos princípios básicos: Just-In-Time (JIT) e automação inteligente, possibilitando produtos e serviços de qualidade, ao menor custo possível, na busca da melhor forma de atender às expectativas dos clientes.

A filosofia de produção JIT apóia-se nos princípios da manufatura celular, em particular na reorganização de *layouts* produtivos, no treinamento para formação de trabalhadores multifuncionais e na padronização e revisão contínua das operações (1). O STP tem 14 princípios, tais como tomar decisões por consenso, usar controles visuais e planejar com visão de longo prazo, mesmo sob pena de prejuízos financeiros no curto prazo (2). Também conhecido como Produção Enxuta, é constituído basicamente por dois pilares de sustentação: JIT e JIDOKA (automação com toque humano) (3).

O primeiro passo na implantação de sistemas de produção Toyota deve ser a completa identificação das perdas, e para identificar as perdas é preciso estar onde elas acontecem. Só é possível reduzir os estoques por meio da eliminação das suas causas (4). A manufatura celular aplica princípios de tecnologia de grupo à produção. A idéia central é converter todo ou parte do sistema produtivo em centros de trabalho ou células (equipe de trabalhadores e máquinas) para produção de famílias de produtos ou componentes (5). O layout tipo “U” é um tipo especial de manufatura celular, usado tipicamente em ambientes de produção JIT (6).

O objetivo deste artigo é apresentar a viabilidade da produção em célula, como propulsor da eliminação de perdas e aprimoramento de sistemas produtivos em série, através da reestruturação de *layout* e qualificação dos colaboradores, com a finalidade de reduzir o índice de defeito, tempo de espera e *work-in-process* (WIP), melhorando assim a capacidade do processo e acelerando a implantação do sistema de produção enxuta.

Tendo como objetivo específico descrever um estudo de caso em determinada empresa multinacional fabricante de eletroeletrônico (TV, microondas, câmeras, mini-system e som automotivo), com cerca de 1.200 funcionários, situada no PIM. No ano de 2005, foi iniciado um processo de remodelagem dessa unidade industrial, tendo em vista o aumento da flexibilidade de produtos e processos para o melhor atendimento das necessidades de seus clientes.

Portanto, a empresa iniciou o desenvolvimento de um sistema de produção embasado fortemente nos princípios e práticas da JIT, com início da implementação no departamento de som automotivo, segundo a maior necessidade dos clientes, adaptado a realidade da empresa.

Para nossa análise escolhemos a montagem principal, que possui 19 estações de trabalho com um operador, por estação. A linha principal possui 21 metros de comprimento utilizando os dois lados em série e 80m² de área de ocupação. Enquanto que, a nova linha em célula montada, para realizar o estudo comparativo possui 6 estações de trabalho, com capacidade para 2 operadores em cada estação, duas bancadas de pré-montagem, duas cabines de testes funcionais e uma área para embalagem, nas quais são montadas partes menores do processo, realizados os testes que requer baixo nível de ruído e embalagem, totalizando um total de 12 operadores. Como também, foi escolhido um produto tempo padrão de 12,19 min, com possibilidade de passar nos dois sistemas.

2 Análise do Estudo de Caso

Este trabalho consiste em um estudo de caso comparativo entre o processo produtivo atual, produção em série mostrada na Figura 1 e, a implantação de um processo em célula com um *layout* tipo “Y”, usando o conceito do *layout* tipo “U”, alterando apenas a saída do produto acabado, para parte central, com objetivo de melhora o fluxo de materiais, conforme Figura 2, aliado aos princípios da filosofia JIT, em uma empresa multinacional de grande porte na área de produção de som automotivo, situada no PIM.

No momento da análise, trabalhavam 19 operadores diretos na linha de produção em série, com capacidade de produção na montagem final de 700 aparelhos por dia, distribuídos nos processos conforme descrição na Tabela 1.

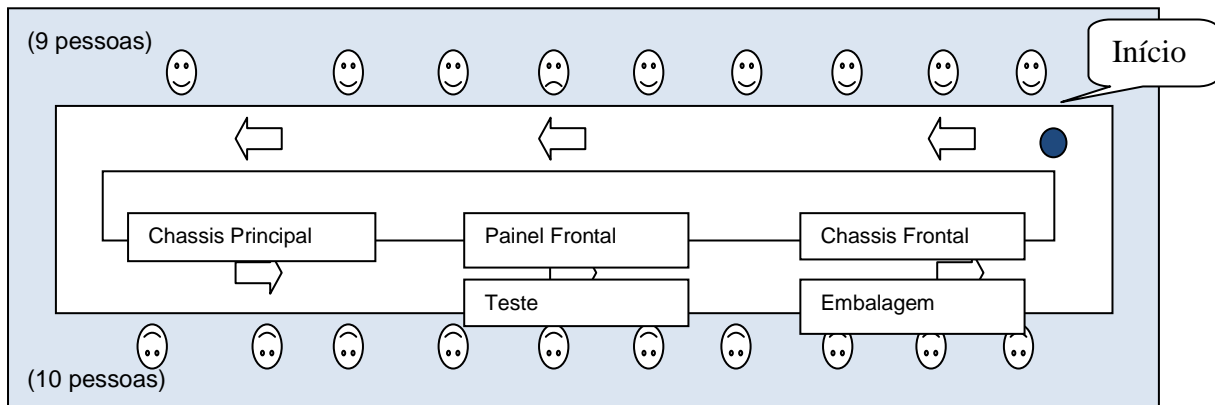


Figura 1: *Layout* da produção em série.

Fonte: O autor.

| Processo | Operadores (pessoa) |
|--------------------------------------|---------------------|
| Chassi Frontal | 02 |
| Painel Frontal | 03 |
| Chassi Principal | 04 |
| Encaixe dos Chassis e Painel Frontal | 01 |
| Testes Elétricos | 03 |
| Testes Funcionais | 03 |
| Embalagem | 03 |

Tabela 1: Relação dos operadores por processo na linha em série.

Fonte: O autor.

Para realizar a comparação entres os sistemas supracitados, foi montada uma célula de produção, em formato tipo “Y”, utilizando os conceitos da filosofia STP. Com a participação de 12 colaboradores multifuncionais devidamente capacitados, com autonomia para produzir 500 aparelhos por dia, distribuídos nos processos conforme Tabela 2, para realizar todas as etapas dos processos de fabricação do som automotivo.

Devido às características do processo e requisitos exigidos pelos clientes, dividimos as operações em três processos, mas com a possibilidade de realizações de permutas dos operadores entre os processos, mantendo assim o conceito, que cada operador pode montar um produto, elevando a motivação dos operadores, devido ao aumento do conhecimento técnico de todo processo de montagem do produto, que também elevou significativamente o moral da equipe de trabalho.

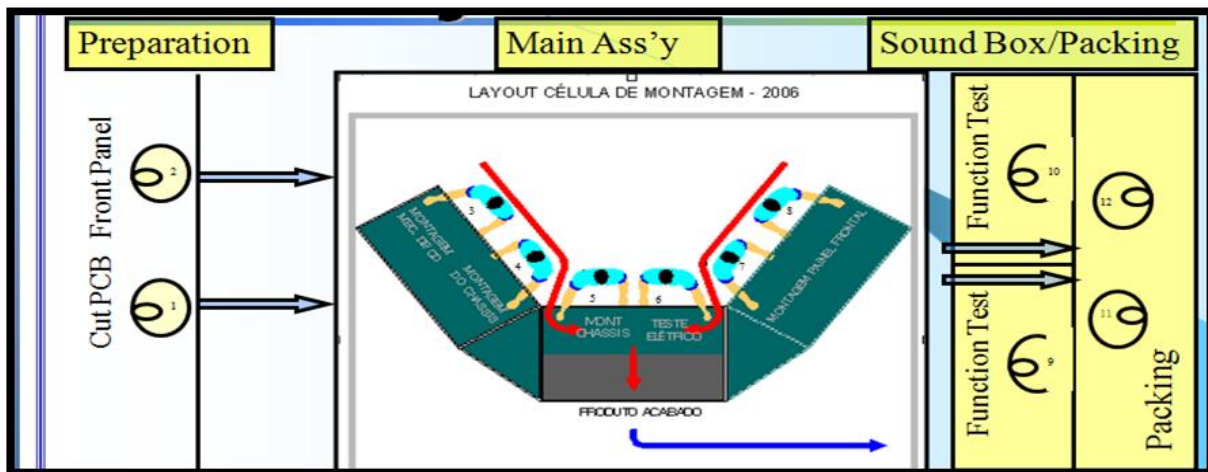


Figura 2: *Layout* atual da produção em célula.
Fonte: O autor.

| Processo | Operadores (pessoa) |
|---|----------------------------|
| Preparação | 02 |
| Painel Frontal | 02 |
| Montagem e encaixe dos Chassis e Painel Frontal | 03 |
| Testes Elétricos | 01 |
| Testes Funcionais | 02 |
| Embalagem | 02 |

Tabela 2: Relação dos operadores por processo na linha em célula.

Fonte: O autor.

Para melhorar padronização foi mapeada a área e elaborado um fluxograma (Figura 3) para o produto prioritário da empresa, explicitado os vários processos de montagem, referente ao novo processo da produção em célula, pois o processo atual, produção em série é uma seqüência: montagem do chassis frontal; montagem do painel frontal e montagem do chassis principal, com transporte entre os processos em *palletes*, conforme mostrado no *layout* da produção em série, figura 1.

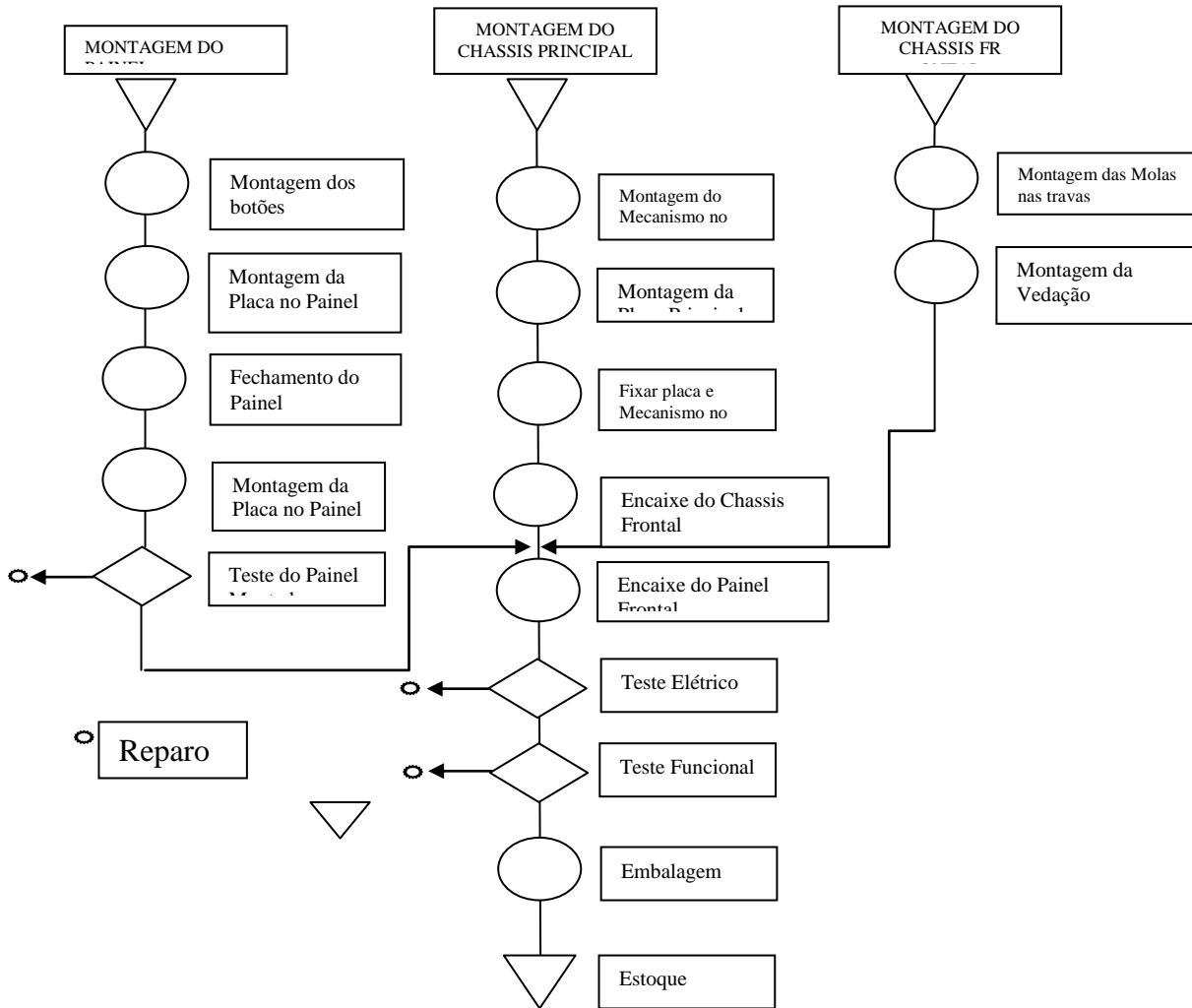


Figura 3: Fluxograma do processo de produção.
 Fonte: O autor.

4 Discussão dos Resultados

Dentre as perdas identificadas no processo, este trabalho focou na eliminação de perdas por esperas, estoques em processo e qualidade, através do aprimoramento do *layout* produtivo e aplicação da filosofia do STP. Tal melhoria teve como facilitadores o fato da empresa estar buscando novos clientes, montando novas linhas e seu interesse em aprimorar o sistema de

produção e a necessidade iminente de responder a demandas flutuantes do mercado, sem perder competitividade no mercado.

Na implantação deste sistema, tivemos dois grandes desafios; o primeiro desafio deste trabalho foi envolver os operadores da linha de produção, na busca por novos desafios, portanto foi realizada uma seleção com participação apenas das pessoas voluntárias e com grande potencial de aprendizagem, para realização dos treinamentos. O segundo foi na identificação de perdas no processo e ajustes de operações defeituosas. Após esse esforço inicial, partiu-se para a análise do *layout* utilizado na fábrica (Figura 1) e implementação das melhorias contínuas (Kaizen).

A partir desta primeira avaliação buscou-se montar um novo layout, figura 2, tendo como objetivo principal a redução dos desperdícios identificados anteriormente, como também, a implantação de outros princípios do STP, que denominamos de sistema de produção em célula.

Para realizar um comparativo quantitativo e analisar o possível sucesso da implantação da célula de manufatura, utilizou-se alguns indicadores de desempenho que estão representados na tabela 3 com seus respectivos resultados, levando em consideração as dimensões do QCD.

| Indicadores | QCD | Produção em Série | Produção em Célula | Melhoria Obtida |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| Índice de Defeitos (%) | Q | 1,5% | 0,67% | -55,3% |
| WIP (Estoque em Processo) | C | 57 | 12 | -78,94% |
| Produtividade (unid/dia, operador) | C | 36,84 | 41,66 | 13,08% |
| Set up (min) | C | 20 | 12 | 40,0% |
| Tempo de Atravessamento (min) | D | 21 | 10 | 52,4% |
| Tempo de Espera (%) | C | 18,31% | 6,14% | 66,46% |
| Capacidade do Processo (Cp; Cpk) | D | 0,93; 0,37 | 1,18; 1,05 | 26,9% 183,8% |

Tabela 3: Comparação dos indicadores de desempenho entre os processos: produção em série e produção em célula.

Fonte: O autor.

A qualidade (Q), que apresentou uma *performance* (+ 55,3%) em relação ao atual sistema de produção em série. O bom resultado se deve ao fato da boa qualificação dos colaboradores, utilização de dispositivos à prova de falhas (*Poka-yoke*) na célula de montagem e o envolvimento de todos com a melhoria contínua (*Kaizen*) diários, como também, a definição de autoridade e responsabilidade dos colaboradores, onde na ocorrência de problemas, os mesmos têm autoridade de parada de linha para solucionar o problema, que aumentou significativamente o comprometimento com o processo de melhoria.

Com relação aos outros indicadores, obteve-se resultados satisfatórios, conforme mostra a Tabela 3, coluna da produção em célula, e os mais significativos serão comentados abaixo.

4.1 Tempo de Espera – Desbalanceamento

O tempo de espera ocorre principalmente pelo desbalanceamento existente ente as estações de trabalho, 18,31% e 6,14 %, conforme mostrado nos gráficos 1 e 2, para os processos em serie e célula, respectivamente. Portanto, para o processo de produção em célula, obteve uma redução nos tempos de espera aproximadamente 66% em relação ao processo atual, conseqüentemente com a implantação deste sistema teremos melhoria produtividade e, conseqüentemente de competitividade da empresa no mercado.

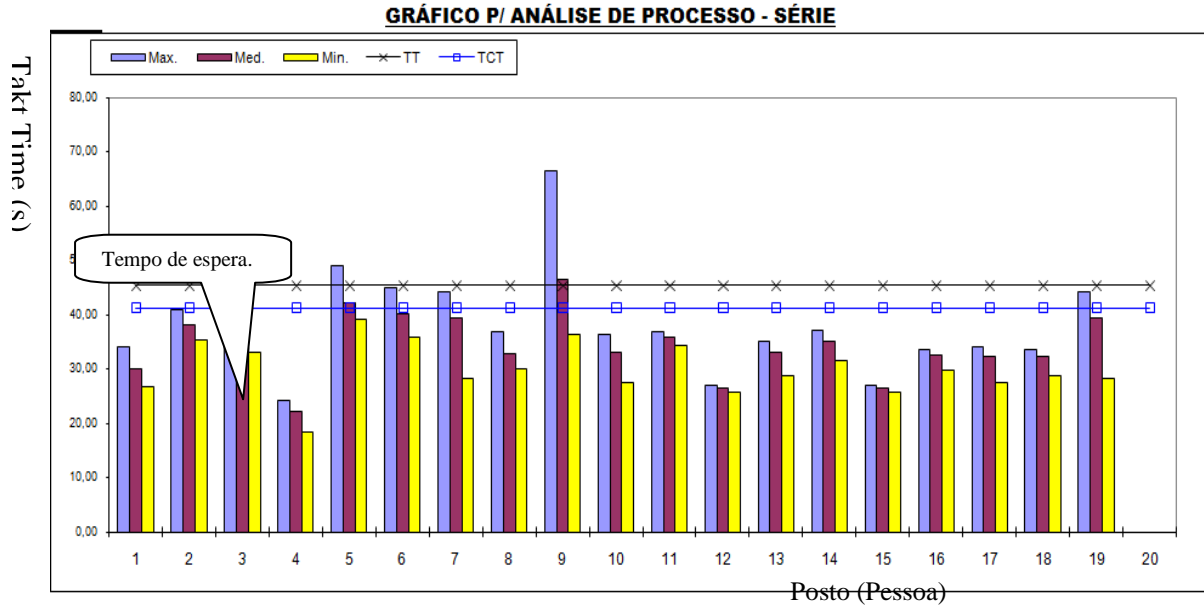


Gráfico 1: Controle do tempo de operação e espera: linha em série.

Fonte: O autor.

Em linhas em séries com grande quantidade de estações de trabalhos, onde temos que subdividir operações em pequenas tarefas, que em algumas configurações não são possíveis de realizá-las, proporcionando um desbalanceamento natural do processo, como também há diferença entre a capacidade de operação de cada operador, que aumenta ainda mais o tempo de espera.

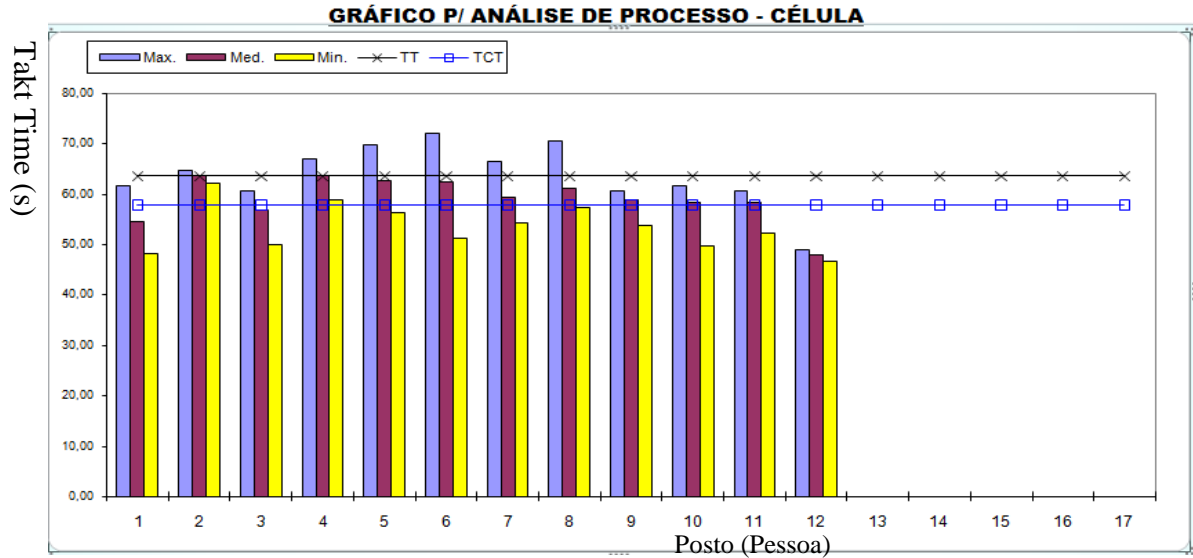


Gráfico 2: Controle do tempo de operação e espera: linha em série.
 Fonte: O autor.

4.2 Efeitos das Incertezas

As flutuações dos processos que influem diretamente nos tempos de ciclos estão relacionadas às incertezas na operação, falta de consistência do operador, falha de equipamentos, falta de material, entre outros. Por melhor que seja o controle sobre os fatores que proporcionam as variações nos processos é impossível para os sistemas de produção eliminá-los completamente dos tempos de ciclos das operações.

As variações nos processos de manufatura são encadeadas em operações interdependentes, onde determinadas operação só podem ser executadas após a finalização da operação anterior. Portanto, neste caso, as flutuações aleatórias dos tempos de ciclos não se compensam e os atrasos tendem a se propagar ao longo do processo, gerando um efeito combinado das flutuações estatísticas e do encadeamento dos eventos dependentes, que são os postos de trabalhos, para o caso da produção.

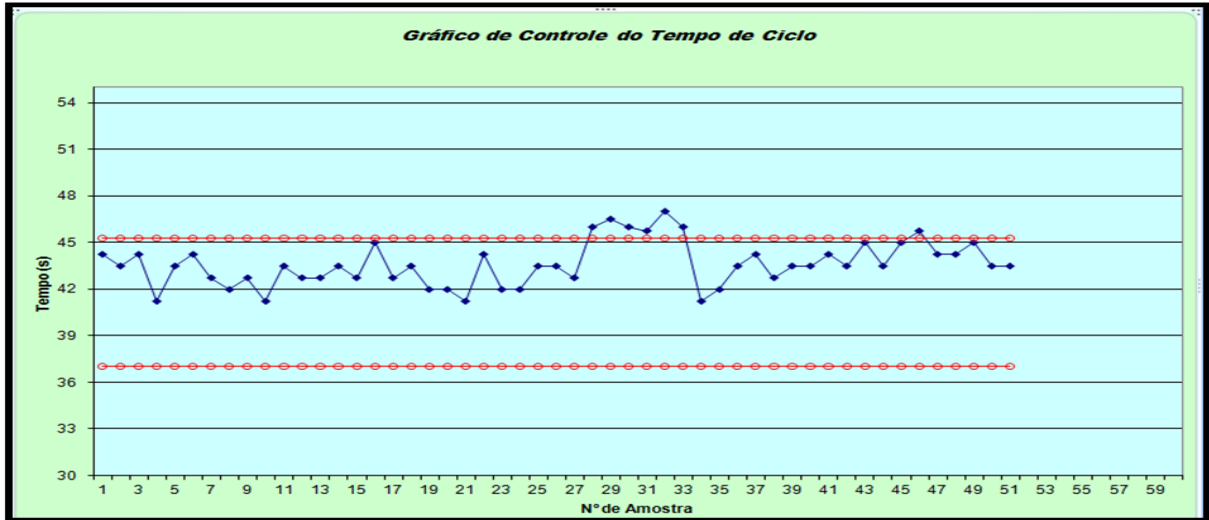


Gráfico 3: Controle do tempo de ciclo: linha em série.
 Fonte: O autor.

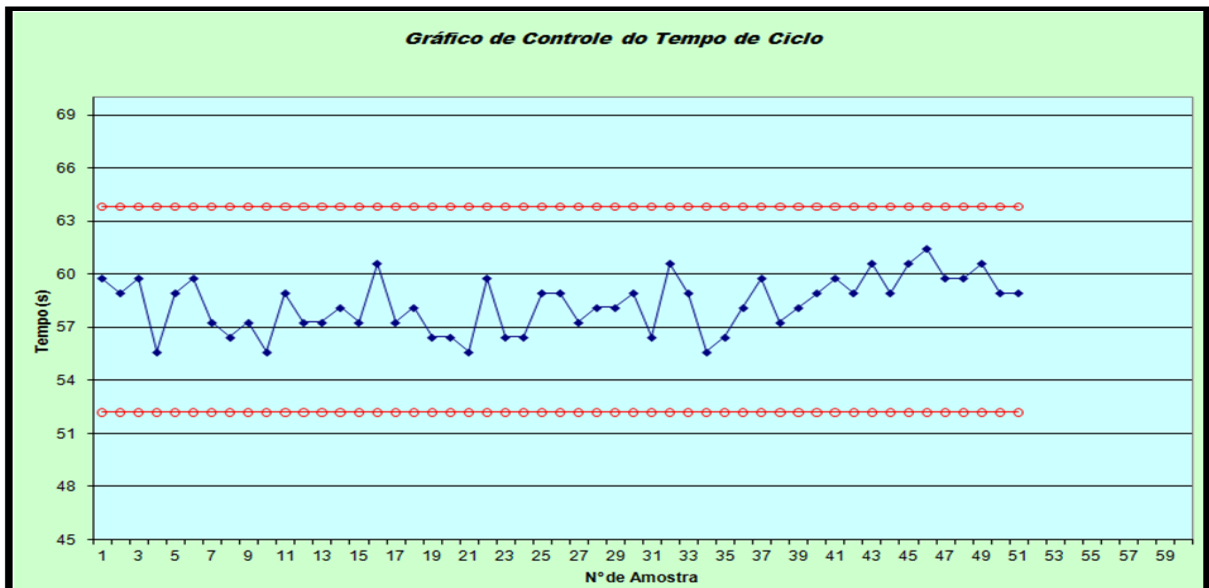


Gráfico 4: Controle do tempo de ciclo: linha em célula.
 Fonte: O autor.

Dessa forma, no processo de produção em série este problema é potencializado, pois todos os postos de trabalhos são ordenados em série e qualquer atraso em uma estação de trabalho comprometerá o prazo de entrega deste produto. Enquanto que no processo de produção em

célula, tipo “Y”, o número das estações de trabalhos com interdependências foram reduzidas significativamente de 19 para no máximo 4, reduzindo drasticamente o efeito das flutuações aleatórias inerentes ao processo produtivo, como mostra os gráficos 5 e 6, os comparativos entre os dois processos de produção, com uma melhoria na capacidade do processo de 183%, devido ao aumento da capacidade (Cpk) do processo de 0,37 para 1,05 entre os processos de produção em série e processo de produção em célula, respectivamente. Representando uma melhoria na estabilidade do processo na mesma proporção, fator primordial na fase de implantação de qualquer sistema, mas principalmente na STP.

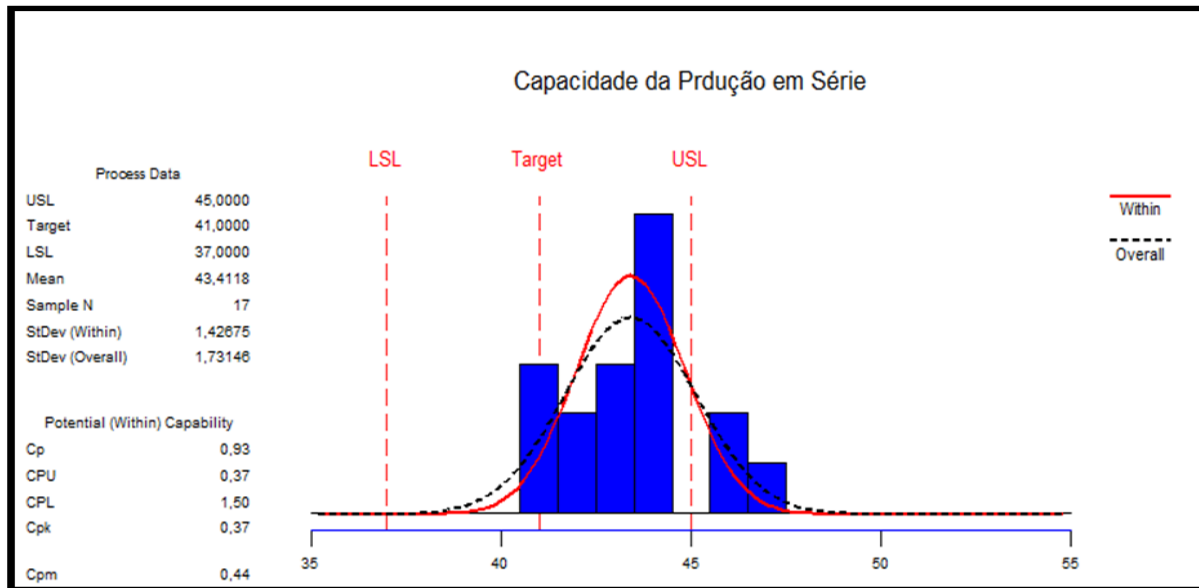


Gráfico 5: Controle do tempo de ciclo: linha em série
 Fonte: O autor usando MINITAB.

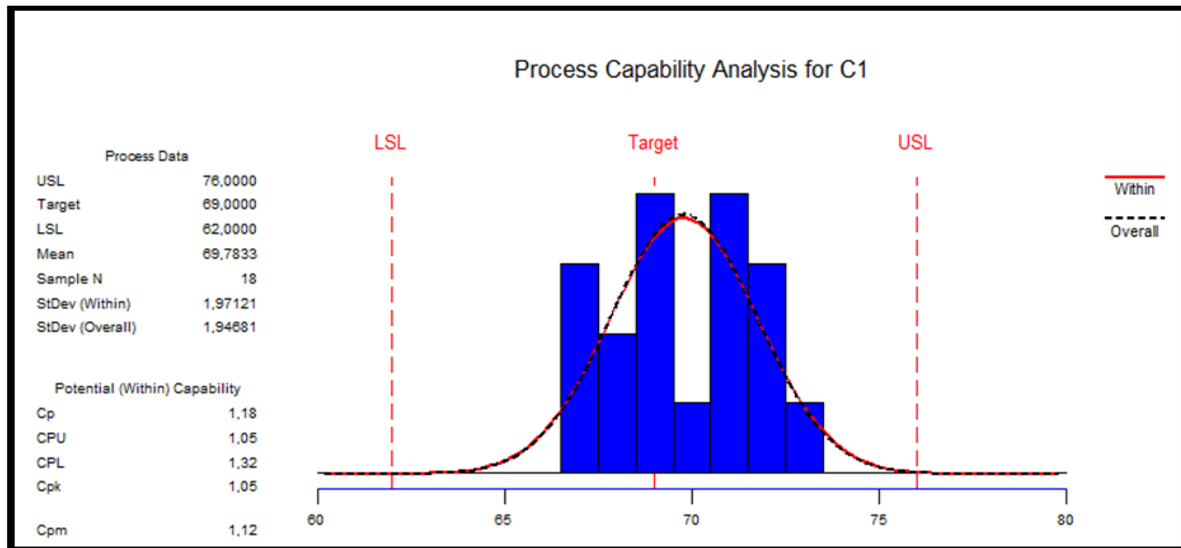


Gráfico 6: Controle do tempo de ciclo: linha em célula
Fonte: O autor usando MINITAB.

5 Conclusões

O estudo comparativo mostra que podemos alcançar melhorias significativas, através da aplicação de princípios do STP, com implantação do novo sistema de produção em célula, em particular com *layout* tipo “Y” em empresas de som automotivo, confirmado através dos principais indicadores de desempenho do processo produtivo: Qualidade, Custo e Entrega. Como também, possibilitando uma mudança no chão-de-fábrica, com qualificação dos operadores e *staffs*, formando de uma equipe multifuncional e a implementação do *layout* em “Y”, tendo como foco primordial a redução dos desperdícios existentes nos processos nas fases iniciais de implantação do sistema.

Embora a maturidade de um sistema de produção STP esteja associada principalmente à absorção da filosofia pela cultura organizacional, a avaliação de práticas operacionais associadas ao JIT fornece indícios acerca da implantação desse sistema. Este trabalho apresenta uma

avaliação qualitativa dos indicadores entre dois sistemas de produção em uma fábrica de eletroeletrônico, na produção de som automotivo em uma empresa do Pólo Industrial de Manaus.

O resultado comparativo dos indicadores realizados entre duas linhas, uma com produção seriada com *layout* do tipo processo (linear) e uma linha em célula em fase de implantação, com *layout* celular tipo “Y”, utilizando os principais indicadores quantitativos de produção, levando em consideração as dimensões do QCD, onde foi possível identificar pontos fortes e fracos dos sistemas existentes na empresa e o proposto.

Em função dos resultados obtidos o estudo de caso indicou as diretrizes para a substituição método de produção atual para produção em célula, para este tipo de produto, com suas recomendações de aperfeiçoamento, que visa atender o cliente e buscar sempre a melhoria contínua.

O presente trabalho limitou-se a verificação dos indicadores de produção e sua comparação entre os dois sistemas de produção: em série e em célula, mostrando que o sistema de produção em célula é expressamente melhor que o sistema de produção em série, com desempenho médio nos indicadores de capacidade de produção e tempos de espera de 183% e 62% superiores, respectivamente.

Concluí que, embora grandes melhorias de desempenho sejam alcançadas, as empresas não devem inferir em mudanças imediatas serão alcançadas a partir da adoção da manufatura celular utilizando este tipo de *Layout*, necessitando assim de uma avaliação prévia do processo e do produto.

Para o resultado supracitado não foi realizado uma análise de impacto no desempenho econômico-financeiro, o verdadeiro impacto financeiro e a sua representação no fluxo de caixa da empresa, o que poderá ser abordado em um próximo estudo.

AGRADECIMENTOS: Ao Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia (ITEGAM) pela oportunidade do convênio com a Universidade Federal do Pará – UFPA através do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Referências Bibliográficas

- (1) MONDEN, Y. **Produção sem estoque**: uma prática do sistema de produção Toyota. São Paulo: IMAM, 1998.
- (2) LIKER, J. **The Toyota Way**: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. McGraw-Hill, 2004.
- (3) OHNO, Taiichi. **O sistema toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médica, 1998.
- (4) SLACK, N. et. al. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- (5) RUSSELL, R.; HUANG, P.; LEU, Y. **A study of labor allocation strategies in cellular manufacturing**. Decision Sciences. Vol. 22, p. 594-611, 1991.
- (6) MILTENBURG, J. U-shaped production lines: A review of theory and practice. **International Journal of Production Economics**. Vol. 70, 2001.