

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

Giuliano Almeida Marodin

**DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO
DE PRÁTICAS DE PRODUÇÃO ENXUTA EM
CÉLULAS DE MANUFATURA**

Porto Alegre, 2008

Giuliano Almeida Marodin

**DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE PRÁTICAS DE
PRODUÇÃO ENXUTA EM CÉLULAS DE MANUFATURA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Tarcisio Abreu Saurin, Dr.

Porto Alegre, 2008

Giuliano Almeida Marodin

**DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE PRÁTICAS DE
PRODUÇÃO ENXUTA EM CÉLULAS DE MANUFATURA**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Tarcisio Abreu Saurin, Dr.
Orientador PPGEP / UFRGS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D.
Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca examinadora:

Prof. Carlos Torres Formoso, Dr. (NORIE/UFRGS)

Prof^a. Giovana Savitri Pasa, Dra. (PPGEP/UFRGS)

Prof. Paulo Ghinato, Ph.D. (PPGEP/UFPE)

“A formiga só trabalha porque não sabe cantar”

Raul Seixas, o verdadeiro mestre

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo incentivo e carinho com que sempre apoiaram as minhas lutas, vitórias e derrotas ao longo de minha existência, que me encheram com espírito de perseverança e motivação para contra as barreiras impostas pela vida. A minha mãe, Marilene, que é responsável pelo toque humano e sensível de minha personalidade e que me confortou sempre com suas palavras de infinita sabedoria materna. Ao meu pai, Enio, pelo exemplo de vida vitoriosa em termos pessoais e profissionais, pela dedicação ao núcleo familiar e pelo suporte ao meu desenvolvimento como indivíduo.

A amada Helen, por me ensinar que a vida adulta é mais gostosa por ser vivida a dois, por fazer nascer e crescer uma nova pessoa dentro de mim, pelo amor, pelo afeto e pela paciência em me apoiar nesta jornada.

A toda a minha família, avós, tios, tias e primos. Aos meus melhores amigos, dentre eles os meus irmãos Gian Carlo e Fabrizio, que, mesmo se não fossem família, os teria como melhores amigos, agradeço pelos ensinamentos sobre a vida real e pelas divertidas surpresas pelas quais passamos, pelas viagens, noitadas, cervejas, vodkas, noitadas, piadas, alegrias... Aos amigos que conquistei dentro do PPGEP, que me acalmaram por viverem as mesmas dúvidas, angústias, crises entre outras emoções, que são comuns durante a dissertação.

Ao orientador e “*sensei*”, professor Tarcísio Abreu Saurin, que manteve uma enorme paciência e dedicação para que este trabalho fosse realizado, a minha infinita gratidão. Aos professores, Giovana Pasa, Carlos Formoso e Paulo Ghinato, pelo auxílio durante a execução e finalização do trabalho. Ao professor Paulo Antônio Zawislak por ter sido importante em me demonstrar, guiar e apoiar no caminho da pesquisa ao longo dos anos que antecederam ao mestrado. A Universidade Federal do Rio Grande do Sul que já me acolhe por cerca de 10 anos de convivência e a qual possuo o meu maior apreço e dedicação, me orgulhando profundamente de ter sido parte de sua história. Em especial aos departamentos de Engenharia de Produção e a Escola de Administração que me proporcionaram uma inestimável jornada pelos campos do conhecimento científico, com o apoio exercido através de professores, doutorandos, mestrandos, graduandos, alunos e colegas. A CAPES e a todos os demais órgãos que incentivam a pesquisa no país, aos quais foram responsáveis por boa parte da minha formação acadêmica nos últimos sete anos.

RESUMO

Este trabalho propõe diretrizes para avaliar a utilização de práticas da produção enxuta (PE) em células de manufatura (CM). As diretrizes foram desenvolvidas após revisão da literatura e testadas em estudos de caso realizados em quatro células de três empresas pertencentes à cadeia automotiva. O escopo das diretrizes envolve a avaliação de cinco atributos qualificadores das CM e de 18 práticas e 40 atributos qualificadores de PE, os quais, por sua vez, são agrupados segundo sua afinidade com três grandes subsistemas: recursos humanos, tecnologia de processo e planejamento e controle de produção. As diretrizes possuem quatro fases de aplicação: (a) fase de preparação, que consiste em reuniões para apresentação dos procedimentos de avaliação aos representantes das empresas; (b) fase 1, composta por uma entrevista com engenheiros de processo ou supervisores de produção, tendo em vista coletar dados para caracterização da CM e da empresa; (c) fase 2, na qual é feita a avaliação do uso de práticas da PE na CM com base na observação do seu funcionamento e em entrevistas com operadores e líderes ou supervisores; (d) fase 3, composta por uma reunião para apresentação e validação de resultados junto aos membros da empresa. Os resultados indicaram um conjunto de fatores que teve influência no nível de adoção de práticas de PE nas CM investigadas (a) o motivo que levou a empresa a adotar a PE; (b) o tempo de experiência com os conceitos de PE, aliado ao tempo de existência da CM; (c) o fato de algumas práticas da PE requererem maior envolvimento de áreas de apoio; (d) a relação de inter-dependência entre algumas das práticas de PE; (e) a variedade de modelos produzidos pela célula; (f) a sinergia entre algumas práticas da PE e de atributos da CM; (g) a presença de equipamentos de grande porte em conjunto com um alto número de operações.

Palavras-chave: Célula de manufatura. Produção enxuta. Indústria automotiva.

ABSTRACT

This study presents guidelines to evaluate the use of lean production (LP) practices on manufacturing cells (MC). A literature review and field tested in case studies on four MC in three companies that belong to the automotive production chain preceded the guidelines development. The guidelines are based in evaluate five qualifying attributes of MC and 18 practices and 40 qualifying attributes of LP grouped in three subsystems: human resources, process technology and production planning and control. There are four steps on the evaluation: (a) preparation step, based on meetings to present evaluation details to the company members; (b) step 1, interviews with process engineers or production supervisors to collect MC and company data; (c) step 2, evaluating the use of LP practices on the CM based on the MC observation and interviews with workers, team leaders and production supervisors; (d) step 3, a meeting to present and validate the evaluation results to the company members. The research results indicate a number of factors that have influences on the level of use of LP practices on the MC investigated: (a) the company motives on adopting LP; (b) the amount of time of LP experiences and MC existence; (c) the support areas involvement to some LP practices; (d) the dependent relation between some LP practices; (e) the varieties of items produced by the MC; (f) the synergy of some LP practices with the MC attributes; (g) the use of large dimension equipments along with a large number of process in the MC.

Keywords: Manufacturing cell; Lean production; Automotive Industry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	: Classificação da tipologia de células de manufatura.....	22
Figura 2	: Interação entre capacitadores e elementos em CM	23
Figura 3	: Subsistemas e fatores de decisão em sistemas de manufatura	26
Figura 4	: Resumo das fórmulas dos indicadores de FTT, WIP-to-SWIP, lead time e OEE.....	43
Figura 5	: Cronograma de atividades de campo realizadas na pesquisa	54
Figura 6	: Estrutura da avaliação utilizada nos estudos de caso	55
Figura 7	: Exemplo de trecho do formulário “I”	58
Figura 8	: Exemplo de trecho do formulário “C”	60
Figura 9	: Exemplo de trecho de figura utilizada para auxiliar a avaliação das práticas de PE	62
Figura 10	: Atributos qualificadores das práticas de PE no subsistema de recursos humanos da CM	65
Figura 11	: Atributos qualificadores das práticas de PE no subsistema de planejamento e controle de produção da CM	66
Figura 12	: Atributos qualificadores das práticas de PE no subsistema de tecnologia de processo da CM	67
Figura 13	: Organograma dos setores ligados à produção na empresa Alfa.....	69
Figura 14	: Exemplo de produto montado na célula do caso 1	70
Figura 15	: A célula do caso 1 com dois operadores	71
Figura 16	: Arranjo físico da célula do caso 1	71
Figura 17	: Mapa do estado atual simplificado da família de produtos que passa pela célula do caso 1	77
Figura 18	: Resultados da avaliação do uso das práticas de PE no caso 1.....	80
Figura 19	: Quadro <i>kanban</i> de componentes fabricados internamente na empresa Alfa.....	83
Figura 20	: Exemplo de produto fabricado pela célula do caso 2.....	87
Figura 21	: Arranjo físico da célula do caso 2	88
Figura 22	: Vista panorâmica de parte da célula do caso 2.....	88
Figura 23	: Características das práticas de PE no caso 2	90
Figura 24	: Arranjo físico da célula do caso 3	92
Figura 25	: A célula do caso 3 em vista panorâmica	93
Figura 26	: Arranjo físico na célula do caso 4	94
Figura 27	: Vista oposta a saída de produtos acabados na célula do caso 4.	95
Figura 28	: Vista da saída de produtos acabados na célula do caso 4.....	95

Figura 29 : Características do subsistema de recursos humanos nas células dos casos 3 e 4.	97
Figura 30 : Características do subsistema de planejamento e controle de produção nas células dos casos 3 e 4	98
Figura 31 : Características do subsistema de tecnologia de processo nas células dos casos 3 e 4	99
Figura 32 : Desenho do mapa do estado atual simplificado da empresa Gama.....	102
Figura 33 : Classificação das práticas de PE nos estudos de caso	104
Figura 34 : Comparação do resultado da cada um das práticas de PE entre os estudos de caso	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	: Exemplo de matriz de incidência produto e processo	19
Tabela 2	: Matriz de produto e processo no caso 3	93
Tabela 3	: Estudos de caso onde foi encontrada relação entre práticas de PE	108

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	CONTEXTO	10
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA.....	14
1.4	OBJETIVO GERAL	14
1.5	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.6	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	15
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	CÉLULA DE MANUFATURA	17
2.1.1	Definições de CM.....	17
2.1.2	Atributo de tecnologia de grupo.....	18
2.1.3	Atributos ligados às conexões de tempo, espaço e informação.....	20
2.1.4	Atributo organizacional	23
2.1.5	Impactos da utilização de CM	24
2.1.6	CM no contexto dos sistemas de manufatura	25
2.2	PRODUÇÃO ENXUTA	28
2.2.1	Comentários iniciais	28
2.2.2	Princípios da PE	29
2.2.3	Práticas de PE no contexto das CM.....	30
2.2.3.1	Autonomiação	30
2.2.3.2	Controle de Qualidade Zero Defeitos	32
2.2.3.3	Equipes multifuncionais.....	33
2.2.3.4	Fluxo unitário.....	36
2.2.3.5	Melhoria contínua	37
2.2.3.6	Trabalho padronizado.....	38
2.2.3.7	Troca rápida de ferramentas.....	40
2.2.3.8	Manutenção produtiva total	40
2.2.3.9	Medição de desempenho	41
2.2.3.10	Produção puxada e nivelamento de produção	44
2.2.3.11	Gestão visual de informações	47
3	MÉTODO DE PESQUISA	50
3.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	50
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	50
3.3	ETAPAS DA PESQUISA	52
3.3.1	Definição dos atributos qualificadores das práticas de PE em CM.....	52
3.3.2	Escolha das empresas participantes.....	52
3.3.3	Planejamento dos estudos de caso.....	53
3.3.4	Fases da avaliação da utilização de práticas de PE em CM nos estudos de caso	54
3.3.4.1	Estrutura da avaliação	54
3.3.4.2	Fase de Preparação.....	55
3.3.4.3	Fase 1 – Informações preliminares sobre a empresa e a célula.....	57
3.3.4.4	Fase 2 – Coleta de evidências e avaliação do uso de práticas da PE na célula...59	

3.3.4.5	Fase 3 – Reunião de <i>feedback</i> e validação de resultados	62
3.3.5	Estrutura da análise conjunta dos estudos de caso	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
4.1	ATRIBUTOS QUALIFICADORES DAS PRÁTICAS DE PE DIRETAMENTE APLICÁVEIS À CM	64
4.2	ESTUDO DE CASO 1	68
4.2.1	Descrição da empresa Alfa.....	68
4.2.2	Descrição da célula do caso 1.....	70
4.2.3	Avaliação dos atributos qualificadores da PE no caso 1.....	73
4.2.3.1	Práticas de recursos humanos	73
4.2.3.2	Práticas de planejamento e controle de produção.....	75
4.2.3.3	Práticas de tecnologia de processo	78
4.2.3.4	Análise conjunta das práticas de PE.....	79
4.2.4	Reunião de <i>feedback</i> da célula do caso 1	82
4.2.5	Considerações finais do caso 1.....	84
4.3	ESTUDO DE CASO 2	86
4.3.1	Descrição da empresa Beta	86
4.3.2	Descrição da célula do caso 2.....	86
4.3.3	Avaliação da utilização das práticas de PE no caso 2	89
4.3.4	Reunião de <i>feedback</i> do caso 2.....	90
4.4	ESTUDOS DE CASO 3 E 4.....	91
4.4.1	Descrição da empresa Gama	91
4.4.2	Descrição da célula do caso 3.....	92
4.4.3	Descrição da célula do caso 4.....	94
4.4.4	Avaliação da utilização das práticas de PE nos casos 3 e 4	96
4.4.5	Reunião de <i>feedback</i> e validação dos resultados dos casos 3 e 4	103
4.5	ANÁLISE GERAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DE PRÁTICAS DA PE NOS CASOS.....	104
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	110
5.1	CONCLUSÕES.....	110
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	115
APÊNDICE A	— Formulário “T”: Caracterização da empresa e da célula.....	124
APÊNDICE B	— Formulário “A”: Observação do funcionamento da célula	128
APÊNDICE C	— Formulário “B”: Entrevista com operador	134
APÊNDICE D	— Formulário “C”: Entrevista com líder ou supervisor	136
APÊNDICE E	— Relação entre os atributos qualificadores das práticas de PE na CM e os formulários de coleta de dados.	140
ANEXO A	— Símbolos do Mapeamento de Fluxo de Valor (ROTHER; SHOOK, 1998).	

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Os requisitos exigidos pelo mercado japonês e a falta de disponibilidade de recursos materiais e humanos, principalmente na época logo após a Segunda Guerra, levaram a empresa Toyota a conceber a produção de automóveis de uma forma diferente. O paradigma de produção em massa, o qual era baseado na produção em grandes lotes de produtos pouco variados e na abundância de recursos materiais e humanos, não se encaixava às necessidades do ambiente japonês (OHNO, 1997). Tais fatos levaram a uma visão crítica dos conceitos da produção em massa, baseada na busca incessante pela redução de custos, produção em alta variedade e com qualidade superior (WOMACK, JONES, 1998).

Partindo deste ponto, o conjunto de práticas, princípios e pressupostos desenvolvidos ou adaptados na Toyota Motors Company, a partir da década de 40, forma o que se chama de Sistema Toyota de Produção (STP). O STP tem como objetivo fundamental produzir com melhor qualidade, menor custo e menor *lead time*, através de um processo produtivo que tenha seu fluxo contínuo e consiga eliminar desperdícios (SHINGO, 1996). Uma série de pesquisas para entender o STP foi realizada na medida em que os resultados globais da Toyota se tornavam superiores aos das três grandes montadoras Norte Americanas (Ford, General Motors e Chrysler). Krafcik (1988) foi um dos pioneiros em diagnosticar as diferenças entre os sistemas de produção de montadoras de automóveis em todo o mundo. Womack *et al.* (1992) popularizaram o termo produção enxuta (PE), para designar uma abstração do STP que também visa produzir mais com menos recursos, dentre eles, menos esforço dos operários da fábrica, espaço para fabricação, investimento em ferramentas e horas de planejamento.

Embora as aplicações da PE no chão-de-fábrica sejam as mais conhecidas, hoje em dia é amplamente aceito que esse sistema deve permear todos os processos gerenciais e setores da empresa (WOMACK, JONES, 1998), tais como desenvolvimento de produtos (WARD *et al.*, 1996), vendas, compras (GUNASEKARAN, 1999) e gestão da cadeia de suprimentos (EMILIANI, 2000; LIMA, 2002). Esforços também têm sido realizados para disseminar a PE além da cadeia automotiva, em setores como a construção civil (PICCHI, 2001), madeireiro (CUMBO *et al.*, 2004), aeronáutico, médico, serviços em geral (BOWEN; YOUNGDAHL,

1998; NOGUEIRA *et al.*, 2006), logística (JONES *et al.*, 1997), dentre outros. Como resultado, é natural que práticas e conceitos venham sendo adaptados e incorporados para auxiliar a aplicação da PE nos mais diversos ambientes.

A literatura não apresenta um consenso em relação à estrutura conceitual da PE, sendo que, nesta dissertação, são utilizadas as distinções entre princípios e práticas. Os princípios possuem um alto grau de abstração e formam a base estrutural da PE, enquanto que as práticas são definidas como qualquer elemento que viabilize os princípios adotados (PASA, 2004). Uma prática é uma tática ou método para desempenhar uma determinada tarefa e / ou alcançar um objetivo particular (DOOLEY *et al.*, 2002), neste caso, os princípios de PE.

Enquanto diversos estudos têm abordado o STP e a PE de modo sistêmico, considerando seus princípios e a inter-relação entre suas práticas (OHNO, 1997; SHINGO, 1996; MONDEN, 1998; WOMACK; JONES, 1998; LIKER, 2005), outros visam aprofundar o conhecimento de uma determinada prática, como, por exemplo, o controle da qualidade total (CAMPOS, 1999), a manutenção produtiva total (NAKAJIMA, 1989), a melhoria contínua (IMAI, 1994) e o sistema puxado de produção (SMALLEY, 2004).

A PE é um sistema em constante evolução, sendo que as empresas que o adotam devem reconhecer que produzir mais com menos é um objetivo em andamento e não um estado específico para resolver um determinado problema (KARLSSON; AHLSTROM, 1996). Essa característica dificulta a avaliação acerca do quanto uma organização se aproxima dos ideais estabelecidos pela filosofia da PE, não havendo conhecimento suficiente acerca dos meios para avaliar o quanto uma organização é enxuta (SORIANO-MEIER; FORRESTER, 2002).

Karlsson e Ahlstrom (1996) propuseram uma série de indicadores que podem ser quantificados, além de atributos qualitativos que estão associados a um conjunto de práticas de PE. Entretanto, a proposta daqueles autores não foi validada em um caso real, se limitando a uma proposição teórica.

Maskell e Baggaley (2004) consideram que não há uma definição precisa sobre o que são empresas enxutas e não enxutas. Apesar disso, aqueles autores indicam três características essenciais a serem avaliadas: as práticas, a cultura e os relacionamentos. A adoção de práticas de PE leva a melhorias operacionais na fábrica, que podem ser disseminadas para toda a

organização e podem contribuir para criar uma cultura organizacional coerente com os princípios da PE (MASKELL; BAGGALEY, 2004).

Outra dificuldade para avaliar o quanto uma empresa é enxuta decorre do fato de que a simples aplicação de práticas não garante que os princípios da PE estão sendo utilizados em toda a empresa (SPEAR; BOWEN, 1999). Entretanto, Mann (2005) recomenda que as empresas iniciem a transformação em direção à PE por meio da adoção das práticas, pois a absorção dos princípios da PE pela cultura organizacional é um processo lento. Apesar disso, tendo a empresa um diagnóstico preciso de sua cultura organizacional no início do processo de mudança, isso serve como referência para o acompanhamento da evolução em direção à uma cultura enxuta (MANN, 2005).

Tais aspectos motivaram diversos trabalhos que investigam fatores que influenciam no desempenho de uma empresa sob a perspectiva da PE. Por exemplo, a pesquisa de Soriano-Meier e Forrester (2002), com base em 33 empresas, identificou que fatores relevantes foram o comprometimento gerencial e os investimentos na infra-estrutura de apoio à manufatura. Outras variáveis identificadas em estudos anteriores foram as seguintes: (a) o porte da empresa e o tempo de experiência em PE (WHITE *et al.*, 1999); (b) o tipo de processo produtivo em linha e contínuos como os mais favoráveis (WHITE; PRYBUTOK; 2001); (c) a existência de sistema de incentivos e tecnologias de informação (KOH *et al.* 2004); (d) os investimentos direcionados a desenvolver e treinar os recursos humanos sobre o tema (BOYER, 1996); (e) a inter-relação entre todas as práticas na criação de um ambiente propício e sinérgico (CUA *et al.*, 2001). Por outro lado, Shah e Ward (2002) caracterizaram como fatores de pouca influência a idade da planta e o grau de sindicalização dos operadores, embora corroborem as conclusões de Soriano-Meier e Forrester (2002) acerca da influência forte do porte da empresa. Entretanto, esses trabalhos se baseiam em *surveys* com o objetivo de testar hipóteses sobre a relação da PE com alguns fatores pré-determinados, não investigando outros que possam ter impacto na aplicação das práticas. Além disso, o uso de *surveys* com fatores pré-determinados dificulta a visão sistêmica e limita a compreensão acerca de variáveis que só podem ser percebidas considerando o contexto real de trabalho.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

As células de manufatura (CM) são amplamente difundidas em empresas que adotam os princípios da PE (HYER; WEMMERLOV, 2002). De fato, são disponíveis diversos estudos que relatam ou sugerem a transição de arranjos físicos funcionais para CM como parte dos esforços de empresas para se tornarem enxutas (WOMACK; JONES, 1998; BLACK, 1998; AHLSTROM, 1998; DUGGAN, 1998; ROTHER; HARRIS, 2002; SILVA; RENTES, 2002; LIKER, 2005; GUIMARÃES *et al.*, 2005). Tais trabalhos têm sido freqüentes, pois algumas características dos arranjos funcionais, tais como os grandes estoques intermediários, pouca transparência de processos e grandes lotes de produção, são incompatíveis com objetivos da PE. Segundo Monden (1998) as CM propiciam ao sistema de manufatura as seguintes características: (a) agilidade para se adaptar às variações de *mix* e volume de produção, em função do seu tamanho e forma compacta que permite diversas opções de alocação dos operadores multifuncionais; (b) redução de *lead time*, uma vez que células implicam em arranjos físicos por produto, com os recursos dispostos segundo a seqüência de processamento. Essas características estão diretamente relacionadas a princípios essenciais da PE, produção puxada e fluxo, respectivamente.

Para Sheridan (1990), a CM é uma poderosa alternativa para reduzir tempos de esperas, *lead times*, custos e melhorar a qualidade, sendo que estes são objetivos típicos da PE. Além disso, o fato de uma CM ser uma pequena unidade do sistema de manufatura, muitas vezes independente de outras áreas produtivas da fábrica, torna mais simples a aplicação integrada dos princípios e práticas da PE. Bem como, tende a propiciar resultados positivos em prazo mais curto e com menor dispêndio de recursos quando comparado à aplicação da PE em linhas de produção de grandes dimensões ou grandes departamentos funcionais.

Os estudos que abordam as inter-relações entre CM e PE têm tido três enfoques principais: (a) o projeto de CM que incorporam princípios de PE, a partir de arranjos funcionais (BLACK, 1998; ROTHER; HARRIS, 2002) ou linhas de produção (GHINATO, 1998); (b) a descrição das características de operação de CM que adotam as práticas e princípios de PE (WOMACK; JONES, 1998; MILTENBURG, 2001); (c) a descrição de práticas individuais que podem ser utilizadas em CM, como, por exemplo, as práticas de medição de desempenho (MASKELL;

BAGGALEY, 2004), quadros para controle de produção e de qualidade (HENDERSON; LARCO, 1999) ou arranjos físicos e treinamento da mão-de-obra (MONDEN, 1998).

Embora a literatura indique de modo genérico que os princípios e práticas da PE são plenamente compatíveis com os princípios de CM, há carência de estudos que aprofundem a discussão acerca das interfaces entre PE e CM, considerando as interações entre as práticas de PE no micro-ambiente da CM. Outra lacuna se refere à falta de consideração das diversas variações possíveis na aplicação de ambos os conceitos, seja em função de diferentes processos e produtos ou de prioridades de cada organização. Embora alguns trabalhos recentes venham discutindo em maior profundidade as características de uma cultura enxuta (LIKER, 2005; MANN, 2005) e outros fatores que influenciam na aplicação da PE na empresa, os mesmos não têm abordado esses fatores no nível operacional (chão-de-fábrica), seja em CM ou outras formas de organização da produção. Além disso, no contexto da já mencionada dificuldade de avaliação da PE no nível da organização como um todo, há falta de diretrizes para avaliar a utilização da PE no nível de uma CM.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base nas discussões apresentadas nos itens anteriores, constatou-se a carência de diretrizes para avaliar a utilização das práticas de PE em CM. Desse modo, a principal questão de pesquisa pode ser definida como segue:

- a) Como avaliar a utilização de um conjunto de práticas de PE em CM?

Além disto, outras questões secundárias foram identificadas:

- b) Quais as práticas da PE diretamente aplicáveis em CM?
- c) Que fatores contribuem para o maior ou menor nível de aplicação da PE em CM?

1.4 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e testar diretrizes para avaliar a utilização de práticas da PE em CM.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram os seguintes:

- Descrever qualitativamente um conjunto de práticas de PE que possa ser utilizado em CM.
- Identificar fatores contribuintes para a aplicação das práticas de PE em CM.

1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente estudo se limitou a testar as diretrizes em quatro células de três diferentes empresas. Nenhuma das células avaliadas era totalmente automatizada ou totalmente manual, nem envolvia a produção de serviços, o que pode ter limitado as conclusões obtidas acerca da validade das diretrizes propostas. Além disto, as diretrizes propostas não foram aplicadas para avaliar o projeto de células, mas sim células reais em funcionamento.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo, denominado Introdução, composto pelo contexto, os problemas de pesquisa, as questões de pesquisa, os objetivos e a delimitações do trabalho.

O capítulo 2, denominado Referencial teórico, aborda dois temas principais: (a) as definições e atributos qualificadores de CM; (b) os princípios de PE e as práticas de PE diretamente aplicáveis em CM.

O método de pesquisa utilizado para a construção das diretrizes avaliadas com base nos quatro estudos de casos é apresentado no capítulo 3. Inclui tanto o desenvolvimento dos instrumentos de coleta de informações até as fases da avaliação realizada nos estudos de caso.

O quarto capítulo contém os resultados da pesquisa, em cinco partes: (a) os atributos qualificadores das práticas de PE aplicáveis em CM; (b) caso 1, realizado na empresa Alfa;

(c) o caso 2, realizado na empresa Beta; (d) os casos 3 e 4, realizados na empresa Gama; (e) uma análise geral entre os resultados dos quatro casos.

No quinto capítulo são sugeridas as possibilidades de trabalhos futuros, assim como as principais conclusões e verificação de objetivos alcançados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CÉLULA DE MANUFATURA

2.1.1 Definições de CM

A conceituação de célula de manufatura (CM) é apresentada na literatura freqüentemente de modo ambíguo e com definições por vezes excessivamente abrangentes (HYER; WEMMERLOV, 2002). Hyer e Brown (1999) argumentam que o conceito tem evoluído desde a sua criação, na União Soviética durante a década de 30, o que pode ter contribuído para o surgimento de divergências ao longo desse período.

A definição inicial de célula de manufatura, surgida ainda na década de 30, estabelece que CM é um agrupamento de diferentes máquinas que permitem a produção de um conjunto de produtos similares em pequenos ou médios lotes (DROLET *et al.*, 1996). Burbidge (1996) acrescenta que a CM deve conter todos os recursos físicos necessários para a fabricação de um grupo de produtos.

Hyer e Brown (1999) propuseram uma nova conceituação de CM, desenvolvida a partir da constatação de que um grande número de aplicações encontradas na prática era diferente do conceito inicial de CM. As autoras também perceberam que a grande diversidade de CM em diferentes indústrias exigia um conceito mais abstrato. Deste modo, Hyer e Brown (1999) definiram dois critérios básicos para caracterizar uma CM: (a) a dedicação de equipamentos a uma família de peças ou produtos com requisitos de processamento similares; (b) um fluxo de trabalho em que existam conexões de tempo, espaço e informação entre as atividades e entre aqueles que as realizam. A célula definida como “real” se caracteriza pelo alto grau de interação entre os três elementos.

Outra definição, proposta por Hyer e Wemmerlov (2002), caracteriza a CM como um grupo de estações de trabalho localizadas próximas umas das outras, onde múltiplas e sequenciais operações são realizadas em uma família de matérias-primas, peças, componentes, produtos ou informações. Além disto, a célula é uma unidade organizacional dentro da empresa, composta por um ou mais empregados que possuem responsabilidades de planejamento,

controle, suporte e atividades de melhorias (HYER; WEMMERLOV, 2002). Com base nos conceitos apresentados, é possível caracterizar um conjunto de atributos qualificadores das CM, os quais são detalhados nos itens 2.1.2 a 2.1.4 a seguir.

2.1.2 Atributo de tecnologia de grupo

Este atributo se refere a duas características importantes nas células de manufatura, estando presente nas definições de Hyer e Brown (1999) e Hyer e Wemmerlov (2002) discutidas no item anterior, quais sejam: (a) as operações presentes na célula devem ser diferentes e sequenciais; (b) essas operações devem ser dedicadas a uma família de produtos similares que compartilhem as operações e fluxos de produção. Hyer e Wemmerlov (2002) enfatizam que embora essas sejam características chave para o desempenho da CM, com frequência são observadas células em que os recursos são compartilhados com outras células e arranjos funcionais.

A característica (a) reflete a diferença entre a célula de manufatura e o arranjo físico funcional, no qual um único tipo de operação é realizado. Vale ressaltar que, para Shafter *et al.* (1995), uma célula pode até mesmo ser constituída de equipamentos iguais, desde que os mesmos realizem operações diferentes de forma sequencial. Em relação à quantidade de operações, uma célula ideal deveria reunir todas as etapas necessárias para a fabricação de todo o produto, das matérias primas ao produto final, fato este que, na prática, dificilmente se torna economicamente viável (HYER; WEMMERLOV, 2002).

A segunda característica deste atributo pode ser mais bem compreendida com base no conceito de tecnologia de grupo (TG), o qual é essencial no projeto e funcionamento da CM (RAO *et al.*, 2001). A TG é definida como uma forma de organização da produção que visa a redução da complexidade e obtenção de economia de escala, por meio do agrupamento de produtos similares em um mesmo arranjo físico (BURBIDGE, 1996). A similaridade tende a facilitar o gerenciamento conjunto de ferramentas e equipamentos, *setups*, operações e tempos de produção.

Existe uma série de métodos criados para avaliar o quanto as famílias de produtos e processos estão bem agrupadas. Estes métodos podem ser divididos em seis tipos, segundo Sarker e

Khan (2001): eficiência do grupo (CHANDRASEKHARAN; RAJAGOPALAN, 1989); eficácia do grupo (KUMAR; CHANDRASEKHARAN, 1990); eficácia ponderada do grupo (NG, 1993); índice do grupo (NAIR; NARENDRAN, 1996); medida do grupo (MILTENBURG; ZHANG, 1991); e eficiência ponderada do grupo (SARKER; KHAN, 2001).

O método de avaliação de eficiência do grupo apresenta a vantagem de ser confiável e não requerer uma grande quantidade de informações para sua aplicação, segundo Silveira (1994). Esse método permite a ponderação das incidências intra-celulares e extra-celulares. As extra-celulares se referem a etapas da fabricação de um produto que não ocorrem dentro de nenhuma das células identificadas, fato que deveria ser minimizado. Já as incidências intra-celulares se referem a etapas da fabricação que acontecem dentro de cada célula, devendo ser maximizadas para seu melhor desempenho (SILVEIRA, 1994).

A formulação da matriz de produto e processo é necessária para o cálculo da eficiência do agrupamento, sendo que o número “1” assinala as operações necessárias a fabricação de cada produto. A não ocorrência de uma operação em um produto, não necessita ser marcada com nenhum número. As áreas sombreadas correspondem aos blocos celulares, ou seja, a definição das operações e produtos que compõem cada uma das células (ver tabela 1).

Tabela 1: Exemplo de matriz de incidência produto e processo

Processos/Produtos	Produto A	Produto B	Produto C	Produto D
Operação 1	1	1		1
Operação 2		1		
Operação 3	1	1		
Operação 4	1		1	1
Operação 5			1	1

O cálculo de eficiência do agrupamento proposto por Chandrasekharan e Rajagopalan (1989) resulta no valor de “N”, segundo a Equação 1:

$$N = qn_1 + (1-q)*n_2 \quad (\text{Eq.01})$$

$$0 \leq q \leq 1$$

Onde:

N= resultado da eficiência do grupo

$$n1 = \frac{\text{Número de registros de "1" nos blocos celulares}}{\text{Número total de registros nos blocos celulares ("0" e "1")}}$$

$$n2 = \frac{\text{Número de registros de "0" ou vazios fora dos blocos celulares}}{\text{Número total de registros fora dos blocos celulares ("0" e "1")}}$$

q = Fator de ponderação entre os registros inter e extra celulares. Se o grau de importância for o mesmo, o fator equivale a "0,5". Caso a importância das relações intra-celulares for maior que a extra-celulares, o fator de ponderação deve assumir um valor maior que 0,5.

No exemplo da tabela 1, o cálculo da eficiência do agrupamento utilizando um grau de importância igual entre as incidências extra-celulares e intra-celulares, resulta em:

$$N = 0,5 * (9 / 10) + (1 - 0,5) * (8 / 10) \qquad N = 85 \%$$

2.1.3 Atributos ligados às conexões de tempo, espaço e informação

No que se refere ao elemento tempo, uma célula real deve ter pouco atraso entre o final de uma tarefa e o início da próxima, além do baixo tempo de transferência e espera. O elemento espaço implica na proximidade dos equipamentos e operadores, a fim de facilitar a transferência de materiais, troca de informações e resolução rápida de problemas. Em relação ao elemento informação, em uma célula real as informações devem ser completas, precisas e acessíveis a todos, indicando metas, pedidos, especificações, procedimentos e disponibilidade de componentes (HYER; BROWN, 1999).

Para Hyer e Brown (1999), a relação entre tempo e informação é a mais dinâmica dentre todas, visto que informações completas e disponíveis podem diminuir e equilibrar os tempos de ciclo. O espaço também influencia nas trocas de informação, pois a proximidade de pessoas, máquinas e processos aumenta o potencial de comunicação entre os operadores. Essa troca de informações permite que os operadores tomem conhecimento sobre o nível de estoque, problemas de qualidade, postos gargalo, falta de componentes e outros fatores-chave do desempenho da célula. A redução de atrasos no transporte de componentes entre estações de trabalho faz da conexão espaço-tempo mais uma importante relação na CM. Quanto maior a distância que um componente precisa percorrer, maior a probabilidade de atraso na

produção por espera de material, envio a um local errado ou ocorrência de danos durante o manuseio (HYER; BROWN, 1999).

Dentre os fatores que influenciam essas conexões estão o número de operadores e as dimensões do arranjo físico. Embora não haja consenso relativo à quantidade máxima de operadores que caracterize uma CM, Hyer e Wemmerlov (2002) indicam que o número ideal é entre 4 a 6 pessoas, sendo, no máximo, 15 pessoas, para que seja viável o trabalho em equipe. Aqueles autores acrescentam que tanto a falta de operadores como o excesso pode prejudicar o fluxo de trabalho na CM. Para Hyer e Brown (1999), independente da quantidade de operadores, o tamanho da célula não deve prejudicar o controle visual dos operadores, máquinas e fluxo de produção.

Similarmente ao que ocorre em relação ao número de operadores, Hyer e Wemmerlov (2002) consideram que não há rigidez no quão próximos os recursos devem ser posicionados. Entretanto, as linhas de produção com frequência podem ser diferenciadas das células uma vez que as estações de trabalho estão distantes umas das outras, de modo que os operadores em uma parte da linha não conseguem enxergar, se comunicar, entender o status do trabalho e auxiliar outros operadores. Se os operadores não estiverem aptos a se comunicar uns com os outros como uma equipe, serão incapazes de transmitir informações sobre falta de peças, problemas de ferramentas, qualidade, entre outros (HYER, WEMMERLOV, 2002). Desta forma, as linhas de produção normalmente têm fracas conexões em termos de informação e espaço.

A forma do arranjo físico costuma contribuir bastante para a caracterização da CM, visto que alguns formatos favorecem o contato visual, reduzem deslocamentos e proporcionam maiores opções de alocação de operadores aos postos de trabalho, facilitando as conexões de tempo e informação (HYER; BROWN, 1999). Segundo Davis *et al.* (2001), as formas em U, V ou L são frequentemente características das CM.

Na Figura 1, a célula real está localizada no centro e apresenta uma harmonia entre os elementos tempo, espaço e informação. Entretanto, existem células que funcionam de maneira eficaz mesmo sem aderir à disciplina das células reais. Estas células são classificadas conforme os cinco tipos contidos na Figura 1, cada uma situada em contraponto ao elemento deficiente. A classificação de uma célula como virtual se deve à deficiência das conexões de

espaço, pois há casos onde um grupo de processos é dedicado a uma família de produtos, mas tais processos encontram-se dispersos na fábrica (KANNAN; GHOSH, 1995).

Embora Drolet *et al.* (1996) defendam que a célula virtual é uma evolução da manufatura celular clássica, Hyer e Wemmerlov (2002) consideram que esta característica desvirtua o conceito de CM. Além das fracas conexões de espaço, as células virtuais também têm frágeis conexões de tempo e informação (HYER; BROWN, 1999).

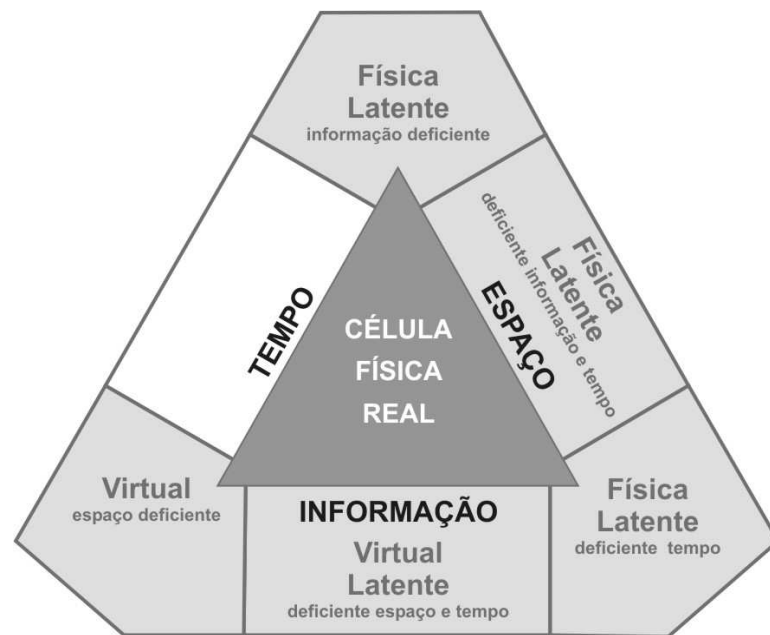


Figura 1 : Classificação da tipologia de células de manufatura

Fonte: Adaptado de Hyer e Brown (1999)

Apesar da importante contribuição teórica, a aplicação prática do conceito de Hyer e Brown (1999) tende a ser complexa, uma vez que os fatores tempo, espaço e informação são difíceis de serem avaliados diretamente. Tendo isso em vista, Hyer e Brown (1999) propuseram exemplos de capacitadores que viabilizam as conexões entre os três elementos citados (Figura 2).

CAPACITADORES	TEMPO	ESPAÇO	INFORMAÇÃO
Tamanho de lote pequeno	●		*
Transporte de peças em lotes pequenos	●	*	*
Peças entregues em tempo	●		
Recebimento de material conforme as especificações	●		
Manuseio eficaz de equipamentos e processos	●		
Tempo de Setup reduzido	●		*
Postos de trabalho balanceados	●		*
Tamanho da célula pequeno	●	●	●
Treinamento multifuncional e rodízio	●		●
Justaposição de equipamentos arranjados seqüencialmente	●	●	●
equipamento em células organizadas para acomodar fluxo dominante			
Miniaturização de processos considerados "monumento"	*	●	*
Equipamento que pode ser movido quando célula precisa mudar	*	●	*
Manutenção preventiva	●		
Os operadores especializados na manutenção autônoma	●		*
Boas relações interpessoais entre os operadores	*		●
Operadores compartilham informações continuamente	*		●
Os operadores especializados em trabalho em grupo	*		●
Os operadores têm acesso visual a todas as atividades da célula	*		●
informação na "linha de visão"			
Os operadores têm entendimento de "toda tarefa"	*		●
Gestão de sistemas de controle visual, auditiva manual, informatizada	*		●
que tornam a informação rapidamente à disposição dos operadores			
Presença de retorno de informações entre células e	*		●
entre as células e seus clientes/fornecedores			
Projeto de trabalho e outras políticas que permitam aos operadores	*		●
tomar ações em resposta a sinais			
Projeto de trabalho e outras políticas (por exemplo, a compensação)	*		●
que detêm operadores co-responsáveis pelos resultados			
Baixo ruído ambiente			●

- (●) Capacitador primário, com influência forte e direta nas conexões
- (*) Capacitador secundário, com influência indireta nas conexões

Figura 2 : Interação entre capacitadores e elementos em CM

Fonte: Adaptado de Hyer e Brown (1999)

2.1.4 Atributo organizacional

O atributo organizacional considera que a célula deve constituir uma unidade administrativa da empresa, possuindo uma estrutura gerencial claramente vinculada à mesma, incluindo medidas e metas de desempenho, operadores, supervisores e PCP. Satoglu *et al.* (2006) reforçam esse atributo, afirmando que um princípio básico da CM é dividir o sistema produtivo em subsistemas independentes e semi-autônomos, para que cada um possa responder mais rápido e eficientemente possível às necessidades de produção.

Hyer e Wemmerlov (2002) enfatizam que a dedicação de recursos técnicos e humanos a um grupo de peças ou produtos é um ponto chave no desempenho das CM. Isto ocorre em virtude do maior comprometimento de operadores com o resultado e com as melhorias.

Além disso, segundo o atributo organizacional, cada um dos equipamentos ou um pequeno grupo destes contido na célula, não deveriam ser gerenciados em separado ao restante da célula (HYER; WEMMEROV, 2002). Vale ressaltar que este atributo não significa necessariamente que a célula deve ser auto-gerenciada, mas apenas que deve ser gerenciada como uma unidade em separado de outras células, equipamentos ou recursos.

2.1.5 Impactos da utilização de CM

Os impactos das CM têm sido investigados principalmente por meio de modelos de simulação (MORRIS; TERSINE, 1994; SURESH, 1992; MORRIS; TERSINE, 1990; SURESH, 1991) e pesquisas empíricas baseadas na análise de indicadores de desempenho (WEMMERLOV; HYER, 1989; WERMMERLOV; JOHNSON, 1997; MILTENBURG, 2001), normalmente avaliando as mudanças em comparação a arranjos físicos diferentes. Assim, torna-se importante identificar qual o sistema de manufatura utilizado anteriormente, para melhor apreciação dos reais benefícios da CM.

Segundo Silveira (1994) e Shambu *et al.*, (1996), a maioria dos trabalhos avalia os impactos da CM em ambientes nos quais anteriormente existiam arranjos físicos funcionais (AF). Os AF são caracterizados por equipamentos agrupados em função de sua similaridade, onde os produtos diferentes passam de um agrupamento ao outro em qualquer fluxo possível (BLACK, 1998). A diferenciação deste sistema para a CM é visível, pois as paradas entre cada operação produtiva formam grandes ilhas de estoques, típicos da produção em grandes lotes dos AF (HYER; WEMMERLOV, 2002).

Entretanto, a literatura apresenta exemplos de implantações do tipo AF para CM que geraram resultados desfavoráveis, dependendo dos indicadores analisados (SHAMBU *et al.*, 1996). Por exemplo, é possível que a transformação de AF para CM implique em redução da utilização de máquinas, perda de flexibilidade, custo de re-arranjo físico e duplicidade de maquinário (SURESH, 1992; MORRIS; TERSINE, 1994). De outro lado, nessas mesmas

situações, tende a ocorrer melhoria na qualidade dos produtos, melhoria na utilização do operador, redução de *setups*, menor *lead time*, diminuição de estoques em processo (*WIP*) (HYER; WEMMERLOV, 1989).

No caso de implantação de CM em ambientes que eram linhas de produção (LP), também são encontrados impactos positivos e negativos. A transição de LP para CM pode resultar, por exemplo, em custos de *setup*, quando se passa de um produto único, em uma LP, para um grupo de produtos em uma CM (SURESH, 1991; MORRIS; TERSINE, 1990). De outro lado, os benefícios mais comuns são o aumento de flexibilidade e redução de lotes de fabricação (HYER; WEMMWERLOV, 2002).

2.1.6 CM no contexto dos sistemas de manufatura

Este item da revisão bibliográfica tem como objetivo identificar um conjunto de decisões aplicáveis em CM que influenciam seu desempenho. A análise realizada tem como base as relações conceituais entre CM, sistema de manufatura e sistema produtivo. Segundo Black (1998), o sistema produtivo é normalmente composto por diversos setores na organização e seus respectivos processos gerenciais, tais como compras, planejamento e controle da produção, qualidade, logística, manufatura, dentre outros.

O sistema de manufatura é a reunião ou o arranjo de operações ou processos usados para produzir um produto ou serviço, a partir da entrada de matérias-primas. As pessoas, processos, equipamentos de manuseio de materiais são os elementos físicos mais importantes dos sistemas de manufatura (GHINATO, 1998). De fato, com base nessas definições se percebe que há forte influência das decisões acerca de elementos do sistema produtivo no sistema de manufatura (PASA, 2004; BLACK, 1998). Como exemplos, as características físicas dos produtos, as quais são definidas pela engenharia de produto, um elemento do sistema produtivo, influencia na escolha de arranjos físicos, perfil da mão-de-obra e escolha de equipamentos.

A utilização de células de manufatura é o que caracteriza um sistema de manufatura celular, termo bastante utilizado na literatura (BLACK, 1998; HYER *et al.*, 1999; KIZIL, OZBAYRAK, 2004; MOLLEMAN *et al.*, 2002; SANTOS; ARAUJO JR, 1999). O sistema

de manufatura celular é composto por um conjunto de CM interligadas entre si, cada uma representando um micro-sistema semi-independente (GHINATO, 1998). As CM mantêm relações internas entre os seus próprios recursos e externas com outros elementos do sistema de manufatura. Miltenburg (2005) discute amplamente uma lista de fatores de decisão ligados aos sistemas de manufatura (Figura 3), que demonstram ser adaptáveis à realidade da CM.

SUBSISTEMAS	FATORES DE DECISÃO
Recursos Humanos	Especialização ou multifuncionalidade Número de classificação de funções Políticas de treinamento Níveis de supervisão Oportunidade de promoção e demissões Responsabilidade e autonomia aos empregados Participação na resolução de problemas e atividades de melhorias
Controle e Estrutura da Organização	Níveis da estrutura hierárquica Centralização ou descentralização do sistema de manufatura Importância da linha e das áreas de apoio Responsabilidade e autonomia de cada nível da empresa Métodos de avaliação de desempenho Responsabilidade acerca da qualidade Seleção de gerência Utilização de times
Fornecimento	Integração vertical Número de fornecedores e distribuidores e suas competências Relação concorrencial ou cooperativa com fornecedores e distribuidores Responsabilidade de fornecedores no desenho, custo e qualidade dos produtos Comprar ou produzir componentes
Planejamento e Controle de Produção	Centralização ou descentralização do sistema Sistemas de produção empurrada ou puxada Tamanho dos estoques de matérias-primas, produto em processo e produtos acabados Como a informação é recebida e utilizada Quando é feita a manutenção dos equipamentos Introdução de novos produtos na seqüência de produção
Tecnologia de processo	Tecnologia desenvolvida interna ou externamente Tecnologia nova ou antiga Nível de automação Máquinas especializadas ou generalistas Arranjo físico da fábrica Gerenciamento do arranjo físico estático ou baseado em melhoria contínua. Gestão da qualidade
Instalações	Grandes ou pequenas instalações Instalações generalistas ou especializadas Localização das instalações Planejamento da capacidade total Competências de departamentos de suporte.

Figura 3 : Subsistemas e fatores de decisão em sistemas de manufatura

Fonte: Adaptado de Miltenbrg (2005)

Sob a perspectiva das células, os subsistemas do sistema de manufatura propostos por Miltenburg (2005) podem ser reduzidos de seis para três subsistemas, quais sejam: (a) recursos humanos; (b) tecnologia de processo; e (c) planejamento e controle de produção. Esses três subsistemas encontram correspondência nos subsistemas de um sistema sócio-técnico, conforme Hyer *et al.* (1999): (a) o subsistema técnico; (b) o subsistema humano; e (c) o projeto do trabalho. Hendrick e Kleiner (2001) ainda acrescentam que o ambiente externo deve ser considerado como parte do sistema sócio-técnico, influenciando fortemente os demais subsistemas. O sistema ambiente externo é composto por cinco tipos de ambientes: socioeconômico, educacional, político, cultural e legal.

No contexto das células, o subsistema de recursos humanos se refere à política de recursos humanos e decisões acerca de capacidade da mão-de-obra, treinamento, qualificação, níveis de supervisão e responsabilidades. O subsistema de controle e estrutura da organização, proposto por Miltenburg (2005), se caracteriza por decisões de estrutura organizacional, como, por exemplo, níveis de autoridade, formas de medir o desempenho e a utilização de equipes. No caso das células, este subsistema se reflete em grande parte na política de recursos humanos, motivo pelo qual ele pode ser incorporado ao subsistema de recursos humanos. Essa proposta é coerente com a perspectiva organizacional da célula, de acordo com Hyer e Wemmerlov (2002), a qual pode ser entendida como uma pequena estrutura semi-autônoma de produção.

O subsistema de tecnologia de processo envolve decisões acerca dos equipamentos, processos e as tecnologias utilizadas para a produção. Dentre as decisões desse subsistema, estão incluídas o grau de automação, o arranjo físico e a gestão da qualidade.

Nesta dissertação, propõe-se que o subsistema de fornecimento, de Miltenburg (2005), seja incorporado ao subsistema de planejamento e controle de produção no caso da célula. Isto se baseia no fato de que o fornecimento de componentes para as células é realizado, direta ou indiretamente, com base no planejamento de produção. O subsistema de planejamento e controle de produção incorpora, também, as atividades ligadas diretamente ao planejamento, programação e controle de recursos de produção, além da coordenação de áreas de apoio.

O subsistema de instalações ou facilidades, do termo inglês *facilities*, se refere às características do local e da área dos prédios que a produção ocupa, bem como às

competências dos departamentos que apóiam a atividade de produção, entre eles, a gestão de materiais, manutenção, engenharia e ferramental. As decisões deste subsistema não se encaixam diretamente em nenhum dos três subsistemas adotados para as CM e podem estar fragmentadas entre todos eles. Por exemplo, as decisões sobre organização e limpeza do local de trabalho, que dizem respeito à área que a célula ocupa, podem estar inseridas no contexto do subsistema de recursos humanos. Já as decisões de manutenção, que são áreas de apoio à produção, podem ser entendidas como parte do subsistema de planejamento e controle de produção. No que tange a decisão do tamanho do arranjo físico, por exemplo, a ligação com o subsistema tecnologia de processo torna-se evidente.

2.2 PRODUÇÃO ENXUTA

2.2.1 Comentários iniciais

O foco dessa dissertação está vinculado ao âmbito da CM motivou a opção de uma descrição genérica dos princípios da PE, antes de partir para uma breve discussão acerca do conjunto de práticas consideradas essenciais nesse contexto. Vale salientar que alguns autores apresentam outras propostas e termos para caracterizar a estrutura da PE, como, por exemplo, Pasa (2004) descreve em seis níveis, contendo princípios, conceitos, leis, métodos, tecnologias e técnicas. Godinho Filho e Fernandes (2004) resumem a PE em princípios e capacitadores, onde esses formam a estrutura que viabiliza a aplicação dos princípios. Embora a nomenclatura possa coincidir entre as práticas e princípios, como, por exemplo, no caso de produção puxada e melhoria contínua, a descrição de cada uma delas apresenta uma série de diferenças.

Nesta dissertação, as práticas de PE passam pela identificação das relações com os conceitos de PE e CM, simultaneamente. As práticas descritas respeitam as conexões de tempo, espaço e informação, ao atributo de TG e ao atributo organizacional da CM, já mencionadas nos itens 2.1.2 a 2.1.4. Vale salientar que a impossibilidade de abordar todas as práticas de PE com a devida profundidade, onde se manteve uma relação com a estrutura da CM. Assim, estão excluídas aquelas práticas destinadas a outros setores da empresa, como, por exemplo: (a) a melhoria da relação com cliente-fornecedor, por estar relacionada à cadeia de fornecimento; (b) a estrutura de custos e financeiro, por ser inteiramente ligada aos setores financeiros e de

custos; (c) as ferramentas e projeto enxuto, por estarem ligadas ao desenvolvimento de produtos. A prática de mapeamento de fluxo de valor (MFV), de Rother e Shook (1998), não é considerada como essencial para a CM, por estar relacionada ao sistema de manufatura como um todo, entretanto, uma versão simplificada desta ferramenta é utilizada na metodologia de análise da prática de produção puxada. Os símbolos utilizados pelo MFV estão contidos no Anexo A. Apesar de não estarem presentes nas CM, ressalta-se que, essas práticas têm uma provável influência no seu desempenho.

2.2.2 Princípios da PE

Assim como as práticas, os princípios da PE também estão presentes de diferentes formas na literatura, como, por exemplo, os 5 princípios de Womack e Jones (1998), os 14 princípios de Liker (2005) e os 9 de Godinho e Fernandes (2004). Entretanto, o trabalho de Womack e Jones (1998) é a base utilizada por uma grande parte de trabalhos sobre o tema, incorporando os seguintes princípios: valor, cadeia de valor, fluxo, produção puxada e perfeição.

O valor de um produto ou serviço é definido pelo cliente, ou seja, o real valor de um produto é determinado com base no quanto o cliente está disposto a pagar por este produto ou serviço. Neste caso, o valor pode ser mensurado pelo nível de satisfação do cliente obtido no suprimento de uma necessidade, em forma de bens ou serviços. As atividades necessárias para as empresas e a cadeia produtiva criarem produtos ou prestarem serviços que agreguem valor aos clientes são definidas como cadeia de valor. A cadeia de valor é composta por três fluxos distintos: fluxo de atividades ligadas ao gerenciamento da informação; fluxo de atividades de produção e transformação; e fluxo de atividades de desenvolvimento de produtos (WOMACK; JONES, 1998).

No âmbito dos três fluxos citados, podem existir três tipos de atividades: (a) as que agregam valor, ou seja, as que alteram o produto de uma maneira que atenda aos requisitos do cliente; (b) aquelas que não agregam valor, mas são necessárias por restrições técnicas ou legais; (c) e as que não agregam valor e são desnecessárias. Vale a pena salientar que os clientes estão arcando também com os custos daquelas atividades que não agregam valor (WOMACK; JONES, 1998).

O princípio do fluxo contínuo é obtido pelo gerenciamento de todas as atividades da cadeia de valor de forma a não ocorrerem perdas, principalmente ocasionadas pelas paradas (WOMACK; JONES, 1998). O melhor funcionamento do fluxo contínuo ocorre quando este é puxado pelos clientes, ao invés de empurrar produtos não desejados no momento. Produzir em fluxo contínuo puxado é produzir apenas o que os clientes desejam, no momento certo, na quantidade correta, sem paradas no fluxo desde a matéria-prima ao produto acabado, seja um produto, serviço ou informação (SMALLEY, 2004).

Segundo Womack e Jones (1998), a PE objetiva a interligação de todos os processos produtivos no chão-de-fábrica para que cada processo fornecedor esteja produzindo no mesmo ritmo que o seu processo cliente, e, assim, produzindo de acordo com a demanda real e com mínimo de desperdícios. Desta forma, a produção em cada ponto da fábrica inicia com a necessidade do próximo processo, e, em última instância, a produção é disparada apenas de acordo com as necessidades dos clientes finais, os consumidores.

Outro importante princípio da PE é a busca incansável pela melhoria contínua e perfeição, que implica em reconhecer que existe sempre uma maneira melhor para realizar cada atividade. Apesar da sobrevivência da organização no longo prazo depender da contínua implantação destas melhorias, a perfeição se trata apenas de um ideal, com o intuito de instigar a inovação nos funcionários e servir de antídoto para a estagnação (SPEAR; BOWEN, 1999). Para Womack e Jones (1998), a transparência é um dos maiores estímulos para a perfeição, à medida que permite a todos os envolvidos, seja eles, funcionários, cliente ou fornecedores, facilitar a visualização de formas de criar mais valor.

2.2.3 Práticas de PE no contexto das CM

2.2.3.1 Automação

A automação consiste em dar a autonomia ao operador ou à máquina de parar o processamento sempre que for detectada uma anormalidade (GHINATO, 1996). Para aquele autor, o conceito se distancia da simples automação e aproxima-se da autonomia, pois está baseado em conceder a autonomia para impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar

qualquer anormalidade no processamento e no fluxo de produção. O conceito de autonomação pode ser vinculado tanto aos equipamentos quanto aos operadores (MONDEN, 1998).

A autonomia dos equipamentos requer a utilização de dispositivos que tornem os equipamentos capazes de detectar a anormalidade (erro ou defeito) e parar a produção visando eliminar a propagação de peças defeituosas, denominados de *poka-yokes* (LIKER, 2005). Os dispositivos liberam o operador da responsabilidade de supervisionar o processamento e a função de controle acaba sendo incorporada ao próprio processamento, combatendo as perdas por espera do operador (SHINGO, 1996). Para Ghinato (2000), possibilita o operador dirigir-se a outras operações, como, por exemplo, preparar e operar outras máquinas ou executar atividades auxiliares durante o tempo de ciclo do processamento, a partir do acionamento da primeira máquina. O resultado é que os operadores podem direcionar seu tempo a atividades que agregam valor aos produtos, mas é necessário que o processamento ocorra de forma autônoma às suas operações manuais (SHINGO, 1996).

A partir da identificação das anormalidades, seja feita pelos equipamentos ou operadores, são acionados dispositivos que indicam rapidamente o local e a natureza das situações problema. Tais dispositivos de advertência são denominados *andons* (OHNO, 1997). Um pressuposto do uso de *andons* é o de que em longo prazo esta estratégia vai reduzir a necessidade de paradas da produção, uma vez que as equipes serão forçadas a adotar ações corretivas (BLACK, 1998).

Na CM, assim como em outras formas de organização do trabalho, devem ser tomadas decisões acerca do nível de autonomia dos operadores. Em uma típica CM na PE, a autonomia é caracterizada pelo fato de os operadores que identificarem erros na execução ou produtos com defeitos e pararem a produção (KARLSSON, AHLSTROM, 1999). Para aqueles autores, por outro lado, as características de uma típica CM não enxuta nesse caso seria o contrário, a identificação de defeitos ser realizada exclusivamente por funcionários responsáveis pela qualidade e os operadores sem a responsabilidade de identificar produtos defeituosos.

Karlsson e Ahlstrom (1996) sugerem que um indicador do nível alto de adoção da autonomação é o número de defeitos encontrados de maneira autônoma pelos equipamentos sobre o total de defeitos encontrados. Esse indicador reflete na importância maior do controle de qualidade ser realizado por dispositivos de *poka-yokes* incorporados no processamento.

Essa prática de PE pode ser relacionada diretamente com os atributos da CM. Por exemplo, uma vez que a produção seja paralisada em caso de produtos defeituosos, o *andon* é acionado para que haja um auxílio aos operadores que garanta o fluxo de produção. Tal fato contribui para que sejam mantidas as conexões de tempo (reduzindo o tempo de equipamentos parados) e de informação, propiciando a propagação das informações entre os operadores, líderes e áreas de apoio.

2.2.3.2 Controle de Qualidade Zero Defeitos

O controle de qualidade zero defeitos (CQZD) diferencia-se da gestão tradicional pela ênfase não apenas nos métodos racionais e científicos ligados especificamente a características do produto, mas principalmente nos processos produtivos e gerenciais (CAMPOS, 1999). Os quatro pontos fundamentais do CQZD para que seja possível a fabricação de produtos livres de defeitos, segundo Shingo (1996) são: (a) a inspeção na fonte, que identifica os erros geradores de defeitos, onde o controle é aplicado na sua origem; (b) inspeção realizada em 100% dos produtos em contraposição à inspeção por amostragem, apesar de que as técnicas de controles por meios estatísticos podem ocorrer pela impossibilidade de controlar todos os aspectos qualidade de todos os produtos; (c) redução do tempo entre a detecção de anormalidades e a realização da ação corretiva necessária; (d) a aplicação de dispositivos à prova de erros (*poka-yokes*) que permitam viabilizar os pontos anteriores. Para Monden (1998), a parada de produção é a chave para prevenção de defeitos, pois propicia e estimula três pontos importantes: (a) a resolução rápida dos problemas seja realizada em equipes; (b) a busca das causas raízes que garantam a não reincidência; (c) e a rápida implantação de melhorias nas operações quando necessário.

Segundo Ghinato (1996) o objetivo do CQZD não é apenas a fabricação de produtos isentos de defeitos, mas o desenvolvimento de um sistema que seja capaz de produzir em uma postura preventiva à ocorrência de defeitos. Aquele autor ressalta a importância da detecção de defeitos na fonte, ou seja, os erros de execução, para a minimização dos custos de qualidade.

Henderson e Larco (1999) agregam que a divulgação do resultado do CQZD junto às CM é uma importante forma de comunicação visual utilizada, contendo o resultado do controle de qualidade, as análises das causas dos problemas e ações corretivas previstas e realizadas.

Segundo Black (1998), estas informações são importantes para as unidades produtivas na PE, pois são os operadores os responsáveis pelo controle de qualidade e necessitam de ferramentas e, muitas vezes, do auxílio de áreas de apoio.

O CQZD tem influência direta nas conexões nos atributos de tempo e informação, pois a prevenção, detecção e ação nas anormalidades permitem a redução no tempo de informar sobre os produtos defeituosos. Além disso, a redução dos estoques e utilização da CQZD propicia a aplicação de outros capacitadores da CM (ver Figura 2, item 2.1.3), como, por exemplo, a produção e recebimento de componentes conforme especificações e a produção em pequenos lotes.

2.2.3.3 Equipes multifuncionais

O trabalho em equipe está fortemente presente na PE, sendo um dos pilares para a capacitação dos recursos humanos no STP e ponto principal no recrutamento, capacitação e seleção de pessoal (LIKER, 2005). Dentre os requisitos para um desempenho satisfatório de uma equipe, se destaca a necessidade de complementaridade entre as competências individuais na equipe (OHNO, 1997). Para Amelsvoort e Benders (1996) o trabalho em equipe na PE é um pequeno grupo de operadores organizados e gerenciados de forma única, com um conjunto de atribuições e responsabilidades. Aqueles autores acrescentam que, na Toyota, a equipe e o líder da equipe garantem a realização do trabalho padronizado e das atividades de melhorias. De acordo com Hyer e Wemmerlov (2002), as principais vantagens do trabalho em equipe são as seguintes: oportunidades de aperfeiçoamento e treinamento com base na interação entre os membros, maior satisfação no trabalho derivada do enriquecimento e alargamento do trabalho, maior comprometimento e geração de idéias para resolução de problemas.

Nas CM, o alto grau de interação entre operadores, derivado do trabalho em equipes, é o aspecto do sistema humano da célula considerado mais importante no seu desempenho. Deste modo, em uma CM, as métricas de desempenho e as medidas de incentivo aos funcionários devem ser relacionadas à equipe como um todo e não a indivíduos (BIDANDA *et al.*, 2005; HYER; WEMMERLOV, 2002; HELLINGHAUSEN; MYERS, 1998).

Em relação ao líder de equipe, Mann (2005) afirma que esse representa a primeira linha de defesa da integridade do andamento dos processos, assim, este líder deverá estar prestando atenção aos seus operadores durante todo o tempo. De acordo com Liker (2005) as funções de um líder de equipe no STP são as seguintes: (a) substituir os operadores em caso de ausência; (b) apoiar os operadores em caso de atrasos ou outras anormalidades para garantir o fluxo estável de produção; (c) comunicar aos operadores informações relativas ao trabalho; (d) apoiar na solução de problemas e promover a melhoria contínua. Mann (2005), acrescenta que ao líder ainda cabe a atribuição de treinamento e aperfeiçoamento do trabalho dos operadores, quanto necessário.

No STP existe um outro nível hierárquico acima do líder da equipe, sendo denominado líder do grupo. Tal líder é responsável por quatro a cinco equipes, sendo também habilitado a substituir os operadores quando necessário (LIKER, 2005). Para Karlsson e Ahlstrom (1996), a existência de um líder que realiza atividades de produção é uma característica qualitativa de empresas enxutas, entretanto, aqueles autores defendem que a liderança deverá ser rotativa em relação aos demais membros da equipe. Para Liker (2005) e Mann (2005), o trabalho do líder deverá ser reservado a operadores de larga experiência no setor, pelas características de influência e comando serem complexas e exigirem uma forte capacitação.

Já, a multifuncionalidade, se caracteriza por uma das maneiras encontradas pelo STP para adquirir a flexibilidade de *mix* e volume de produção necessária para acompanhar as flutuações de demanda dos clientes (MONDEN, 1998). A multifuncionalidade se torna essencial no desenvolvimento de uma força de trabalho que possa ser utilizada para estas adaptações às variações de demanda, exigidas pelo princípio da produção puxada e fluxo (HARRIS; HARRIS, 2007). Além disso, proporciona outros benefícios, tais como redução no *lead time* de produção, pelas possibilidades de alocação de operadores com menores tempos de paradas, e aumento de satisfação no trabalho, por meio do alargamento do trabalho (HARRIS; HARRIS, 2007, MONDEN, 1998).

Para Ohno (1997), existem duas possibilidades de multifuncionalidade, a primeira são operadores operando múltiplos equipamentos e a segunda são operadores que podem trabalhar em múltiplos postos de trabalho. Assim, a multifuncionalidade pode ser definida como o alargamento e enriquecimento do trabalho por meio da capacitação para operar em diferentes postos de trabalho (tipos de múltiplas máquinas e múltiplos processos).

O rodízio é a troca de postos de trabalho realizada por operadores. No STP, foi desenvolvido a partir da necessidade de treinamento para capacitar os operadores a realizar a multifuncionalidade e tem como objetivo promover a habilidade dos operadores para realizarem as atividades de todos os postos de sua área de trabalho (MONDEN, 1998). O rodízio é realizado diversas vezes ao dia apenas quando atingida a multifuncionalidade apropriada (GHINATO, 1998). Entretanto, aquele autor acrescenta que, em outros casos, é realizada de forma semanal ou diária. Vale salientar que é possível haver multifuncionalidade sem rodízio, mas o inverso não pode ocorrer.

O acompanhamento do desenvolvimento da multifuncionalidade é realizado através de um documento chamado de matriz de habilidades, que é composta pela descrição dos processos, em suas colunas, e dos operadores, em suas linhas (MONDEN, 1998). Segundo aquele autor, a habilidade de cada operador em cada processo é representada por símbolos, em três diferentes níveis de capacitação: (a) habilitado; (b) em treinamento; e (c) treinamento planejado para este ano.

Entretanto, Monden (1998) argumenta que a multifuncionalidade e o rodízio são acompanhados pela forma adequada de arranjo físico de CM na PE. O arranjo físico deve permitir a CM alcançar a flexibilidade em adaptar o número de operadores e produção ao volume demandado, denominado de *shojinka*. O arranjo físico mais apropriado seria o formato em U, pois reduz a necessidade de um número maior de operadores e aumenta a flexibilidade de produção sem grandes desperdícios de movimentação (MONDEN, 1998).

O trabalho em equipe está diretamente ligado às conexões de informação presentes nas CM, por propiciar a comunicação e troca de informações entre operadores. O treinamento multifuncional e rodízio são capacitadores presente nessa prática, com fortes conexões de tempo, pois permitem a flexibilidade de re-alocação de operadores entre operações para lidar com as variações de demanda, com o mínimo possível de esperas e reduzindo os efeitos dos gargalos (HYER; BROWN, 1999). Dentre os demais capacitadores que mantêm conexões de tempo e informação, se pode citar: (a) os operadores que compartilham informações constantemente; (b) especializados em trabalho em grupo; (c) com entendimento de todas as operações. Tais capacitadores permitem a comunicação e entendimento do fluxo de trabalho na CM por parte dos operadores e respostas rápidas para o auxílio entre os membros da equipe.

O atributo organizacional também está relacionado a essa prática, pois o trabalho em equipe e a liderança formam o ambiente para a construção da estrutura gerencial requerida para: (a) unificar a responsabilidade através da definição de metas e indicadores visando o comprometimento de todos; (b) lidar com rapidez na tomada de decisão relacionada à produção.

2.2.3.4 Fluxo unitário

O fluxo unitário é a produção e o transporte serem realizados de modo unitário entre as operações, sendo que em cada operação realiza apenas o que é exigido pela etapa posterior (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2002). Miltenburg (2001) acrescenta que haver, no máximo, uma unidade de produto entre cada uma das operações internas na CM para ser considerado o atendimento ao fluxo unitário.

O fluxo unitário proporciona a redução no tempo entre a entrada da matéria-prima até o produto acabado, estimulando a melhora na qualidade e redução de estoques de produtos, além de estimular a redução no custo e no prazo de entrega (LIKER, 2005). Aquele autor argumenta que, o próprio intuito da criação e aplicação das CM no STP está vinculado intimamente à facilidade de aplicar o fluxo unitário. Uma das principais contribuições da CM na PE está ligada a ambientes nos quais ocorriam os chamados fluxos de espaguete, arranjos funcionais onde os produtos são transportados de equipamento para equipamento resultando em altos tempos de atravessamento, estoques intermediários, tempo de *setup*, desperdícios, baixa qualidade, entre outros. Segundo Askin e Golberg (2002), o fluxo unitário permite a redução dos tamanhos de lotes, assim, pode ser considerado como uma das práticas responsáveis pela resposta rápida às variações de demanda, característica da PE.

Em CM, a produção e o transporte em grandes lotes acarretam em aumento do tempo de atravessamento e aumento de estoques em processo. A produção e o transporte em menores lotes, objetivando o fluxo unitário, é um dos capacitadores da CM e facilita as conexões de tempo de forma direta. De forma indireta, tal prática tem influência nas conexões de espaço e informação, pois o acúmulo de estoque na CM resulta em uma área destinada a esse, prejudicando as conexões de espaço, e pode dificultar a comunicação entre operadores no caso de resultar em barreiras visuais. A tecnologia de grupo (TG) também está presente, pois,

para Rother e Harris (2002), a flexibilidade de alteração de *mix* e volume de produção, sem causar problemas no fluxo unitário, está vinculada à escolha da família de produtos da CM. Aqueles autores ressaltam que, fluxos erráticos e intermitentes dentro de CM são frequentes e podem causar o acúmulo de estoques internos e prejudicar o fluxo unitário.

2.2.3.5 Melhoria contínua

A melhoria contínua é colocada em prática pelo *kaizen*, uma maneira de trabalhar baseada na busca incansável da perfeição através da eliminação de desperdícios, praticada por todas as funções hierárquicas de uma empresa, mais visivelmente pelos operadores (IMAI, 1994). Para Brunet e New (2003), o fato de ser contínuo resulta no seu papel na jornada infinita através da qualidade e da eficiência, além do envolvimento da inteligência da força de trabalho torná-lo participativo. O *kaizen* tem como objetivo o desenvolvimento em pequenos passos de baixos custos e ciclos curtos, em um lento e contínuo conjunto de ações de melhorias mantido ao longo do tempo, e não em mudanças radicais, embora existam possibilidades de melhorias de maior impacto (BESSANT *et al.*, 1994). Um ponto fundamental é a padronização da melhor solução encontrada, pois garante a melhoria incremental e os ganhos operacionais ao longo do tempo, até que outro próximo esforço seja realizado (IMAI 1994).

Dentre as principais práticas que viabilizam o *kaizen*, podem ser destacados os sistemas de sugestões, as atividades de pequenos grupos e a participação em treinamentos que capacitam para a identificação e solução de problemas (IMAI, 1994). Originalmente, o conceito de *kaizen* no STP se desenvolveu a partir dos Círculos de Controle da Qualidade (CCQs), nos quais um grupo de operadores se reúne periodicamente para resolver problemas de qualidade, melhorar resultados indesejados e sugerir melhorias aos padrões (LIKER, 2005; CAMPOS, 1999). Com o desenvolvimento dos círculos e o amadurecimento e aumento da capacidade dos operários, a liderança das reuniões passou a ser exercida pelos próprios operadores ao invés dos supervisores de área. Essa mudança se revelou positiva, pois aumentou o interesse pela participação nos grupos (ISHIKAWA; NISHIMURA, 1985).

Outro ponto importante do *kaizen* é a busca pela causas raízes do problema ou causa mais profunda, que consiste em resolver o problema encontrando uma solução que evite a reincidência. Dentre as técnicas que permitem esta análise, destacam-se o método de cinco

porquês e o gráfico de Pareto (LIKER, 2005). O método de cinco porquês é definido como perguntar sucessivamente o motivo de um problema, com a intenção de ir mais fundo na causa da situação além dos sintomas óbvios (MANN, 2005). Para Liker (2005) a melhoria contínua baseada na busca pelas causas raízes constitui uma mudança de atitude dos funcionários.

As conexões de espaço e informação demonstram estar intimamente ligada ao *kaizen*, pois facilitam a comunicação entre operadores visando a resolução rápida de problemas. Por outro lado, as conexões de espaço podem ser aprimoradas à medida em que os operadores estão treinados para a solução de problemas de fluxo de produção e esperas, considerados desperdícios e freqüentemente objeto de atividades de *kaizens*.

2.2.3.6 Trabalho padronizado

O trabalho padronizado (TP) tem por objetivo estabelecer uma disciplina e estabilidade, bem como criar uma base para a melhoria contínua. O TP permite projetar o trabalho de cada operador de maneira individual, definir uma seqüência de operação que obedeça à demanda do cliente, identificando e eliminando os desperdícios nas atividades rotineiras dos operadores (SUZAKI, 1987). A definição de padrões a serem seguidos pelos operadores possibilita a melhoria contínua, num momento em que se estabelecem dois fatores: (a) um patamar atingido por estes padrões se mantém ao longo do tempo; (b) se permite que o aperfeiçoamento seja contínuo, pois parte de um ponto já estabelecido para as ações de melhorias e o item (a) dificulta o retorno aos padrões anteriores (SPEAR; BOWEN, 1999).

O formulário de operação padrão, documento utilizado no TP, contém a seqüência de atividades manuais e automáticas que cada operador e máquina realiza dentro da célula, incluindo o carregamento, transporte, processamento e inspeções (BLACK, 1998). Ohno (1997) identifica três informações que são absolutamente necessárias no formulário de operação padrão: a seqüência das atividades, o tempo de ciclo de cada atividade e o estoque padrão. O tempo de ciclo é a freqüência com que cada unidade acabada é completada em um processo e também o tempo que um operador leva para percorrer todas as atividades de trabalho antes de repeti-las (ROTHER; SHOOK, 1998). Para Ohno (1997), outra

característica do formulário é que este deve utilizar a gestão visual, sendo afixado em locais visíveis a cada estação de trabalho.

Outros autores (MILTENBURG, 2001; BLACK, 1998; HARRIS; HARRIS, 2007) acrescentam que outras características são necessárias nos formulários de operação padrão: (a) explicitar o *takt time*, que é o ritmo de consumo do cliente, definido pela razão entre o tempo disponível para produzir e a demanda do cliente nesse período; (b) explicitar a separação entre o tempo homem e o tempo máquina, as atividades que requerem os operadores e aquelas que requerem apenas as máquinas; (c) incluir um desenho do arranjo físico e seqüência de movimentações dos operadores. Assim, o TP implica projetar as operações para o balanceamento de produção, mantendo os tempos de ciclo compatíveis com o *takt time* em todos os postos da célula, a fim de viabilizar o atendimento da demanda (MANN, 2005).

Rother e Harris (2002) destacam três formas de alocação dos operadores entre as atividades que facilitam o ajuste do tempo de ciclo ao *takt time* na CM: (a) Dividir o trabalho, de modo em que cada operador realize uma fração de todas as atividades do trabalho, correspondente a cerca de um *takt time*, e, normalmente, movendo-se entre operações; (b) o Circuito, onde um operador realiza todas as atividades do trabalho fazendo o circuito completo de uma célula no sentido do fluxo do material, e, os demais operadores, seguem o mesmo circuito com algumas etapas em defasagem; (c) a Combinação, que reúne operadores alocados de formas diferentes em uma mesma CM. Existe também o Fluxo reverso, que possui características similares ao Circuito, entretanto a movimentação dos operadores acontece em sentido contrário ao fluxo de materiais.

Em relação aos atributos da CM, as conexões de tempo são diretamente influenciadas pelo TP, pois este propicia a aderência aos capacitadores de manuseio eficaz de equipamentos e postos de trabalho balanceados. O manuseio eficaz está ligado à identificação e alocação das atividades entre operadores da melhor forma possível, além de permitir redução dos desperdícios de tempo de movimentação de operadores entre operações. A gestão visual do TP informa de modo completo e preciso o balanceamento dos postos, indicando a presença das conexões de informação, pois permite que os operadores conheçam os postos gargalos, os estoques padrão, o ritmo de produção de cada operador e do processo cliente.

2.2.3.7 Troca rápida de ferramentas

Produzir pequenos lotes de produtos variados, em fluxo contínuo, com uma demanda nivelada e com flexibilidade de adaptação às variações de demanda requer facilidades na troca de modelos de produtos (SHINGO, 2000). A prática da troca rápida de ferramentas (TRF), difundida por Shingo (2000), propõe o estudo detalhado das atividades de *setup*, com o intuito de reduzi-las drasticamente, pois essas atividades são consideradas desperdícios. A TRF consiste em: (a) mapear as atividades de troca de ferramentas; (b) classificá-las em internas e externas; (c) reduzir ou eliminar cada uma destas atividades; (d) converter as internas e externas; (e) padronizar o procedimento.

As atividades de *setup* interno são aquelas que podem ser executadas somente quando a máquina estiver parada, como, por exemplo, a fixação e remoção de matrizes. As atividades externas são operações que devem ser concluídas enquanto a máquina está funcionando, como, por exemplo, o transporte de matrizes (SHINGO, 2000). Monden (1998) ressalta que nenhuma atividade que possa ser feita com a máquina em funcionamento deve ser feita com a máquina parada.

A TRF apresenta conexões em termos de tempo e informação, por possibilitar dois capacitadores relacionados a essa prática, o tamanho de lote pequeno e a redução no tempo de *setup*. As conexões de tempo são facilmente identificadas, pois o tempo de troca entre modelos influencia diretamente no tempo de esperas, transferências entre operações, na alocação do tempo dos operadores, no tempo de resposta e tempo total para a produção. As conexões de informações demonstram um menor grau, pois relacionadas ao conhecimento dos operadores em as atividades de *setup*, que permite a identificação da ocorrência de anormalidades.

2.2.3.8 Manutenção produtiva total

A manutenção é um aspecto importante na PE, pois as limitações de tamanho dos estoques reduzem as possibilidades de absorver ineficiências dos equipamentos, sem que isso afete produção. Além disso, o funcionamento de uma máquina sob condições precárias pode gerar produtos defeituosos, o que também afeta o fluxo de produção (GHINATO, 2000). A

manutenção produtiva total (TPM) é a prática relacionada à manutenção, tendo como característica a pró-atividade para identificar as possibilidades de anormalidades. De acordo com Askin e Golberg (2002) a TPM pode ser dividida em três: a manutenção autônoma, a manutenção preventiva e a manutenção preditiva.

A manutenção autônoma consiste de uma manutenção preventiva básica e rotineira executada pelos próprios operadores, reduzindo a dependência de áreas de apoio (MAGGARD; RHYNE, 1992). Estas atividades, padronizadas no âmbito das funções habituais dos operadores, se referem à limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes simples, pequenos reparos, verificações e inspeções visuais (BRANCO FILHO, 2000). O operador deve ser capacitado para detectar possíveis anomalias e desenvolver o comprometimento com o TPM (XENOS, 1998).

A manutenção preventiva é uma intervenção realizada por pessoal especializado, preparada e programada antes do acontecimento da falha, (MONCHY, 1989). Os indicadores de tempo médio entre falhas (MTTF) e tempo médio de reparo (MTTR) devem ser levados em consideração na programação da periodicidade de manutenções (ASKIN; GOLBERG, 2002). Na manutenção preditiva, os equipamentos são submetidos a inspeções periódicas, incluindo medições de parâmetros para monitorar a degradação do equipamento e detectar, de forma quantitativa, sinais de falha ou condições anormais (XENOS, 1998).

A manutenção preventiva é um capacitador da CM vinculados às conexões de tempo, pela forte influência que podem ocasionar as paradas de produção nos fluxos de produção e tempos entre operações. A existência de operadores especializados em manutenção autônoma é um capacitador relacionado às conexões de tempo e informação, pois, ao mesmo tempo, garante as condições de funcionamento dos equipamentos e permite o conhecimento dos operadores sobre essas condições, possibilitando a tomada de ação preventiva e corretiva com rapidez.

2.2.3.9 Medição de desempenho

Embora não exista consenso em relação aos indicadores de PE que permitam avaliar o desempenho de uma CM, Maskell e Baggaley (2004) apresentam uma discussão profunda

sobre as diferenças entre a avaliação de desempenho em um ambiente de PE e em um ambiente de produção em massa. Esses autores propõem duas maneiras de medir o desempenho de um CM na PE: (a) com a utilização de três indicadores essenciais, sendo eles, o *First-time-through (FTT)*, *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* e *WIP-to-SWIP*; (b) o quadro de controle de produção.

O *FTT*, que pode ser entendido como produzido corretamente na primeira vez, é um indicador de qualidade que leva em consideração as sucatas, rejeitos e retrabalho. O *WIP-to-SWIP* é calculado por meio da razão entre o estoque atual (matéria-prima, em processo e produto acabado) e o estoque padrão definido no trabalho padronizado. O *OEE* é uma combinação de indicadores utilizados para medir a habilidade das máquinas para produzir com qualidade e quantidade necessárias (MASKELL; BAGGALEY, 2004). O cálculo do *OEE* se refere à multiplicação de três indicadores, sendo eles a disponibilidade, desempenho e qualidade (NAKAJIMA, 1989). Esse indicador é freqüentemente associado a atividade de manutenção de equipamentos, apesar de também apresentar características de qualidade. Vale salientar que o *OEE* possui um caráter ambíguo em função da sua caracterização como indicador de PE, pelo fato de que o resultado está vinculado a minimizar o tempo de paradas através da utilização máxima dos equipamentos (cálculo da disponibilidade). Apesar de minimizar o tempo de parada de equipamentos ser uma fonte clara de redução de desperdícios, o indicador também pode estimular a superprodução, quando o uso do equipamento não estiver vinculado à demanda do processo cliente.

O *lead time* (tempo de atravessamento) é acrescentado aos três indicadores da CM anteriormente citados, em coerência aos atributos qualificadores da CM. Vale ressaltar que, na visão da PE, o *lead time* é considerado por alguns autores como o principal indicador para avaliar o fluxo contínuo e desperdícios tanto em nível de célula (ROTHER; HARRIS, 2002) quanto em nível da fábrica inteira. O *lead time* é definido como o tempo médio de atravessamento de cada produto entre uma série de etapas produtivas, como, por exemplo, o sistema de manufatura como um todo, levando em consideração os tempos de processamento e de esperas (ROTHER; SHOOK, 1998). As fórmulas de cálculo de cada um dos indicadores apresentados nesse item são listadas na figura 4:

INDICADOR	ELEMENTOS EM CONSIDERAÇÃO	FÓRMULAS
<i>FTT - First-time-through (%)</i>	Total de Unidades Processadas (TUP) e sucatas, rejeitos e retrabalho (SRR).	$FTT = (TUP - SRR) / TUP$
<i>WIP-to-SWIP (%)</i>	Estoque total atual (ETA), estoque de produto em processo (EWP), estoque de materiais, (EMP), estoque de produtos acabados, (EPA) e estoque padrão (EP).	$ETA = EWP + EMP + EPA$ $WIP-to-SWIP = ETA / EP$
<i>Lead time (dias de estoque)</i>	Estoque total atual (ETA), demanda média diária (DMD) e tempo total de processamento (TTP).	$LT = (ETA/DMD) + TTP$
<i>OEE – Overall Equipment Effectiveness (%)</i>	Disponibilidade (DI), Tempo total (TT), Tempo parado (TPA), Desempenho (DE), produtividade ideal (PI), produtividade real (PR), Qualidade (QL), qtd total de produtos processados (QTP), qtd de rejeição e retrabalho (QRR).	$DI = (TT - TPA) / TT$ $DE = PR / PI$ $QL = (QTP - QRR) / QTP$ $OEE = DI \times DE \times QL$

Figura 4 : Resumo das fórmulas dos indicadores de FTT, WIP-to-SWIP, lead time e OEE

O *OEE*, assim como o *lead time*, podem ser calculados de outras formas, encontradas na literatura. Por exemplo, Chiaradia (2004) defende a simplificação do cálculo pela razão entre o “tempo de operação com valor agregado” pelo “tempo de carga”, entretanto, esta fórmula não serviria para identificar onde estão ocorrendo as maiores perdas na produção, na Disponibilidade, Desempenho ou Qualidade. Já, Antunes e Klippel (2001), apresentam outro modo de cálculo que facilitaria no caso de haver apenas um tipo de produto. Entretanto, o ponto comum é que o indicador avalie as mesmas informações, tanto o refugo como o retrabalho como problemas de qualidade.

Em relação ao quadro de controle de produção, esse é considerado por Maskell e Baggaley (2004), como a maneira mais importante para controlar o desempenho dos processos produtivos durante a operação e verificar se estão sendo atendidas as necessidades dos clientes. O quadro é utilizado para controlar o ritmo de produção da célula por período de tempo e tem o objetivo de adequar o ritmo de produção ao ritmo da demanda, ou seja, ao *takt time*. Utilizando fortemente a gestão visual, o quadro proporciona rapidez na identificação de problemas na célula, tais como atrasos e produtos defeituosos.

Henderson e Larco (1999) e Mann (2005) apresentam o mesmo exemplo de informações contidas no quadro de controle de produção, sendo dividida em cada hora do dia e composta de informação sobre: (a) o total planejado; (b) o total produzido; (c) os saldos; (d) e os comentários ou as razões do não atendimento. Os comentários podem estar agregados às

ações de melhoria já propostas. Os quadros podem, também, estar vinculados ao sistema de *andons* (outros componentes podem ser os sistemas de acionamento de sinais sonoros, sistema de tecnologia da informação para alimentar os dados, etc.). O quadro de controle de produção pode ser utilizado para outros processos que não produtivos, tais como em centros de distribuição e para gestão de serviços (LIKER, 2005).

Dentre os capacitadores da CM vinculados às conexões de informação e tempo, a gestão de sistemas de controle visual, manual ou informatizada, que torne a informação rapidamente disponível aos operadores está presente no quadro de controle de produção. O quadro permite que os operadores tenham o conhecimento acurado e completo da situação da CM em função das necessidades do processo cliente possibilitando, assim, ações rápidas. Além disso, o quadro permite comunicar as causas dos atrasos, que podem ser utilizadas como fonte de informação para as ações de melhorias visando estabilizar e reduzir os tempos de produção.

Os demais indicadores demonstram estarem ligados ao capacitador de projeto de trabalho e outras políticas que detêm operadores co-responsáveis pelos resultados. Tal capacitador tem influência em comunicar aos operadores sobre o atendimento das metas da CM ao longo do tempo. Os indicadores de *lead time* e *WIP-to-SWIP* apresentam fortes conexões de tempo, pois estimulam a redução do tempo de permanência dos produtos na CM, incluindo processamento, espera e transferência.

2.2.3.10 Produção puxada e nivelamento de produção

A produção puxada é um modo de interligar todos os processos produtivos no chão-de-fábrica para que cada processo fornecedor esteja produzindo no mesmo ritmo que o seu processo cliente, e, assim, produzindo de acordo com a demanda real (*takt time*) e com mínimo de desperdícios (WOMACK; JONES, 1998). Na CM, a produção puxada implica tanto a relação com o processo cliente, ou seja, produzir de acordo com a demanda real desse, quanto ao processo fornecedor, receber componentes de acordo com a demanda da CM. De acordo com Smalley (2004) e Hopp e Spearman (1996), algumas características essenciais da produção puxada são as seguintes; (a) existência de apenas um ponto recebedor das ordens de produção; (b) existência de limite para o estoque em processo. O inverso da produção puxada é a produção empurrada, essa é enviada através de ordens de produção a diversos pontos da

fábrica e a seqüência de produção de cada processo busca acompanhar as previsões de demanda e de produção dos processos clientes e fornecedores, respectivamente (MC DONALDS *et al.*, 2002).

Uma das ferramentas mais conhecidas para aplicação da produção puxada é o *kanban*. O *kanban* é uma forma simples e direta de comunicação entre processos, com o objetivo de informar ao processo fornecedor as necessidades do processo cliente (MOURA, 1989). Embora a palavra *kanban* seja comumente traduzida como cartões, o termo vem sendo utilizado para se referir a qualquer mecanismo de gestão visual para regulagem de estoques e indicação de necessidade de produção (LIKER, 2005). Há quatro objetivos principais do *kanban*, segundo Smalley (2004): (a) evitar a superprodução de componentes e produtos entre os processos; (b) fornecer ordens de produção específicas entre os processo com base nos princípios da produção puxada; (c) funcionar como ferramenta visual e rápida para identificar atraso ou adiantamento da produção em função do planejado; (d) estabelecer uma ferramenta de melhoria contínua, através da redução planejada dos níveis de estoques.

Existem quatro tipos de cartões *kanban*, conforme Smalley (2004), com diferentes funções, dependendo da forma em que a produção puxada é utilizada, como, por exemplo: (a) cartões de produção interno, que indicam a necessidade de produção de componentes ou produtos em pequenos lotes, normalmente na quantidade de uma embalagem dos mesmos; (b) cartões de produção do tipo sinalização (ou triangular), que também indicam a necessidade de produção, entretanto em maiores lotes, preferível para processos tais como prensas, estamparias ou máquinas de injeção; (c) cartões de retirada de peças (ou inter-processos), que apenas acompanham a movimentação dos materiais internamente na planta; (d) cartões do fornecedor, utilizado para indicar ao fornecedor externo a respeito do consumo de componentes.

O *kanban* funciona, geralmente, com um estoque denominado de supermercado. Esse estoque tem a função de servir como um ponto para absorver as oscilações de demanda, sem prejudicar o funcionamento da produção puxada. O supermercado é um local de estoque onde o processo cliente pode obter o que necessita, quando necessita e na quantidade certa (LIKER, 2005).

Além do *kanban*, o sistema puxado pode ser operacionalizado por outros mecanismos que limitem o tamanho do estoque, tais como a linha *FIFO*, termo em inglês para as filas de primeiro que entra, primeiro que sai. Também chamado de *CONWIP* ou puxada seqüenciada, a linha *FIFO* assegura que o processo cliente consuma exatamente na mesma ordem com que as peças foram produzidas pelo processo fornecedor. O objetivo é manter um estoque em processo, mas de forma contínua, bem como assegurar a não obsolescência ou acúmulo demais através da indicação visualmente a seqüência desejada de produção e pontos máximos de estoques (SMALLEY, 2004). Spearman *et al.* (1990) consideram que a linha *FIFO* é mais adequada em ambientes complexos de demandas muito variadas ou quando não há tempos de trocas entre modelos de produtos, dessa forma, o processo fornecedor e o processo cliente estariam produzindo em fluxo contínuo.

Três aspectos influenciam diretamente na aplicação da produção puxada: (a) a estabilidade básica (KAMADA, 2006); (b) o nivelamento de produção (ROTHER; SHOOK, 1998); (c) a logística de reposição de materiais (HARRIS *et al.*, 2004). A estabilidade básica implica na previsibilidade geral e disponibilidade constante de mão-de-obra, máquinas, materiais e métodos, os 4Ms. Apenas quando há disponibilidade das máquinas e recursos humanos adequados, é possível operar a produção de forma a obter fluxo contínuo puxado de acordo com o *takt time* (SMALLEY, 2006). Kamada (2006) acrescenta que a estabilidade básica deve garantir também o menor desperdício possível, a qualidade desejada e a segurança dos funcionários. As suas relações com as demais práticas de PE se tornam evidentes, como, por exemplo, as equipes multifuncionais, o trabalho padronizado e a melhoria contínua, influenciam na estabilidade da mão-de-obra e de método. A estabilidade das máquinas pode estar vinculada às práticas de manutenção produtiva total e a medição de desempenho.

Já o nivelamento de produção está relacionado a manter um padrão repetitivo de seqüência de modelos de produtos em termos de *mix* e volume de produção, idealmente em lotes unitários. Desta forma, ao invés de produzir cada tipo de produto apenas uma ou poucas vezes ao mês, o nivelamento busca produzir diariamente cada tipo de produto (LIKER, 2005). Para Coleman e Vaghefi (1994), o nivelamento tem um importante papel de balancear as cargas de trabalho dos operadores, a reduzir a capacidade produtiva requerida e reduzir tempos de entrega.

Rother e Shook (1998) citam o exemplo de uma CM que produz os dois modelos E e D, que apresentam diferentes demandas ao longo do tempo. Para possibilitar a produção puxada,

deveria ser adotada uma seqüência de produção intercalando a produção desses modelos, como, por exemplo, EEEDEEDEEDEEDEED. Ao invés disto, aqueles autores indicam que a situação encontrada era de produzir na seqüência EEEEEEEEEEDDDDD, que acarretava um aumento de estoques e ocultava problemas de qualidade.

Segundo Harris *et al.* (2004), a falta ou excesso de alimentação de componentes para a CM pode gerar diversos desperdícios, como, por exemplo, estoques e movimentos de transporte desnecessários ou tempo de operadores ou líderes na procura de componentes. Assim, aqueles autores apontam para um sistema para a movimentação de materiais fluir ao longo da fábrica, onde se descreve o gerenciamento dos componentes ao longo da planta, realizado regularmente e por funcionários dedicados a essa atividade.

Na produção puxada e no nivelamento de produção estão presentes as conexões de tempo, espaço e informação. A produção de acordo com um ritmo necessário entre clientes e fornecedores, influência nas conexões de tempo por, de forma simultânea, garantir que haja componentes para a fabricação dos produtos (minimizando as perdas de tempos decorrentes de falta de componentes) e que esses não se tornarão excessivos (resultando em um tempo de esperas planejado, que pode ser reduzido). Em relação às conexões de informação, essas permitem a identificação da situação dos estoques de forma clara e precisa aos operadores em tempo de tomar ações corretivas (conexões de tempo), além possibilitar a verificação de recorrentes faltas ou excessos de estoques. Vale salientar também a presença de conexões de espaço, pois a produção puxada permite a redução de estoques e, conseqüentemente, que as operações estejam posicionadas mais próximas umas das outras dentro da CM. Dentre os capacitadores da CM, estão presentes: (a) peças entregues em tempo; (b) a presença de retorno de informações entre células e entre as células e seus clientes/fornecedores. Ambos com influência nas conexões de tempo e informação.

2.2.3.11 Gestão visual de informações

A gestão visual de informação pode ser implantada por meio de qualquer dispositivo que comunique rapidamente se existe algum desvio no padrão e que indique como o trabalho deve ser executado (LIKER, 2005). A gestão visual é crucial para proporcionar autonomia e responsabilidade a todos os funcionários, sejam eles operadores do chão-de-fábrica ou

gerentes, difundindo a consciência em eliminar desperdícios, anormalidades e qualquer outro problema da fábrica (MONDEN, 1998). Henderson e Larco (1999) acrescentam que, em uma típica fábrica que adota a PE, são facilmente compreensíveis o fluxo de trabalho, desempenho, problemas e oportunidades.

Há quatro formas básicas de aplicação da gestão visual, segundo Formoso *et al.* (2002): (a) utilização de dispositivos visuais, tais como indicadores de locais de equipamentos ou ferramentas, áreas de trânsito permitido ou proibido, placas de sinalização e de segurança, e controles visuais para demarcar local de descarregamento e armazenamento; (b) 5S (organização, arrumação, limpeza, padronização e autodisciplina); (c) divulgação de indicadores de desempenho, principalmente, dos processos; (d) remoção de obstáculos que dificultem a comunicação visual entre operadores, como, por exemplo, armários ou estoques.

A gestão visual encontra-se disseminada no conjunto de práticas de PE, como, por exemplo, aplicada em um estoque, é utilizada para indicar visualmente o nível de estoque, ações necessárias (produzir ou parar de produzir), status e locais apropriados para cada modelo de produtos ou componentes (HENDERSON; LARCO, 1999). Segundo Monden (1998), além do local apropriado para cada item no estoque, o estoque visualmente controlado deve indicar a quantidade padrão de estoque. Dentre outros exemplos, a práticas de 5 S demonstra ser uma fonte importante da presença da gestão visual em arranjos físicos.

O 5S tem como objetivo organizar o local de trabalho e serve para evidenciar uma série de desperdícios, tais como, equipamentos em mau funcionamento, movimento excessivo de operadores, estoques ou ferramentas desnecessárias. O 5 S é uma ferramenta utilizada para criar a disciplina de gestão visual e organização na fábrica, consistindo em organizar e limpar o ambiente de trabalho de forma que todos os materiais e informações possam ser localizados na hora certa e na quantidade certa (MONDEN, 1998).

Cada um dos S representa uma das cinco características da prática. Segundo Liker (2005) são elas:

- a) Senso de utilização e descarte: classificar os objetos em necessários e descartar os desnecessários.

- b) Senso de organização e arrumação: identificar e organizar os objetos de forma que qualquer pessoa possa localizá-los rapidamente, tendo um lugar para cada objeto necessário.
- c) Senso de limpeza: manter a limpeza diária do ambiente, sem poeira, óleo, ou qualquer outra sujeira que danifique o maquinário, objetivando, também, combater as causas da sujeira. A limpeza atua como forma de inspeção, pois expõe as condições normais e predisposição de falhas.
- d) Senso de padronização e higiene: desenvolver procedimentos para manter os três primeiros através de padronização do ambiente e das práticas de higienização periódicas.
- e) Senso de autodisciplina: Tornar a aplicação do 5s um ato natural, em um processo constante de melhoria contínua através do ambiente de trabalho estável.

Liker (2005) ressalta que os programas de 5S melhor sucedidos são aqueles que adotam formas padronizadas de avaliação da eficácia da ferramenta, geralmente associada ao estabelecimento de premiações aos operadores.

Na CM, a gestão visual comunica e auxilia os funcionários a responderem com rapidez às mudanças e variações que acontecem no sistema, envolvendo, por exemplo, aspectos de procedimentos padrão, tempos padrão, *takt time*, atendimento à demanda, organização do local de trabalho, controle da qualidade e estoques de componentes (HYER; WEMMERLOV, 2002). Esse fato indica a presença das conexões de tempo e informação associados a essa prática. Além disso, a comunicação é crucial para o desempenho da célula, tanto em termos de comunicação interna, como quanto com outros níveis hierárquicos e com os demais setores da empresa (BIDANDA *et al.*, 2005). Tais conexões estão intimamente relacionadas a quatro capacitadores das CM: (a) operadores que compartilham informações constantemente; (b) Os operadores têm acesso visual a todas as atividades da célula e informação na "linha de visão"; (c) gestão de sistemas de controle visual, auditiva manual, informatizada que tornam a informação rapidamente à disposição dos operadores; (d) projeto de trabalho e outras políticas que permitam aos operadores tomar ações em resposta a sinais.

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

O estudo de caso foi a estratégia de pesquisa adotada para avaliar a utilização das práticas de PE em CM, com base nas diretrizes propostas. O estudo de caso é utilizado para aprofundar os aspectos característicos de um objeto de pesquisa restrito, que pode ser um fato ou fenômeno individual ou um de seus aspectos (SANTOS, 2000). Segundo Yin (2005), o estudo de caso trata de uma investigação empírica na qual são combinados diferentes métodos de coleta de dados para examinar fenômenos da vida real. Este procedimento é utilizado, principalmente, quando a fronteira entre o fenômeno e o seu contexto não estão claramente definidas e quando não se exige controle sobre os eventos (YIN, 2005).

Dentre os motivos que justificam a escolha do estudo de caso, se salienta o fato de que a avaliação da utilização de práticas de PE não exigia a ação direta dos membros das empresas nem qualquer tipo de intervenção nas mesmas. Além disso, múltiplos estudos de caso foram realizados com a intenção de investigar diferentes tipos de CM em diferentes contextos organizacionais.

A natureza da pesquisa é aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos. Quanto à abordagem, possui características fortes de uma pesquisa qualitativa, visto que os dados coletados são predominantemente oriundos de entrevistas e observações diretas.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi conduzida em seis etapas: (a) revisão bibliográfica, conduzida ao longo de todo o período da pesquisa; (b) definição dos atributos qualificadores das práticas de PE em CM; (c) escolha das empresas participantes; (d) planejamento dos estudos de casos; (e) avaliação da utilização de práticas de PE nos estudos de caso; (f) análise conjunta dos estudos de caso.

De forma geral, o referencial teórico versou sobre dois temas primordiais abordados na pesquisa: (a) as definições e atributos de CM; (b) os princípios e práticas da PE aplicáveis nas CM.

O método adotado para avaliar a aplicação de práticas da PE em CM nos estudos de caso pode ser entendido como uma auditoria, a qual é “um processo sistemático, documentado e independente para obter evidências de auditoria e avaliá-las objetivamente para determinar a extensão na qual os critérios de auditoria são atendidos” (ABNT, 2002). Segundo Chiesa *et al.* (1996), a auditoria permite identificar as distâncias entre o desempenho desejado e o real, onde estão os problemas e necessidades, bem como prover informações que possam ser utilizadas para planos de ação de melhoria de desempenho.

Em várias dimensões de desempenho (por exemplo, qualidade, segurança e meio ambiente) as auditorias são amplamente utilizadas para identificar a presença de boas práticas do tema. Para Dooley *et al.* (2002), as boas práticas são métodos ou táticas reconhecidas como fonte de resultados positivos em sua aplicação. No caso dessa pesquisa, as boas práticas envolvidas na auditoria envolvem um conjunto de típicas práticas da PE que são consistentemente indicadas na literatura como eficazes para operacionalizar os princípios da PE em CM, conforme foi discutido no capítulo 2.

A avaliação do atendimento aos requisitos estabelecidos para cada prática foi baseada em duas fontes de evidências principais: entrevistas e observações diretas. Tanto as entrevistas quanto as observações diretas foram realizadas com apoio de roteiros, desenvolvidos com a preocupação de reduzir a subjetividade tanto do ponto de vista do avaliador quanto dos respondentes. Tal fato foi particularmente importante no contexto deste trabalho, uma vez que indícios apontam para termos ligados à PE estarem sendo usados no meio profissional com significados diferentes ou mesmo erroneamente compreendidos.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

3.3.1 Definição dos atributos qualificadores das práticas de PE em CM

Com o intuito de definir os atributos que qualificam cada uma das práticas de PE que seriam utilizados nos estudos de caso, se partiu dos fatores de decisão dos sistemas de manufatura (item 2.1.6) adaptados à realidade das CM. Foram identificadas as definições de práticas de PE (conforme as descrições nos item 2.2.3) para cada um dos fatores de decisão contemplados na CM. Uma lista de 18 práticas resultou desta etapa: 1) trabalho em equipe e liderança; 2) melhoria contínua; 3) multifuncionalidade e rodízio; 4) autonomia dos operadores; 5) padronização do trabalho; 6) organização do local de trabalho; 7) produção puxada; 8) nivelamento de produção; 9) troca rápida de ferramentas; 10) manutenção produtiva total; 11) indicadores enxutos para a medição de desempenho; 12) gestão visual do controle de produção; 13) gestão visual do controle de qualidade; 14) automação de equipamentos; 15) fluxo unitário; 16) visibilidade de toda a célula e troca de informações; 17) tamanho e forma do arranjo físico; e 18) organização segundo fluxo dominante. Com base na revisão bibliográfica (ver capítulo 2) foi estabelecida uma definição conceitual de cada prática, denominada de atributos qualificadores, de modo que ficassem explícitos os requisitos que seriam avaliados nos estudos de caso. Além disto, se buscou identificar as fontes utilizadas para descrever as práticas de PE em CM.

3.3.2 Escolha das empresas participantes

Ao todo foram escolhidas três empresas para os estudos de caso, denominadas Alfa, Beta e Gama. Na empresa Gama, foram avaliadas duas células, enquanto, apenas uma célula foi avaliada nas empresas Alfa e Beta. Todas essas empresas pertencem à cadeia automotiva, um dos motivos da escolha das mesmas, visto que essa cadeia é reconhecidamente a mais avançada em termos de utilização de práticas PE. No que diz respeito à posição na cadeia automotiva, as empresas Alfa e Beta fornecem a clientes que por sua vez fornecem as montadoras, sendo, portanto, caracterizadas como fornecedoras de segundo nível. Já a empresa Gama fornece diretamente a uma montadora, sendo caracterizada como fornecedora

de primeiro nível. As três empresas não mantêm relações comerciais entre si e fornecem para diferentes montadoras de veículos.

A empresa Alfa foi escolhida também em função da facilidade de acesso do pesquisador, visto que o mesmo havia realizado projetos de pesquisa e assessoria nessa empresa, na área de PE, entre os anos de 2002 a 2006. As empresas Beta e Gama foram escolhidas por haver em seu grupo de funcionários ex-alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRGS, que demonstraram interesse em participar da pesquisa. Além disso, com exceção da empresa Beta, todas as demais vêm adotando a PE como política corporativa, o que criou a expectativa de que fosse encontrado um relativo alto nível de atendimento às práticas de PE.

3.3.3 Planejamento dos estudos de caso

Ao longo dos quatro estudos de casos (caso 1 na empresa Alfa, caso 2 na empresa Beta, casos 3 e 4 na empresa Gama) houve algumas diferenças no modo de realização das avaliações. Em linhas gerais, o caso 1 se diferencia dos demais devido à já citada familiaridade do pesquisador com a empresa e a facilidade de acesso aos dados, o que permitiu a identificação de detalhes que não foram possíveis em outros casos. Entretanto, no caso 1 o método de avaliação ainda estava na sua versão menos madura, tendo sido também uma oportunidade para que o pesquisador pudesse ter contato prático com conceitos que até então vinham sendo trabalhados com ênfase teórica. Em particular, o caso 1 auxiliou no desenvolvimento dos instrumentos de coleta de dados, pois evidenciou aspectos como os seguintes: (a) os diferentes entendimentos dos membros da empresa em relação aos conceitos e termos da PE e CM; (b) necessidade de definir uma seqüência das questões de avaliação, para minimizar re-trabalhos e excessivos deslocamentos na coleta de dados. Nos demais estudos de caso, a ênfase foi na aplicação e refinamento do método desenvolvido com base no caso 1. O cronograma das atividades de campo realizadas ao longo da pesquisa, incluindo as empresas, os casos, os objetivos, os participantes das empresas envolvidos e tempo de duração, está demonstrado na Figura 5.

MÊS	CASO	OBJETIVOS	PARTICIPANTES	ATIVIDADE	DURAÇÃO
Maio / 07	Alfa / 1	Fase Preparatória	Diretor-presidente, estagiário, supervisor de produção, chefe de produção e coordenador <i>lean</i> .	Reunião	90 min
Maio / 07	Alfa / 1	Fase 1	Diretor-presidente e coordenador <i>lean</i> .	Entrevistas	120 min
Maio / 07	Alfa / 1	Fase 1	Supervisor de produção, estagiário e chefe de produção.	Entrevistas	180 min
Maio / 07	Alfa / 1	Fase 2	Chefe de produção.	Entrevista	30 min
Maio / 07	Alfa / 1	Fase 2	Chefe de produção.	Observação	60 min
Jun / 07	Alfa / 1	Fase 3	Supervisor de produção, estagiário e chefe de produção.	Reunião	90 min
Jul / 07	Beta / 2	Fase Preparatória	Engenheiro de processo.	Reunião	45 min
Ago / 07	Beta / 2	Fase 1	Engenheiro de processo.	Entrevista	60 min
Ago / 07	Beta / 2	Fase 2	Engenheiro de processo, chefe de produção e operador.	Observação e entrevistas	80 min
Ago / 07	Beta / 2	Fase 3	Engenheiro de processo.	Reunião	60 min
Out / 07	Beta / 2	Fase 3	Cinco engenheiros de processo, dois chefes de produção, dois supervisores de produção e o gerente da fábrica.	Reunião	80 min
Nov / 07	Gama / 3 e 4	Fase Preparatória	Supervisor de produção.	Reunião	45 min
Nov / 07	Gama / 3 e 4	Fase Preparatória e Fase 1	Supervisor de produção, responsável por recursos humanos, comprador, programador, dois líderes de equipe, engenheiro de qualidade.	Reunião e entrevista	60 min
Nov / 07	Gama / 3 e 4	Fase 2	Dois líderes de equipe dos turnos da manhã e da noite.	Observação	90 min
Nov / 07	Gama / 3 e 4	Fase 2	Dois líderes de equipe dos turnos da manhã e da noite e 2 operadores.	Entrevistas	90 min
Dez / 07	Gama / 3 e 4	Fase 3	Supervisor de produção, comprador, programador de PCP, dois líderes de equipe, engenheiro qualidade.	Reunião	60 min

Figura 5 : Cronograma de atividades de campo realizadas na pesquisa

3.3.4 Fases da avaliação da utilização de práticas de PE em CM nos estudos de caso

3.3.4.1 Estrutura da avaliação

A Figura 6 apresenta as quatro fases da avaliação de forma genérica, desde a fase de treinamento do avaliador até a apresentação e discussão de resultados. Nos itens seguintes

deste capítulo as fases são descritas de forma genérica acompanhadas de particularidades de cada caso quanto forem relevantes.

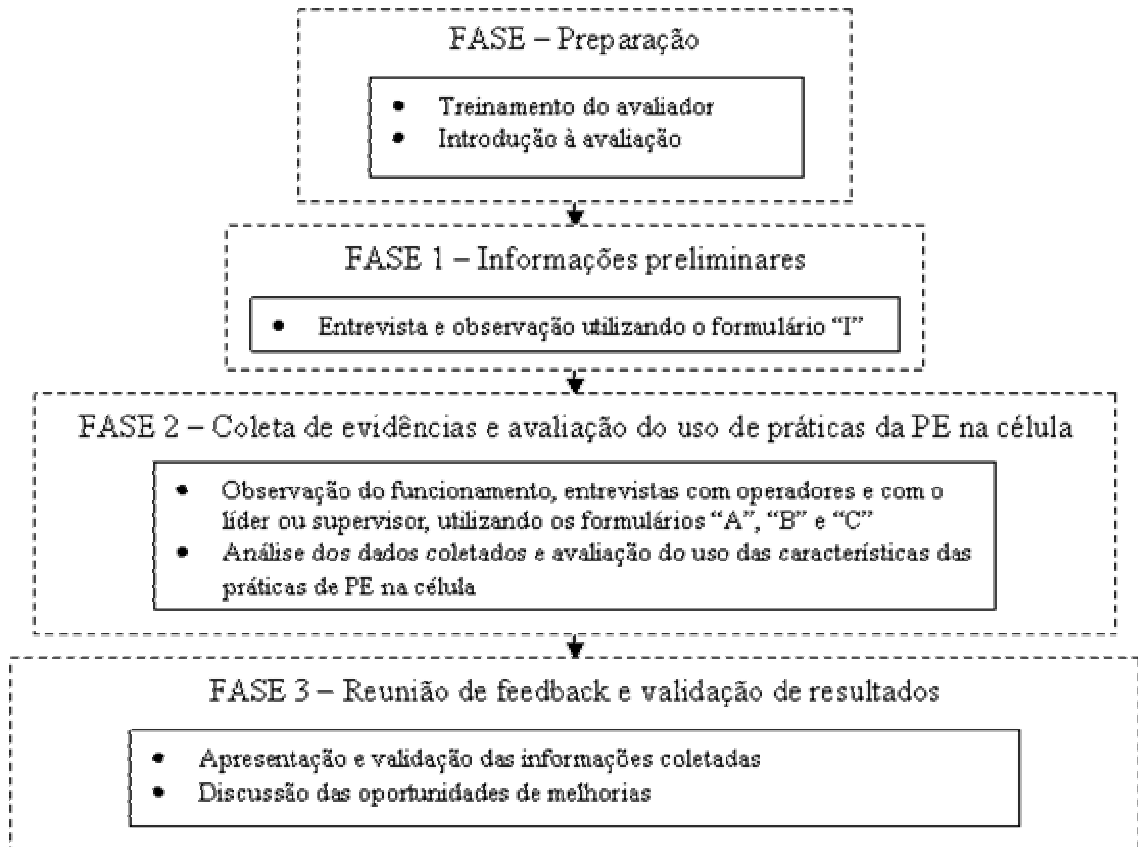


Figura 6 : Estrutura da avaliação utilizada nos estudos de caso

3.3.4.2 Fase de Preparação

A fase de preparação é composta por duas atividades: treinamento do avaliador e introdução à avaliação. O avaliador pode ser um funcionário da empresa, caracterizando uma auditoria interna, ou membro externo, no caso de um consultor ou pesquisador. Em uma auditoria interna, é importante que o avaliador não atue diretamente na célula avaliada, como, por exemplo, um operador, chefe de setor ou supervisor de produção. Entretanto, a experiência anterior em ambiente de fábrica é de suma importância para a execução de suas atribuições. A recomendação, em uma auditoria interna, é utilizar pessoas que atuam em áreas de apoio ao sistema de manufatura e conheçam a realidade de fábrica, como, por exemplo, engenheiros de processo, coordenadores de melhoria contínua (cargo comum em algumas empresas que

adotam a PE) ou chefes de setor ou supervisores de outras plantas industriais. Embora a avaliação possa ser realizada por um grupo de avaliadores, sugere-se que, no mínimo, um destes esteja presente em todos os passos da avaliação.

Um requisito fundamental do avaliador é que ele conheça os conceitos de PE e CM abordados na avaliação. Nesse sentido, o glossário de termos contidos em Lean Enterprise Institute (2003) e em Mann (2005) podem servir como apoio ao avaliador.

Na empresa Alfa, o avaliador foi exclusivamente o próprio pesquisador, mas nos casos Beta e Gama outras pessoas participaram da atividade de avaliação. Na empresa Beta, uma vez que houve interesse de seus membros em aprender as ferramentas de avaliação, um engenheiro de processo recebeu treinamento sobre o método de pesquisa, incluindo uma apresentação acerca de conceitos de PE em células e dos formulários para a coleta de dados. Na empresa Gama, um bolsista de iniciação científica do LOPP (Laboratório de Otimização de Produtos e Processos)/UFRGS foi envolvido, recebendo o devido treinamento (incluindo conceitos de PE, CM e o método de pesquisa) por um período de cerca de dois meses.

A realização da atividade de introdução à avaliação na empresa está vinculada a três passos necessários: (a) apresentar as etapas e ferramentas da avaliação aos membros da empresa envolvidos no trabalho, tendo em vista facilitar a coleta de dados; (b) escolher a célula que será avaliada; e (c) agendar as visitas para coleta de dados. Em avaliações internas ou externas, é sugerido realizar uma reunião para apresentar a avaliação aos líderes, supervisores, gerentes da fábrica e operadores envolvidos no trabalho. Essa apresentação deve conter, no mínimo, o objetivo, método, atividades e resultados esperados.

Durante a própria reunião de apresentação, ou com base nas discussões surgidas na mesma, é escolhida a célula que será avaliada. Nesse momento, é importante que os participantes tenham claro o conceito de CM definido neste trabalho (ver capítulo 2), uma vez que não é raro o termo célula ser utilizado no ambiente industrial simplesmente para denominar setores ou áreas de trabalho, seja quais forem seus arranjos físicos e formas de organização do trabalho. Considerando a necessidade de familiarização dos participantes com a avaliação, se sugere que inicialmente sejam escolhidas células com poucos operadores e equipamentos. Outros critérios para a escolha da célula podem ser os seguintes: (a) a inexistência de outras células que executem as mesmas operações, o que torna mais crítica a necessidade de

confiabilidade de suas operações; (b) o alto volume de produção; (c) o interesse da empresa em adotar conceitos de PE na mesma.

Na empresa Alfa, a apresentação da avaliação e as visitas iniciais foram feitas com a presença de um grupo formado pelo chefe de produção, o supervisor de produção e PCP, o estagiário que atua em PE e o coordenador *lean*. A célula escolhida para o caso 1 possuía poucos operadores e operações e tinha semelhança com as demais células da fábrica. Já na empresa Beta, a apresentação foi feita para o já citado engenheiro de processo que participou da coleta de dados e para o supervisor de engenharia de processo, sendo a célula do caso 2 escolhida por ser a maior célula da fábrica, tanto em número de funcionários quanto em tamanho físico, por onde passam os produtos de maiores dimensões.

Na empresa Gama, a apresentação foi feita duas vezes, inicialmente para o supervisor de produção da fábrica e, após, para um grupo composto pelos dois líderes de produção, o responsável de recursos humanos, o comprador, o responsável pelo planejamento e controle de produção e o encarregado de manutenção. As duas células avaliadas, casos 3 e 4, consistem em todas as células da planta industrial da empresa.

Agendar as visitas relativas às demais fases da avaliação é o terceiro passo, levando em conta as necessidades de: (a) entrevista para o levantamento de informações para caracterizar a empresa e a célula; (b) visita para observação do funcionamento da célula; (c) entrevistas com operadores; e (d) a entrevista com o nível hierárquico imediatamente superior aos operadores, o qual pode receber a denominação de líder ou supervisor em muitas empresas.

3.3.4.3 Fase 1 – Informações preliminares sobre a empresa e a célula

A fase 1 tem dois objetivos: (a) familiarizar o avaliador com o funcionamento da célula; (b) identificar a extensão pela qual são adotados os atributos qualificadores de CM no arranjo físico, conforme o capítulo 2. O formulário “I” (ver Apêndice A) é proposto para orientar a coleta de dados nesta fase, sendo composto por quatro partes destinadas à caracterização da empresa e da célula: (a) perguntas acerca da empresa, tais como segmento de atuação, porte, produtos, clientes e esforços de implantação de PE; (b) perguntas sobre o número de operadores, equipamentos, produtos, organização da célula, que visa, também, identificar o

atributo organizacional; (c) a terceira parte visa construir a matriz de produto e processo da célula, a fim de avaliar presença do atributo de Tecnologia de Grupo; (d) a quarta parte visa reunir informações para avaliar a célula segundo os atributos das conexões de tempo, espaço e informação definidas no capítulo 2.

As informações necessárias para as primeiras três partes do formulário “T” podem ser possivelmente obtidas junto a um único funcionário da empresa, tais como, o supervisor de produção, o chefe de setor ou o engenheiro de processo. Como requisito básico, essa pessoa deve ter conhecimento sobre os produtos e os processos presentes na célula.

Dentre as questões desse formulário, está incluído o cálculo do índice de eficiência do agrupamento da matriz de produto e processo, considerando somente as incidências que ocorrem dentro da célula e ignoradas as incidências que ocorrem fora da mesma. Assim, o cálculo proposto é equivalente ao que Silveira (1994) denomina como a taxa de incidências intra-celulares, a qual tem como objetivo verificar se os produtos compartilham as operações e fluxos de produção, conforme definição de Burbidge (1992). Para o cálculo, número de incidências intra-celulares deve ser dividido pelo o resultado da multiplicação do número de produtos pelo número de processos na célula, conforme a fórmula contida no capítulo 2, item 2.2.1 e descrita no formulário “T”. Vale enfatizar que, esse cálculo se limita aos fluxos que ocorrem dentro da célula e não engloba fluxos indesejáveis entre a célula e os demais arranjos físicos da fábrica.

A quarta parte do formulário “T” requer uma visita para observar a célula em funcionamento, como fonte de evidências. Este item é composto por questões com respostas do tipo “sim” ou “não”, com destaque para algumas contribuições descritivas. A Figura 7 mostra um exemplo das questões presentes na parte 4 do formulário “T”.

Questões	SIM	NÃO
4.1 No arranjo físico, os equipamentos e operadores estão próximos? Obs: _____		
4.2 Há facilidade de transferência de materiais? Obs: _____ * Descrever o motivo que levou a resposta? _____		

Figura 7 : Exemplo de trecho do formulário “T”

De modo geral, esta fase não proporciona uma classificação quantitativa acerca do quanto o arranjo físico se aproxima da definição de uma CM ideal, sendo uma análise predominantemente qualitativa.

Na empresa Alfa, cinco entrevistas foram realizadas com os seguintes intervenientes: diretor-presidente da empresa, o supervisor de produção da fábrica, o coordenador *lean*, o chefe de produção e o estagiário de PE. Em função da natureza exploratória do caso 1, as entrevistas não foram realizadas com base no formulário “I” e versaram sobre situação atual da empresa e de mercado, a experiência na implantação da PE, escolha de práticas *lean* a serem utilizadas, dificuldades enfrentadas e o processo de projeto da célula. Ainda nessa fase, o coordenador *lean* deixou a empresa, sendo que as atividades foram assumidas pelo estagiário de PE. Entretanto, quando o formulário “I” foi desenvolvido, o pesquisador retornou à empresa e preencheu os dados solicitados com base em uma entrevista com o estagiário.

Nos demais casos, o formulário foi utilizado, sendo que na empresa Beta ele foi respondido em uma entrevista com o engenheiro de processo e na empresa Gama com o supervisor de produção da fábrica. O tempo médio de duração destas entrevistas foi cerca de 45 minutos.

3.3.4.4 Fase 2 – Coleta de evidências e avaliação do uso de práticas da PE na célula

A fase 2 é composta por duas atividades, primeiro, coletar as evidências necessárias para avaliar o uso das práticas de PE na célula, e, após, analisar os dados coletados.

A fase 2 envolve a coleta de dados relacionados diretamente à utilização das práticas da PE. Assim como na fase anterior, também há formulários específicos estruturados em forma de *check-lists*. Existem três tipos de fontes de evidências nesta fase: (a) observação do funcionamento da célula, realizada com apoio do formulário “A”; (b) entrevista com operadores, com apoio do formulário “B”; (c) entrevista com o líder ou supervisor, com apoio do formulário “C”.

As questões contidas no formulário “A” (ver Apêndice B) devem ser respondidas pelo avaliador com base na observação do funcionamento da célula. Idealmente, em uma auditoria externa tal observação deve ser realizada em conjunto com um representante da empresa que possa auxiliar na compreensão das operações. Como exemplo, pode ser citada a questão 5.1

do formulário “A”: “Existem documentos que padronizem as operações?” Neste caso, o avaliador pode fazer a pergunta ao representante da empresa que o acompanha e, se a resposta for “sim”, os documentos devem ser mostrados ao avaliador. A partir da resposta afirmativa, as informações contidas nos padrões devem ser analisadas, como, por exemplo, a presença de seqüência das atividades de produção e tempo de ciclo. Em outras questões, é solicitado que o avaliador realize alguma atividade, como, por exemplo, na questão 17.1 (desenhar o arranjo físico da célula).

As entrevistas com os operadores, baseadas no formulário “B” (Apêndice C), devem ser realizadas, preferencialmente, em um local fora da célula, em uma sala que garanta a privacidade dos operadores para manifestarem suas opiniões. Tais entrevistas podem ser feitas tanto em grupo quanto individualmente. O ideal é que as entrevistas sejam realizadas com todos os operadores da célula.

O Apêndice D contém o formulário “C”, que é utilizado para a entrevista com o líder ou um superior imediato dos operadores, o qual em muitos casos é um chefe de setor ou supervisor de produção. Similarmente às entrevistas com os operadores, também se sugere que essa entrevista seja realizada em um ambiente separado da célula. A Figura 8 ilustra um exemplo do formulário “C”.

Questões	SIM	NÃO
2.1 Os operadores são envolvidos em ações de resolução de problemas de produção, qualidade ou manutenção e implantação de melhorias? Obs: _____		
2.2 Os operadores foram treinados com ferramentas para resolução de problemas e sugestão de melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “sim”, indique: Quantos operadores desta célula são treinados: _____ Em que prática ou ferramenta foi baseado este treinamento: _____		

Figura 8 : Exemplo de trecho do formulário “C”.

Na empresa Alfa, os formulários “A” e “C” foram aplicados junto ao chefe de produção, superior imediato aos operadores. A empresa não autorizou a entrevista com operadores, o que inviabilizou o formulário “B”. Na empresa Beta, os formulários “A” e “C” foram preenchidos com base em entrevistas com o chefe de produção e um engenheiro de processo,

respectivamente. Nessa empresa, todas as entrevistas e as observações foram acompanhadas por outro engenheiro de processo que esteve presente durante toda a aplicação. A entrevista com os operadores de cada célula foi realizada por esse engenheiro de processo, sem a presença do avaliador. Os formulários “B” preenchidos foram encaminhados ao pesquisador após as entrevistas.

Já na empresa Gama, os líderes de cada célula avaliada foram entrevistados, assim como os operadores. Tanto as entrevistas como as observações de funcionamento, foram feitas pelo bolsista de iniciação científica, com auxílio do pesquisador.

Considerando todos os estudos de caso, o tempo médio para observação do funcionamento da célula foi de 60 minutos e as entrevistas com operadores consumiram cerca 15 minutos para cada um deles. Já na entrevista com o líder ou supervisor, o tempo de duração foi em torno de 45 minutos.

A avaliação da utilização das práticas de PE na célula necessita dos dados coletados pelos formulários como fontes de evidências. Nos estudos de caso, essa atividade foi feita sempre pelo avaliador, sem a colaboração de nenhum membro de empresa. A avaliação de algumas práticas requer a consulta a questões provenientes de mais de um formulário, enquanto outras práticas podem ser avaliadas apenas com base em questões de um formulário. O Apêndice E (parcialmente ilustrado na Figura 9) visa a facilitar a avaliação, pois ilustra os respectivos formulários a serem utilizados para a avaliação de cada um das práticas de PE em função dos atributos qualificadores, conforme já apresentados anteriormente. A numeração das questões presentes nos formulários segue a mesma numeração das práticas, Por exemplo, os dados necessários para analisar a prática 1 (trabalho em equipe e liderança) estão presentes nos formulários “B” e “C”, nas questões 1.1, 1.2 e 1.3 e 1.4.

	Lista de Práticas	Fontes de Evidência (formulários)
Recursos Humanos	1. Trabalho em equipe e liderança	B e C
	2. Melhoria contínua	B e C
	3. Multifuncionalidade e prática de rodízio	B e C
	4. Autonomia dos operadores	A, B e C
	5. Padronização do trabalho	A e B
	6. Organização do local de trabalho	A

Figura 9 : Exemplo de trecho de figura utilizada para auxiliar a avaliação das práticas de PE

Os resultados da avaliação podem ser analisados segundo três situações: (a) a célula não possui nenhum dos atributos qualificadores de uma determinada prática; (b) a célula apresenta um ou mais atributos qualificadores da prática, mas não todos os atributos requeridos; (c) a célula possui todos os atributos qualificadores associados à prática.

Além de uma avaliação individual de cada prática, deve ser realizada uma avaliação conjunta considerando as interfaces entre as práticas com uma visão sistêmica. Por exemplo, a existência de multifuncionalidade pode facilitar a aplicação de outras práticas, tais como o trabalho em equipe. Outro exemplo diz respeito à relação entre controle de qualidade em 100% dos produtos e autonomia.

3.3.4.5 Fase 3 – Reunião de *feedback* e validação de resultados

A Fase 3 é realizada por meio de uma reunião que possui os seguintes objetivos: (a) a validação e apresentação dos resultados; (b) a discussão das oportunidades de melhorias. Essa reunião, coordenada pelo avaliador, conta com a presença de todas as pessoas envolvidas, incluindo, o grupo que participou da fase 1, os operadores da célula e demais interessados.

Durante a reunião, o avaliador deve questionar os participantes sobre a veracidade dos dados coletados, verificando se o grupo concorda ou não com os resultados acerca de cada uma das práticas. Isso é particularmente importante, uma vez que a avaliação é baseada predominantemente em fontes de evidência qualitativas.

A diferença entre as características da célula avaliada e os atributos qualificadores de cada prática é o ponto de partida para as ações de melhorias. Assim, as práticas não utilizadas na célula devem ser discutidas em função de quatro aspectos: (a) verificar se de fato é necessária e prioritária a aplicação da prática; (b) verificar experiências anteriores da empresa com a aplicação desta prática; (c) verificar a viabilidade técnica e econômica para aplicar a prática; (d) avaliar as interfaces dessa prática com as demais práticas da PE.

Na empresa Beta, os resultados foram apresentados e discutidos preliminarmente com o engenheiro de melhoria contínua, para, depois, serem apresentados para um grupo composto pelo gerente geral da fábrica, três engenheiros de processo, o gerente de engenharia de processo e dois engenheiros de melhoria contínua.

Na empresa Gama, participaram o supervisor de produção da fábrica, os dois líderes das células, o comprador, o responsável pelo planejamento e controle de produção e o engenheiro de processo. A empresa Alfa teve a participação do chefe de produção, do supervisor de produção e do estagiário. Além disto, o pesquisador visitou a célula da empresa Alfa quatro meses após a reunião para verificar as ações de melhoria que foram realizadas.

3.3.5 Estrutura da análise conjunta dos estudos de caso

Os resultados das análises individuais dos quatro estudos de caso foram utilizados para as análises conjuntas, organizadas em duas atividades: (a) uma comparação sobre o número de práticas de PE classificadas em cada uma das três categorias com intuito de analisar as características de cada empresa relacionada a tais impactos; (b) uma análise da classificação de cada uma das práticas em cada um dos casos, com o objetivo de levantar a presença de aspectos comuns entre os casos que contribuíram para os resultados das avaliações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ATRIBUTOS QUALIFICADORES DAS PRÁTICAS DE PE DIRETAMENTE APLICÁVEIS À CM

A primeira etapa da pesquisa originou os atributos qualificadores das práticas de PE aplicáveis em CM agrupadas em três subsistemas. Na literatura encontrada sobre PE, uma parte dos trabalhos se refere a práticas genéricas de PE e foram utilizadas para desenvolver os atributos qualificadores, que podem ser encontradas em maiores detalhes no item 2.2.3. Em outros trabalhos, como, por exemplo, Womack e Jones (1998), Black (1998) e Miltenburg (2001), está contida também uma descrição de forma superficial de exemplos da utilização dessas práticas em ambientes de CM.

As Figuras 10, 11 e 12 apresentam, respectivamente, uma lista das práticas de PE observadas em CM, com os atributos que qualificam cada uma delas para os subsistemas de recursos humanos, tecnologia de processo e planejamento e controle da produção. As figuras demonstram, também, às referências de PE e CM adotadas para a definição das práticas e atributos qualificadores. Vale salientar que as práticas não seguem a mesma descrição encontrada no item 2.2.3 (onze práticas), pois foram adaptadas à realidade das CM, conforme descrito no item 3.3.1.

Recursos Humanos		
Práticas	Atributos qualificadores	Fontes
1. Trabalho em equipe e liderança	<ul style="list-style-type: none"> • O líder de equipe auxilia os operadores em atividades de melhoria e solução de problemas. • O líder de equipe substitui os operadores no caso de ausências. • Os operadores são avaliados pelo desempenho do trabalho da equipe como um todo. 	Karlsson e Ahlstrom (1996); Amelvoort e Benders (1996); Ohno (1997); Hyer e Wemmerlov (2002); Liker (2005); Bidanda <i>et al.</i> (2005); Mann (2005).
2. Melhoria contínua	<ul style="list-style-type: none"> • Os operadores são treinados em métodos de solução de problemas, incluindo a ênfase em buscar as causas raízes. • Há grupos de operadores que se dedicam a atividades de melhoria contínua, se reunindo periodicamente. • Os grupos de melhoria contínua são coordenados por operadores ou líderes. 	Bessant <i>et al.</i> (1994); Imai (1994); Shingo (1996); Monden (1998); Womack e Jones (1998); Black (1998); Campos (1999); Miltenburg (2001); Liker (2005).
3. Multifuncionalidade e prática de rodízio	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os operadores são capacitados a realizar todas as operações da célula. • Há um controle da capacitação dos operadores em realizar as operações da célula (ex: matriz de habilidades). • O rodízio entre postos e operações é realizado de modo diário. 	Monden (1987); Shingo (1996); Ohno (1997); Ghinato (1998); Monden (1998); Black (1998); Miltenburg (2001); Harris e Harris (2007).
4. Autonomia dos operadores	<ul style="list-style-type: none"> • Os operadores têm autonomia para identificação e controle de variações. • Os operadores e o líder têm autonomia para parar a linha de produção em caso de anormalidades. • Há dispositivos visuais para solicitar auxílio imediato do líder e ou de áreas de apoio (por exemplo: manutenção, <i>pré-setup</i>, engenharia ou qualidade). 	Karlsson e Ahlstrom (1996); Ghinato (1996); Womack e Jones (1998); Monden (1998); Miltenburg (2001); Liker (2005).
5. Padronização do trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Há um ou mais formulários de padronização das operações. • O (s) formulário(s) está visível aos operadores e ao líder. • O (s) formulário (s) descreve as informações de: <i>takt time</i>, tempo de ciclo, separação de tempo homem e tempo máquina, seqüência de produção, estoque padrão, desenho do arranjo físico e movimentação dos operadores. • O (s) formulário (s) é atualizado regularmente de acordo com as melhorias realizadas nas operações. • O (s) formulário (s) é utilizado para verifica se as operações estão ocorrendo de acordo com os padrões estipulados. 	Suzaki (1987); Ohno (1997); Womack e Jones (1998); Black (1998); Spear e Bowen (1999); Miltenburg (2001); Rother e Harris (2002); Mann (2005); Harris e Harris (2007).
6. Organização do local de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • A célula está organizada (tem apenas os objetos necessários), ordenada (localização clara de cada objeto) e limpa (sem poeira, óleo ou outro tipo de sujeira). • Há um programa 5S com auditorias regulares • Os resultados das auditorias estão publicados junto à célula. 	Womack e Jones (1998); Black (1998); Monden (1998); Henderson e Larco (1999); Formoso <i>et al.</i> (2002); Liker (2005).

Figura 10: Atributos qualificadores das práticas de PE no subsistema de recursos humanos da CM

Planejamento e Controle de Produção		
Práticas	Atributos qualificadores	Fontes
7. Produção Puxada	<ul style="list-style-type: none"> Há limites para os estoques em processo, componentes e produto acabado da célula. Tais limites são identificados por meio de dispositivos visuais segundo a lógica de linha <i>FIFO</i> ou <i>kanban</i>. O atributo anterior existe para todos os produtos, sejam eles comprados ou fabricados. A alimentação de componentes da célula é realizada com regularidade e por funcionários dedicados a essa atividade (não pelos próprios operadores da célula). 	Moura (1989); Hopp e Spearman (1996); Ohno (1997); Monden (1998); Womack e Jones (1998); Miltenburg (2001); Smalley (2004); Liker (2005); Kamada (2006); Smalley (2006).
8. Nivelamento de Produção	<ul style="list-style-type: none"> Todos os modelos de produtos demandados ao longo do mês são produzidos todos os dias. 	Coleman e Vaghefi (1994); Rother e Shook (1998); Womack e Jones (1998); Black (1998); Miltenburg (2001); Liker (2005).
9. Troca rápida de ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> A célula não apresente tempos de <i>setup</i> (por exemplo, na fabricação de apenas um modelo de produto). Caso haja <i>setup</i>, as respectivas atividades são padronizadas, havendo diferenciação entre atividades internas e externas. 	Womack e Jones (1998); Black (1998); Miltenburg (2001); Shingo (2000); Monden (1998).
10. Manutenção produtiva total	<ul style="list-style-type: none"> Os operadores realizam a manutenção preventiva básica e rotineira (limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes simples, pequenos reparos e verificações e inspeções visuais) de forma padronizada em todos os equipamentos. Existe um programa de manutenção planejada preventiva ou preditiva em todos os equipamentos. 	Monchy (1989); Maggard e Rhyne (1992); Womack e Jones (1998); Black (1998); Xenos (1998); Ghinato (2000); Miltenburg (2001); Askin e Golberg (2002).
11. Indicadores enxutos para a medição de desempenho	<ul style="list-style-type: none"> A célula utiliza indicadores que refletem a adoção de princípios da produção enxuta, tais como: tempo de atravessamento (<i>lead time</i>), <i>FTT</i> ou índice que leve em consideração re-trabalho e refugo, o estoque planejado versus real e a eficiência do processo (ex: <i>OEE</i>, no caso de possuir operações não manuais). 	Nakajima (1989); Rother e Shook (1998); Rother e Harris (2002); Maskell e Baggaley (2004); Rother e Shook (1998).
12. Gestão visual do controle de produção	<ul style="list-style-type: none"> Há um quadro de controle de produção (manual ou automatizado) visível aos operadores da célula, indicando a programação de produção por períodos de horas ou turnos. As seguintes informações de controle de produção estão no quadro: planejado; realizado; saldo pendente; motivos de não atendimento; ações corretivas. 	Womack e Jones (1998); Black (1998); Henderson e Larco (1999); Maskell e Baggaley (2004); Mann (2005); Liker (2005).

Figura 11: Atributos qualificadores das práticas de PE no subsistema de planejamento e controle de produção da CM

Tecnologia de processo		
Práticas	Atributos qualificadores	Fontes
13. Gestão visual do controle de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> Há quadros de gestão visual do controle da qualidade (manuais ou automatizados) visíveis aos operadores da célula. Os quadros apresentam os índices de qualidade causa raízes para os defeitos encontrados e respectivos planos de ação 	Black (1998); Henderson e Larco (1999); Maskell e Baggaley (2004).
14. Autonomia de equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> Há uma separação entre o tempo homem e o tempo máquina, de modo que as máquinas desenvolvam, ao menos parcialmente, operações que dispensam monitoramento ou ação do operador. Todos os equipamentos possuem dispositivos <i>poka-yokes</i> para detectar anormalidades (erros ou defeitos), os quais paralisam a produção e sinalizam sua ocorrência de forma sonora ou visual. 	Shingo (1996); Ghinato (1996); Womack e Jones (1998); Black (1998); Ghinato (2000); Miltenburg (2001); Liker (2005).
15. Fluxo unitário	<ul style="list-style-type: none"> As peças são produzidas e transportadas de modo unitário entre operações, sendo que em cada operação se realiza apenas o que é exigido pela etapa posterior. 	Womack e Jones (1998); Black (1998); Miltenburg (2001); Rother e Harris (2002); Askin e Goldberg (2002); Liker (2005).
16. Visibilidade e troca de informações.	<ul style="list-style-type: none"> Há visibilidade de todos os operadores em relação a todas as operações (operadores e equipamentos) e materiais (em fluxo ou em estoque) alocados na própria célula. Todos os operadores podem se comunicar verbalmente em tom de voz normal. 	Womack e Jones (1998); Hyer e Brown (1999); Henderson e Larco (1999); Hyer, Wemmerlov (2002); Formoso <i>et al.</i> (2002).
17. Tamanho e forma do arranjo físico.	<ul style="list-style-type: none"> As dimensões da célula e o arranjo físico permitem que todos os operadores (no mínimo dois) troquem materiais entre si, sendo exigido para isso um deslocamento de até um metro de distância. Caso tenha apenas um operador, o arranjo físico permite que a célula opere com mais de um operador e obedece ao atributo anterior. 	Monden (1998); Hyer e Brown (1999); Miltenburg (2001); Hyer, Wemmerlov (2002).
18. Organização em fluxo dominante	<ul style="list-style-type: none"> Todos os produtos que são produzidos na célula passam pelos mesmos processos seguindo o mesmo fluxo de produção. 	Liker (2005); Miltenburg (2001); Rother e Harris (2002); Hyer, Wemmerlov (2002).

Figura 12: Atributos qualificadores das práticas de PE no subsistema de tecnologia de processo da CM

4.2 ESTUDO DE CASO 1

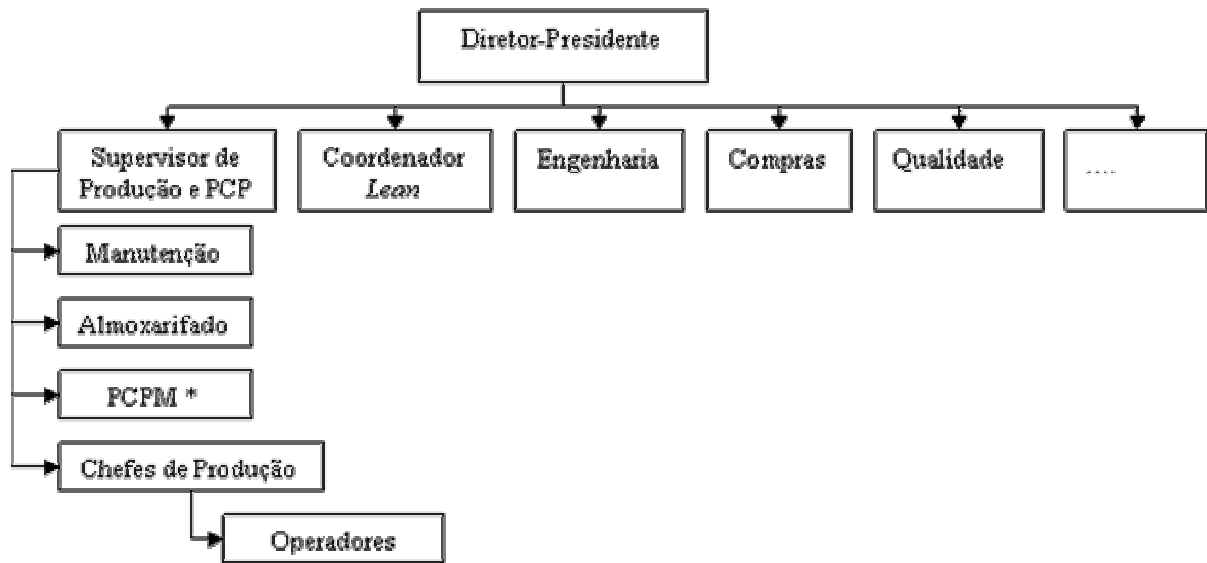
4.2.1 Descrição da empresa Alfa

A empresa Alfa atua no ramo de componentes para motores de partida, com clientes presentes na cadeia automotiva e na indústria de eletrodomésticos. Os três grandes mercados em que atua são a exportação para os Estados Unidos e América Latina (45% da demanda), montadoras de automóveis no Brasil (45%) e o mercado doméstico de reposição (10%). A empresa teve um faturamento em 2006 de cerca de R\$ 25 milhões e manteve cerca de 140 funcionários diretos. Os processos de fabricação utilizados pela empresa são variados, incluindo operações de misturas, fornos, prensas, sinterização, retíficas, soldas e montagens finais, além de algumas operações terceirizadas.

Em relação à PE, o grupo multinacional que assumiu o controle da empresa em 2002 impôs uma política de implantação desta filosofia de produção. A aplicação de conceitos e técnicas iniciou ainda em 2002, com treinamentos e *workshops* realizados por uma empresa de consultoria. Após o período de 10 meses de treinamento, a implantação passou a ser responsabilidade dos próprios funcionários da empresa. A empresa manteve um funcionário dedicado exclusivamente pelo processo de implantação da PE, desde 2003 até o ano de 2007. Tal funcionário possuía o cargo denominado pela empresa como coordenador *lean*.

Além disso, a aplicação da PE na empresa foi impulsionada quando a mesma participou, no ano de 2005, de um programa de desenvolvimento de fornecedores realizado por um dos seus maiores clientes, que atua no segmento automotivo. O objetivo do programa foi a capacitação em práticas da PE, contando com *workshops* teórico-práticos de treinamento, envolvendo temas como filosofia enxuta, 5 S, *poka-yokes*, manutenção preventiva total, sistema puxado, nivelamento de produção, mapeamento de fluxo de valor.

A Figura 13 ilustra o organograma da empresa em setores relacionados à manufatura, no início da pesquisa, no mês de Maio de 2007. Entretanto, após algumas semanas de trabalho, o cargo de coordenador *lean* foi abolido e um estagiário assumiu algumas atividades deste cargo, se reportando ao supervisor de produção e PCP. Vale ressaltar que o supervisor de produção e PCP gerencia três chefes de produção, um para cada setor da fábrica.



* Planejamento e Controle de Produção e Materiais

Figura 13: Organograma dos setores ligados à produção na empresa Alfa.

Em relação à planta industrial, o arranjo físico predominante é do tipo funcional, ou seja, a maior parte da fábrica (por exemplo, prensas, sinterização e retífica) está organizada em áreas que abrigam equipamentos com as mesmas funções. Os componentes manufaturados nessas áreas funcionais seguem dois fluxos distintos: parte segue diretamente para CM e parte segue para um arranjo físico funcional de equipamentos de solda ponto, para então seguir para as CM. Nas células, são realizadas as operações de montagem de componentes e novas operações de soldas ponto, sendo que algumas células ainda possuem operações de embalagens. As células que não possuem as operações de embalagens enviam os produtos a um arranjo físico funcional realizar essa operação. A família de produtos denominada porta-escovas é a única que passa por duas células.

A criação de células ocorreu no âmbito dos primeiros esforços de implantação da PE em 2003, com o objetivo de reduzir o *lead time* de fabricação. Anteriormente, toda a planta possuía arranjos físicos funcionais. Existe um tipo predominante de célula de manufatura na fábrica, projetado para receber de um a quatro operadores. Embora a seqüência das operações mude, todas as células possuem características similares a do caso 1, apresentada no item seguinte.

4.2.2 Descrição da célula do caso 1

A célula do caso 1 está localizada no setor montagem, sendo que um chefe de produção é responsável por cerca de 10 células neste setor, que conta com cerca de 40 operadores em dois turnos. A célula do caso 1 produz escovas para motores de partida e pode operar com um a três operadores. Um exemplo de produto montado na célula é demonstrado na Figura 14.



Figura 14: Exemplo de produto montado na célula do caso 1

Os operadores estão localizados no interior da célula, sendo que cada um deles realiza todo o conjunto de três operações em cada produto, caracterizando a existência de multifuncionalidade do tipo operação de múltiplos processos (ver capítulo 2). A Figura 15 ilustra a célula operando com duas pessoas e a Figura 16 apresenta o desenho do arranjo físico da célula. A produção inicia pela operação de solda ponto realizada em dois componentes adquiridos de fornecedores externos, que estão dispostos em contenedores. Em seguida, são montados outros componentes e, na segunda solda ponto, é feita a união com o bloco, componente fabricado internamente pelo setor de prensas. Os operadores realizam as atividades no sentido horário. O Circuito (ver item 2.2.3.6 do capítulo 2) é utilizado neste caso para a alocação do trabalho, pois cada operador realiza todas as operações em circuitos idênticos e completos, no sentido do fluxo de material. Além disto, as operações possuem um tempo de ciclo baixo (no máximo 20 segundos) e os operadores mantêm em mãos os produtos enquanto estes passam pelos dois processos de solda ponto.



Figura 15: A célula do caso 1 com dois operadores

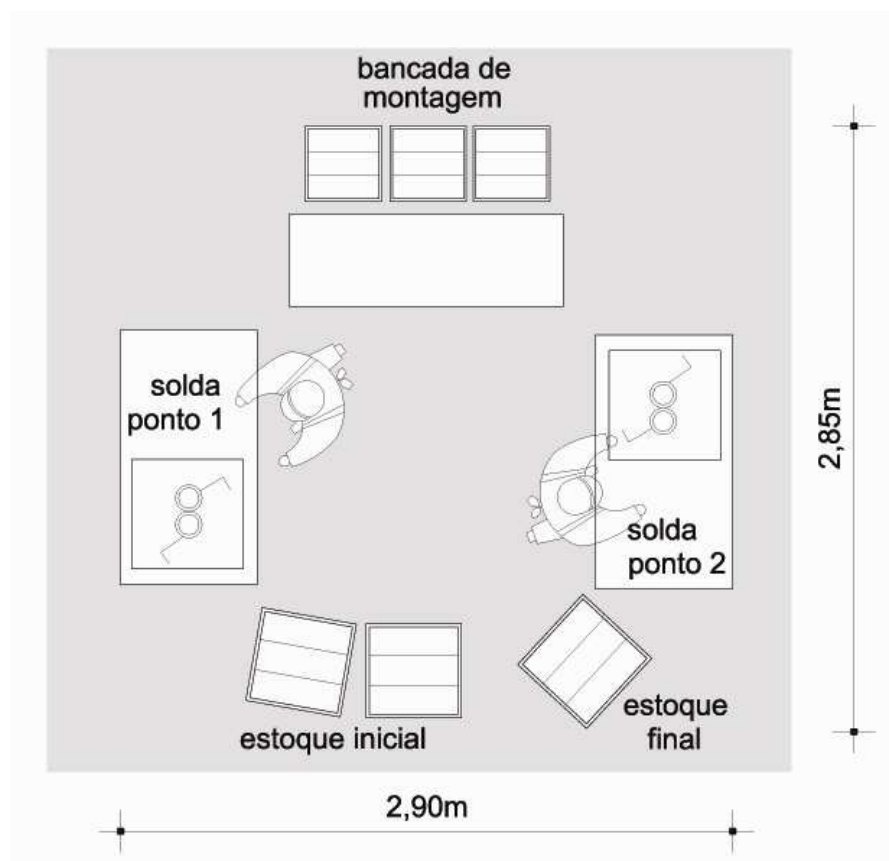


Figura 16: Arranjo físico da célula do caso 1

A construção da matriz de produto e processo indicou que as três operações da célula são realizadas em todos os 23 modelos que passam pela mesma, resultando em um índice de incidência intra-celular de 100,00% (ver a fórmula do índice no item 3.3.4.1).

A implantação da célula seguiu os passos propostos por Rother e Harris (2002), quais sejam: (a) definir a família de produtos; (b) calcular o *takt time*; (c) identificar as operações realizadas na célula, bem como os respectivos tempos manuais e tempos de máquina; (d) balancear os tempos de ciclo, já considerando a eliminação de operações que não agregam valor; (e) testar o arranjo proposto.

Em relação aos conceitos de CM, a célula apresenta grande aderência aos atributos qualificadores da CM definidos no capítulo 2. No âmbito da TG, conforme já comentado, há uma família de produtos bem definida passando pela célula, com etapas sequenciais e 100% de incidências intra-celulares. Em relação às conexões de espaço, percebe-se que a célula é compacta e possui equipamentos pequenos, ocupando cerca de 8 metros quadrados. A fácil visualização de operadores, estoques e equipamentos é uma vantagem não só para quem trabalha na célula, mas também para supervisores e outros funcionários que estejam fora da célula. As conexões de espaço, bem como as conexões de informação e tempo, também são fortalecidas pelo fluxo unitário e pela existência de apenas 3 operações. A alocação do trabalho em forma de Circuito (item 2.2.3.1 do capítulo 2) fortalece as conexões de tempo, visto que qualquer atraso de um dos operadores tem repercussão imediata no trabalho de todos os outros, induzindo os mesmos a colaborarem entre si.

Em contrapartida, o caso 1 deixa a desejar segundo o atributo organizacional. De um lado, os recursos da célula são administrados de maneira conjunta, com objetivos, metas e indicadores relativos ao trabalho de toda a célula ao invés de operadores e operações individuais. Por outro lado, os recursos humanos não são destinados exclusivamente à célula, pois os operadores realizam rodízio com as demais 9 células do setor.

4.2.3 Avaliação dos atributos qualificadores da PE no caso 1

4.2.3.1 Práticas de recursos humanos

No subsistema de recursos humanos, os atributos qualificadores estavam presentes em quatro das seis práticas. Entretanto, em apenas duas práticas os atributos estavam integralmente presentes e em outras duas eles estavam sendo utilizados parcialmente.

A organização do local de trabalho (prática 6) e a multifuncionalidade e rodízio (prática 3) foram consideradas como utilizadas de forma integral na célula. De fato, o programa de 5S estava implantado e coerente com os conceitos encontrados na literatura (ver capítulo 2). Por exemplo, o local de trabalho era visivelmente limpo e havia demarcação do local das bancadas, ferramentas e quadros com resultado de auditorias dos últimos seis meses.

A multifuncionalidade da força de trabalho foi facilitada pela simplicidade das operações, trazendo um ganho de flexibilidade para lidar com as variações de demanda e favorecendo o fluxo contínuo. Na entrevista com o chefe de produção, o mesmo relatou que acredita que os operadores preferem trabalhar nas CM em comparação com os arranjos físicos funcionais, em função do alargamento do trabalho. Em relação ao rodízio, a forma como o trabalho é realizado impossibilita uma avaliação no âmbito único da célula. Entretanto, se constatou a ocorrência de rodízio na medida em que os operadores realizam trocas de postos diariamente com operadores das demais células do setor. Vale salientar que as operações são similares em todas as células do setor.

A prática 4 (autonomia dos operadores) foi considerada parcialmente presente na célula. De um lado, os operadores são os responsáveis pelo controle das quantidades e qualidade dos produtos, sendo instruídos a parar a produção quando detectarem anormalidades. De outro lado, as solicitações de auxílio ao chefe de produção ou áreas de apoio são feitas verbalmente. Neste caso, a comunicação verbal é prejudicial, visto que o chefe de produção é encarregado de um grupo grande de células, além de tarefas administrativas, não estando normalmente nas proximidades da célula analisada. Já as áreas de apoio (manutenção, engenharia e qualidade) estão localizadas em uma outra área do mesmo prédio, sem contato visual com a célula. Em função dessas características, o chefe de produção reconhece que são comuns atrasos e

paradas por problemas de produção, que levam os operadores a deixarem a célula em busca do seu auxílio.

O formulário de operação padrão está localizado em um quadro junto à célula, qualificando a presença da prática 5, de padronização do trabalho. Embora os formulários apresentem a seqüência de produção, os tempos de ciclo e o *takt time*, algumas informações não estavam presentes, tais como: (a) o estoque padrão; e (b) o desenho do arranjo físico e seqüência de movimentação dos operadores. O formulário apresenta apenas tempos de operações manuais, uma vez que não há tempos em que a máquina trabalhe de modo automático, sem a intervenção do operador para manusear os componentes. Em relação ao estoque padrão, em um primeiro momento pode parecer que a célula não necessita deste indicador, visto que os operadores se movimentam transportando cada produto, fato que limita o estoque de produto em processo a apenas uma unidade por operador. Entretanto, este indicador engloba o estoque de produtos acabados e componentes, os quais também deveriam ter limites estabelecidos em uma célula enxuta. Em relação ao desenho do arranjo físico e seqüência de movimentação dos operadores, o mesmo teria pouca utilidade sob a perspectiva de orientação aos operadores, visto que os mesmos realizam um percurso simples e composto por três operações.

A prática 2 (melhoria contínua) e a prática 1 (trabalho em equipe e liderança) foram consideradas inexistentes. O chefe de produção, superior imediato aos operadores, relatou que não teria tempo para substituir algum operador na célula, em função de ser responsável por 40 pessoas e executar tarefas administrativas, tais como preenchimento e sequenciamento de ordens de produção, alocação de pessoal, levantamento de falta de componentes. Por um lado, a característica de cada operador realizar todas as operações sem a colaboração dos demais operadores reduz a importância do trabalho em equipe. Assim, absenteísmo não traz problemas aos demais operadores. Por outro lado, no caso de um operador ter problemas na execução das operações, como, por exemplo, uma quebra de máquina ou dificuldades na montagem, nenhum dos demais operadores poderá seguir realizando as suas atividades, resultando em uma dependência entre os operadores na célula. Apesar do auxílio mútuo que acontece em alguns momentos, o rodízio entre células e a forma de multifuncionalidade adotada prejudicam a caracterização do trabalho em equipe. O resultado é que a equipe acaba sendo caracterizada por todos os operadores do setor, não havendo equipes dedicadas a determinadas células. Além disso, a avaliação do trabalho dos operadores é feita de maneira

individual, sendo expressa por meio de uma nota de 1 a 10, atribuída pelo chefe de produção. Tal nota é baseada em critérios de absenteísmo, produtividade e motivação e contribui para definir a participação dos operadores nos lucros e resultados.

Em relação à prática 2 (melhoria contínua), nem os operadores nem o chefe de produção foram treinados em técnicas para solução de problemas e não conhecem a definição de causas raízes, embora algumas melhorias vinham sendo realizadas. Tais melhorias têm sido desenvolvidas no âmbito de atividades denominadas de momentos *kaizen*, os quais são baseados em oportunidades de melhoria identificadas pelo coordenador *lean* e não pelos operadores ou pelo chefe de produção. Apesar disto, os momentos *kaizen* envolviam um grupo com a presença de operadores, do chefe de produção e do coordenador *lean*, visando implantar melhorias de fluxo, gestão visual e padronização, dentre outras. Os operadores recebiam pontos pela participação em momentos *kaizen*, recebendo brindes em função disso. Os operadores ou chefes de produção não tinham autorização para realizar momentos *kaizen* por iniciativa própria e, segundo eles, desempenhavam papel secundário na escolha das ações, as quais eram centralizadas na figura do coordenador *lean*. Com a substituição do coordenador *lean* pelo estagiário, a empresa não havia definido como seriam realizadas as atividades de melhoria e solução de problemas.

4.2.3.2 Práticas de planejamento e controle de produção

Em relação às práticas ligadas ao planejamento e controle de produção, apenas uma delas era utilizada integralmente e outra de modo parcial. Em contrapartida, quatro das práticas não estavam presentes na célula.

A prática de gestão visual do controle de produção (prática 13) foi considerada como integralmente utilizada. Um quadro de preenchimento manual que indica a produção da célula por períodos de uma hora, com informações de quantidades planejadas, realizadas, saldo pendente e motivos de não atendimento, apresenta os atributos qualificadores desta prática.

Em relação à prática 11 (indicadores enxutos), o único indicador de desempenho utilizado alinhado com a filosofia enxuta é o *OEE*. Entretanto, um dos indicadores requisitados na avaliação (*lead time* de processamento) não é fundamental, uma vez que o tempo de

atravessamento (em torno de 1 minuto) não tem variações substanciais, em função dos seguintes motivos: (a) a já citada ausência de estoques intermediários; e (b) os tempos reduzidos das operações realizadas na célula (o maior tempo de ciclo estava em torno de 20 segundos) implicam em variações também pequenas. Os demais indicadores, relacionados à qualidade e de estoque planejado versus real, não são controlados.

A programação de produção se caracteriza pelo envio de ordens de produção do mês inteiro de uma só vez para a célula, ao seu processo cliente (setor de embalagem) e aos processos fornecedores, os quais, nesse caso, são o próprio setor de compras e o setor de prensas que produz os blocos, componente utilizado na célula. O chefe do setor no qual as células estão localizadas estabelece a seqüência das ordens de produção a partir da disponibilidade de componentes para a fabricação e, em seguida, agrupa as ordens em função das datas de embarques nos navios, no caso da exportação. No caso de outros mercados, as ordens de produção da célula são agrupadas apenas em função dos modelos. Conclui-se, então, que o nivelamento de produção (prática 8) não é utilizado, pois, segundo o chefe de produção, cada modelo de produto é produzido em ou dois lotes por mês.

Um sistema de supermercado com cartões *kanban* foi implantado em 2005 para conectar o processo fabricante de blocos com as células que os consomem. Entretanto, o sistema *kanban* na prática não funciona para disparar ou programar a produção, o que continua sendo realizado segundo a programação do PCP. Apesar disso, os cartões servem para identificar os lotes produzidos e para limitar a produção de blocos nas prensas a um número máximo estipulado pela máxima quantidade de cartões que circulam no sistema (essa quantidade corresponde a uma demanda média de três semanas). Ainda assim, os cartões *kanban* cumprem uma importante função da produção puxada, que é limitar o estoque de produto em processo. Outros setores da fábrica, como a embalagem, expedição e outras células, também tentaram utilizar o sistema puxado, porém igualmente sem sucesso.

Quanto aos locais de estocagem de produtos acabados e blocos, não há uma delimitação visual determinando um local padronizado para cada um dos modelos produzidos. Já o estoque de componentes comprados possui um local específico delimitado visualmente no almoxarifado, organizado segundo uma lógica primeiro que entra é o primeiro que sai. O almoxarifado recebe as ordens de produção e separa os componentes que serão utilizados em

cada uma das células no começo de cada dia. Os operadores então retiram e colocam os componentes comprados junto à célula. Há, no máximo, um dia de estoque junto à célula.

Assim, pode-se concluir que a prática 7 (produção puxada) também não é utilizada, já que a célula não produz conforme a demanda do seu processo cliente (setor de embalagem), nem recebe componentes de seus fornecedores segundo seu consumo real. De fato, embora a empresa use o termo supermercado para denominar o estoque de blocos, não é o consumo de peças deste estoque que determina qual o produto, quando e quanto deve ser produzido nas prensas. Segundo o chefe de produção, a falta de componentes comprados e de blocos acontece com frequência e gera alterações repentinas na programação da produção, bem como perdas de tempo para adequar os processos ao novo modelo a ser produzido. A Figura 17 ilustra o mapa do estado atual simplificado feito a partir da célula. Na parte superior do mapa está contido o fluxo de informação entre PCP, clientes e fornecedores externos, já a parte central, indica o envio das ordens de produção a cada um dos setores da fábrica. O símbolo ilustrado por um par de óculos são utilizados para identificar que as ordens de produção são revisadas e seqüenciadas de acordo com os chefes de setor, ou seja, estes possuem uma influência na programação da produção que é recebida pelos processos produtivos. Os demais símbolos do mapa do estado atual estão contidos no Anexo A.

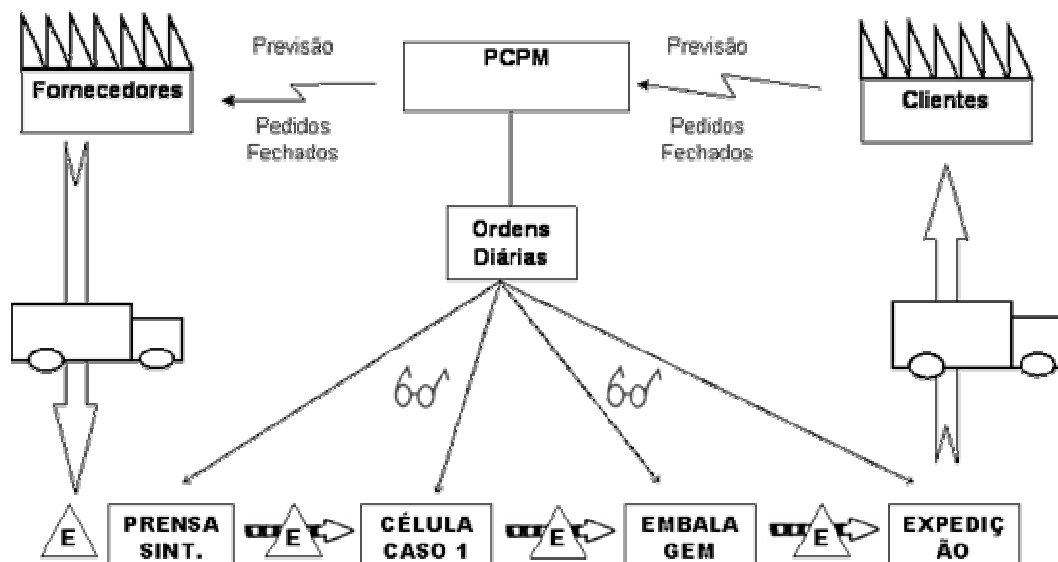


Figura 17: Mapa do estado atual simplificado da família de produtos que passa pela célula do caso 1

Outras duas práticas inexistentes são a troca rápida de ferramentas e a manutenção produtiva total (práticas 9 e 10, respectivamente). O *setup* da célula demora em torno de 10 a 20

minutos e é realizado pelos operadores, não havendo nenhum mapeamento ou padronização das atividades envolvidas. Segundo o chefe de produção, as trocas de modelo são frequentes, principalmente pela falta de componentes internos e externos que causam as paradas e, posteriormente, a troca de produtos se torna necessária. A manutenção dos equipamentos da célula é feita principalmente de maneira corretiva e emergencial. Além disso, os operadores não se envolvem em nenhuma atividade de manutenção, com exceção da limpeza das máquinas e da área de trabalho. O supervisor de produção, encarregado também pela manutenção, afirmou que nenhuma análise foi feita tendo em vista realizar manutenções autônomas, preventivas ou preditivas. O chefe de produção concordou que os *setups* demorados e a precariedade de manutenção eram dois graves problemas na célula, embora estes problemas fossem ainda mais graves nos setores que tinham uso mais intensivo de equipamentos, como o setor de prensas, processo fornecedor da célula.

4.2.3.3 Práticas de tecnologia de processo

Em relação à tecnologia de processo, dentre as seis práticas avaliadas, quatro delas foram consideradas como integralmente utilizadas e as outras duas como inexistentes.

A célula tem aderência total aos atributos qualificadores da prática 15 (fluxo unitário), em função da já citada alocação do trabalho em forma de Circuito, no qual os operadores transportam cada produto individualmente ao longo de todas as operações.

Três fatores contribuem para a dimensão compacta do arranjo físico: (a) os equipamentos de pequeno porte utilizados; (b) o tamanho do produto; (c) apenas três operações presentes na célula. O arranjo físico apresenta operações próximas umas das outras, o que reduz desperdícios de movimentação e facilita a comunicação verbal entre os operadores, atributo qualificador da prática 16. Entretanto, a distância máxima de apenas 1,5 m entre os operadores também pode ser negativa do ponto de vista das condições de trabalho, embora isso não tenha sido investigado. De outro lado, a ausência de barreiras físicas confere a visibilidade total dos operadores em relação a todas as operações, materiais e produtos acabados na célula. Deste modo, as práticas 15, 16 e 17, fluxo unitário, visibilidade e troca de informação e tamanho e forma do arranjo físico, respectivamente, foram consideradas integralmente utilizadas na célula.

Em relação à prática 18 (organização em fluxo dominante), os fluxos alternativos são inexistentes na medida em que todos os produtos seguem o mesmo fluxo. Os benefícios disso são a utilização homogênea dos equipamentos e a eliminação de estoques desnecessários. Deste modo, a prática 18 foi considerada como integralmente presente na célula.

Em contrapartida, a prática 13 (gestão visual do controle de qualidade) não é utilizada na célula nem em outros locais da empresa. Embora exista um setor de controle da qualidade, não existe nenhum quadro na fábrica que informe resultados de seu trabalho. A inspeção de características técnicas é realizada em laboratório na própria planta, para os blocos, produtos acabados e em componentes comprados. Enquanto nesses últimos a coleta de amostras é feita em todos os lotes, nos blocos e em produtos acabados as inspeções são realizadas em apenas alguns lotes. Além disso, há falta de investigação das causas raízes dos problemas de qualidade. Segundo afirmou o chefe de produção, os problemas de qualidade chegam a ser informados pelo setor de qualidade de duas a quatro semanas após o acontecimento. Na maior parte dos casos, os produtos ainda estão na fábrica, mas houve casos onde estes já haviam sido enviados aos clientes. O tempo decorrido para informar ao chefe de produção sobre o acontecimento de problemas de qualidade dificulta as ações corretivas.

A automação dos equipamentos (prática 14) não está implantada, visto que não há separação entre tempo homem e tempo máquina e não há nenhum dispositivo incorporado nas soldas ponto para detectar anormalidades. Os problemas de qualidade ou de produção são identificados pelos operadores apenas se forem evidentes em inspeções visuais realizadas pelos operadores no momento em que estão realizando suas tarefas.

4.2.3.4 Análise conjunta das práticas de PE

Em relação ao resultado geral da célula, foi identificada a presença de dez das dezoito práticas avaliadas. O resumo das características de cada prática na célula é apresentado na Figura 18.

Práticas de PE	Classificação na célula caso 1
1. Trabalho em equipe e liderança	■ Não utilizada
2. Melhoria contínua	■ Não utilizada
3. Multifuncionalidade e rodízio	■ Integralmente utilizada
4. Autonomia dos operadores	■ Parcialmente utilizada
5. Padronização do trabalho	■ Parcialmente utilizada
6. Organização do local de trabalho	■ Integralmente utilizada
7. Produção puxada	■ Não utilizada
8. Nivelamento de produção	■ Não utilizada
9. Troca rápida de ferramentas	■ Não utilizada
10. Manutenção produtiva total	■ Não utilizada
11. Indicadores enxutos	■ Parcialmente utilizada
12. Gestão visual do controle de produção	■ Integralmente utilizada
13. Gestão visual do controle de qualidade	■ Não utilizada
14. Automação de equipamentos	■ Não utilizada
15. Fluxo unitário	■ Integralmente utilizada
16. Visibilidade e troca de informação	■ Integralmente utilizada
17. Tamanho e forma do arranjo físico	■ Integralmente utilizada
18. Organização em fluxo dominante	■ Integralmente utilizada

■ Integralmente utilizada
■ Parcialmente utilizada
■ Não utilizada

Figura 18: Resultados da avaliação do uso das práticas de PE no caso 1

Considerando as interfaces entre as práticas, se pode afirmar que a prática 18 (organização segundo fluxo dominante) teve impacto positivo na prática 16 (visibilidade e troca de informações), visto que a existência de uma única seqüência de produção facilita a compreensão dos fluxos, uma vez que não há variações nos mesmos. A prática 15 (fluxo unitário), sendo utilizada em conjunto com a alocação do trabalho em forma de Circuito, facilitou a utilização das práticas 16 (visibilidade e troca de informações) e 17 (tamanho e forma do arranjo físico), por dificultar a formação de estoques de produto em processo dentro da célula.

Entretanto, a prática 1 (trabalho em equipe e liderança) foi prejudicada pelo rodízio de operadores entre as células, pois a célula varia constantemente de operadores, com frequência de duas vezes ao dia. O resultado é uma dificuldade de comprometimento dos operadores com o desempenho da célula. A deficiência na implantação da prática 1 também repercute nas atividades de melhorias, prática 2. De fato, a inexistência de uma equipe estável de operadores, que sejam avaliados pelo desempenho conjunto e colaborem entre si, reduz a motivação e capacitação para identificar e implantar as melhorias.

Por sua vez, a prática 13 (gestão visual do controle de qualidade) foi prejudicada pelas deficiências da prática 2, visto que a falta de cultura de melhoria contínua repercute na falta de análise de causas raízes da falta de qualidade. A prática 13 está vinculada, ainda, às práticas 4 (autonomia dos operadores) e 14 (autonomação de equipamentos). No caso da prática 14, a ausência de dispositivos *poka-yokes* implica em controle de qualidade exclusivamente feito com base em amostras. Já em relação à prática 4, a falta de um dispositivo visual que sinalize anormalidades, reduz o tempo de resposta às mesmas e não torna visível aos supervisores e colegas que um problema de falta de qualidade ocorreu, não criando pressão temporal para resolver o mesmo. Uma vez que não exista o registro sistemático dos problemas de qualidade nem cálculo das taxas de refugo (atributos avaliados na prática 11), também não há dispositivos visuais que exibissem essas informações (atributo avaliado na prática 13).

Os desempenhos das práticas troca rápida de ferramentas (prática 9), nivelamento de produção (prática 8) e produção puxada (prática 7) também podem ser correlacionados. A falta da prática 9, no caso dos blocos, faz com que a programação de produção dos mesmos vise reduzir o tempo total mensal do *setup* através da produção de modelos similares uma vez ao mês, gerando grandes lotes de produção. Tais grandes lotes de blocos são encaminhados às células independente da necessidade real das mesmas, que por sua vez também produzem em grandes lotes, o que está em conflito com a demanda de muitos clientes, que compram lotes pequenos. Os resultados dessa estratégia são as constantes paradas de produção na célula por falta de componentes, o que por sua vez gera trocas de modelo com mais frequência do que o necessário, segundo o chefe de produção. Em contraste a esses problemas, a célula apresenta características que tendem a facilitar a produção puxada e nivelada, tais como o curto tempo de processamento e a grande flexibilidade para lidar com variações de demanda.

Por fim, a prática 6 (organização do local de trabalho) facilita o trabalho dos operadores e reduz desperdícios de movimentação, mas não tem influência direta em determinada prática, sendo seu impacto disseminado em maior ou menor grau em todas as outras.

4.2.4 Reunião de *feedback* da célula do caso 1

Os resultados da avaliação foram apresentados ao grupo formado pelo supervisor de produção, o estagiário e o chefe de produção. Durante a apresentação, o grupo não indicou nenhuma discordância em relação aos dados levantados na pesquisa.

Durante a discussão, se observou que muitas das práticas não tinham sido cogitadas para implantação na célula, embora o grupo tivesse relatado já ter tido experiências com algumas das mesmas. Como exemplo, a troca rápida de ferramentas já tinha sido utilizada em uma prensa, fornecedora da célula. Entretanto, as melhorias não foram mantidas e nem disseminadas para outros equipamentos, possivelmente pela falta de padronização das atividades de troca.

Em relação ao sistema puxado, o grupo tinha conhecimento de que o sistema *kanban* não estava funcionando corretamente, tendo apresentado as seguintes justificativas: a) não havia comprometimento do setor de PCP, que programava a produção ignorando o sistema *kanban* e os operadores se sentiam pressionados a seguir a programação, pois os cargos de supervisor de produção e PCP eram exercidos pela mesma pessoa; b) os produtos cujos estoques eram gerenciados com *kanbans* foram escolhidos em função dos maiores volumes totais mensais, não levando em consideração a variabilidade de demanda de cada um. Idealmente, apenas os produtos com demanda mais estável deveriam ser gerenciados com *kanbans*; c) a gestão visual do estoque era prejudicada pelo aspecto confuso dos quadros de cartões *kanban* (Figura 19) e pelo número excessivo de cartões (cerca de 400) em circulação neste ponto da fábrica.



Figura 19: Quadro *kanban* de componentes fabricados internamente na empresa Alfa

Em relação à gestão da qualidade, o setor sofreu diversas mudanças de responsáveis nos últimos anos. No dia da reunião, a empresa contava apenas com um funcionário de nível técnico e buscava contratar um supervisor para o setor. Essa foi a razão que levou o grupo a concluir que o setor não têm estrutura para apoiar as ações sugeridas (por exemplo, investigar causas raízes) e o item foi considerado menos importante no momento.

Sobre o trabalho em equipe, o grupo afirmou não ter mais a estrutura para treinamento de operadores e organização dos eventos *kaizen*. Esta seria uma nova atribuição do estagiário, após a saída do coordenador *lean*. Entretanto, uma oportunidade de melhoria considerada viável foi estabelecer pequenas equipes de operadores, com duas, três ou quatro pessoas em cada, por exemplo, para os operadores trabalhassem sempre com os mesmos colegas de equipe. Assim, a medida em que se torne necessário aumentar ou reduzir o número de operadores através da alocação destes em alguma célula, as equipes inteiras seriam realocadas.

Em relação à manutenção produtiva total, o grupo indicou que um amplo programa de manutenções preventivas e preditivas ser inviável pela estrutura do setor de manutenção, em um primeiro momento. Entretanto, as ações de manutenção autônomas foram consideradas

como um passo inicial para liberar carga de trabalho da equipe de manutenção, a qual poderia se dedicar mais ao desenvolvimento de um programa de manutenção preventiva.

Após quatro meses da realização da reunião, o pesquisador retornou à empresa para identificar as alterações que haviam sido feitas na célula, conversando informalmente com o mesmo grupo que participou da reunião de validação. Segundo o grupo, havia sido aplicada a prática de troca rápida de ferramentas. Foi verificado que os tempos de ajustes de máquinas e troca de ferramentas (*setups* internos) eram pequenos quando comparados aos tempos de reposicionamento dos componentes (*setups* externos) que seriam usados para fabricar o novo modelo. Assim, como ação para reduzir o tempo de *setup* externo, um estoque dos componentes comprados necessários para um a dois dias de produção foi implantado junto às células. Tal estoque era gerenciado pelo almoxarife, reduzindo o tempo perdido pelos operadores para se deslocarem até o estoque central. A partir deste ponto, os esforços se concentraram para a aplicação da troca rápida de ferramentas nas prensas, com o intuito de facilitar a produção puxada de blocos. Isso contribuiu para viabilizar o sistema *kanban* para puxar a produção de blocos. Além disso, o quadro de cartões *kanban* foi reformulado e passou a apresentar as informações de modo mais claro, o que também foi facilitado pela redução do número de cartões *kanban*, agora aplicados somente para aqueles blocos com menores variabilidades de demanda. Os demais componentes, comprados, continuavam sendo fabricados segundo a programação mensal de produção. Segundo o grupo, o novo sistema *kanban* também estava apoiando o sequenciamento de produção nas prensas, uma vez que apresentava de forma clara as prioridades.

A presença das práticas 9 (troca rápida de ferramentas) e 7 (produção puxada), ainda que restritas ao componente fabricado internamente (blocos), alteram o resultado da avaliação realizada anteriormente, aumentando de 10 para 12 as práticas utilizadas, com 9 delas de forma integral.

4.2.5 Considerações finais do caso 1

O caso 1 demonstrou um resultado fraco de utilização de práticas da PE, considerando que a empresa realiza esforços de aplicação desta filosofia desde o ano de 2002. Em grande parte,

esse resultado decorre do modo pelo qual a PE foi implantada na empresa, como, por exemplo, a falta de apoio da alta direção e a dependência excessiva do coordenador *lean*.

Por exemplo, o organograma da empresa já indicava a falta de vínculo do gerente de manufatura com a aplicação das práticas de PE, evidenciando a falta de apoio da alta direção. O cargo de gerente de manufatura foi ocupado de 2002 a 2005 pela mesma pessoa, que deixava todas as atribuições relativas à PE sob tutela do coordenador *lean*, sem o apoio dos demais setores. Além disso, a principal motivação de implantação de PE esteve sempre voltada a imposições externas e não como uma iniciativa da própria planta. Desde o início do projeto, em 2002, a motivação foi a política global vinda da matriz no exterior, sem um apoio técnico, financeiro ou acompanhamento dessa na sua filial. Já a partir de 2005, a motivação também passou a ser satisfazer os requisitos de fornecimento de um dos seus principais clientes.

Sobre a figura do coordenador *lean* recaía toda a responsabilidade quanto à implantação das práticas de PE, contando com um mínimo apoio do supervisor de produção, indivíduo que exercia forte influência na fábrica em função de sua experiência. Os setores de apoio, que adquirem papéis importantes em diversas das práticas de PE, também não estavam comprometidos com as políticas de PE. Dentre os setores que sem dúvida exerceriam influência, podem ser citados o planejamento e controle de produção, manutenção, engenharia, qualidade e recursos humanos. Cabe salientar que membros desses setores constituíam a base do grupo que participou dos esforços de treinamento e capacitação em práticas enxutas, em 2002 e 2005. Entretanto, raros foram os casos nos quais operadores e chefes de produção estavam presentes nesses treinamentos. O resultado foi que, sem a presença do coordenador *lean*, nenhum funcionário tinha o conhecimento necessário para coordenar o processo de implantação da PE na empresa.

Em contrapartida ao fraco desempenho no subsistema de planejamento e controle de produção, os subsistemas de recursos humanos, tecnologia de processo e os conceitos de CM tiveram uma forte presença na célula. Este resultado pode ser vinculado ao guia utilizado para a criação das células, com base em Rother e Harris (2002). Tal guia, reúne uma série de métodos e ferramenta com o objetivo de criação de fluxo contínuo. Assim, seu enfoque principal é o arranjo físico, a família de produtos, a organização, alocação e padronização do trabalho dos operadores. A visão de CM utilizada no guia está focada no âmbito interno e

raramente engloba as relações com os demais elementos do sistema de manufatura de forma abrangente. Tal fato resultou na limitação de sua influência no subsistema de planejamento e controle de produção.

4.3 ESTUDO DE CASO 2

4.3.1 Descrição da empresa Beta

A empresa Beta é uma multinacional alemã com presença no Brasil através de duas plantas fabris instaladas na grande Porto Alegre, as quais fabricam capacitores elétricos. As duas plantas empregam cerca de 1600 funcionários diretos e o faturamento do ano de 2006 chegou aos R\$ 300 milhões. Os principais clientes são dos setores automotivo, eletrodomésticos e iluminação.

O arranjo físico da planta visitada é composto quase que exclusivamente de CM fortemente automatizadas, embora alguns arranjos funcionais realizem processamentos iniciais nas matérias-primas, como corte e preparação. Os produtos são então encaminhados dos arranjos funcionais para as CM, cada uma dedicada a uma família de produtos específica, realizando atividades de processamento até o produto acabado. Isso significa que os produtos não passam por mais de uma célula até se tornarem produtos acabados. A maior parte das células é composta por um ou dois operadores que realizam apenas as atividades de alimentação, manutenção e retirada de produtos dos equipamentos.

Do ponto de vista estratégico, a empresa nunca havia realizado um projeto ou esforço formal para a implantação de PE. Entretanto, algumas ações isoladas ao longo dos últimos 10 anos dos setores de qualidade e engenharia de processo foram realizadas com base em práticas de PE, tais como, projetos de 5 S, busca de causas raízes e incentivos a sugestões de melhorias.

4.3.2 Descrição da célula do caso 2

A célula do caso 2 é uma das maiores da fábrica, podendo operar com 9 a 11 operadores. No momento da avaliação, a célula operava com 9 pessoas. Ao total, essa célula possui cinco equipamentos, sendo dois de bobinagem, um de montagem, um de re-oxidação e um

resfriador. Existem também três bancadas, uma de teste e duas de embalagem. Um mecânico encarregado de atividades de manutenção nos equipamentos é destinado em tempo integral apenas para este arranjo físico.

O projeto da célula foi realizado em parceria com o fabricante das máquinas utilizadas na mesma, visando desenvolver máquinas flexíveis o suficiente para fabricarem uma família de produtos. Nesse caso, os produtos são os capacitores elétricos de maior diâmetro fabricado na planta, os quais têm produção total de 30.000 peças por dia, em três turnos. Um exemplo de produto fabricado na célula está presente na Figura 20.



Figura 20: Exemplo de produto fabricado pela célula do caso 2

Todos os 83 modelos de produtos têm o mesmo fluxo produtivo, passando pelos mesmos equipamentos na mesma seqüência, fato que resultou em um índice de incidência intra-celular de 100 %. A célula aparenta não possuir fortes conexões referentes aos elementos espaço, informação e tempo. Os postos são localizados distantes uns dos outros (mais de 10 metros, para alguns postos), em um arranjo físico de dimensões maiores (256 metros quadrados) do que os analisados nos demais casos nessa pesquisa, com uma visibilidade prejudicada por equipamentos de grande porte e estoques intermediários. As Figuras 21 e 22 demonstram o desenho do arranjo físico da célula e parte da célula do caso 2 em funcionamento, respectivamente. Em diversos pontos da célula se acumulam estoques de produtos, representando paradas no fluxo entre operações. Além disso, em um ponto quase central da célula (em destaque na Figura 21) está localizado um equipamento que não está sendo utilizado e que prejudica ainda mais a visibilidade. De outro lado, o atributo organizacional é atendido pelo gerenciamento único, com metas, objetivos e estrutura própria de operadores.

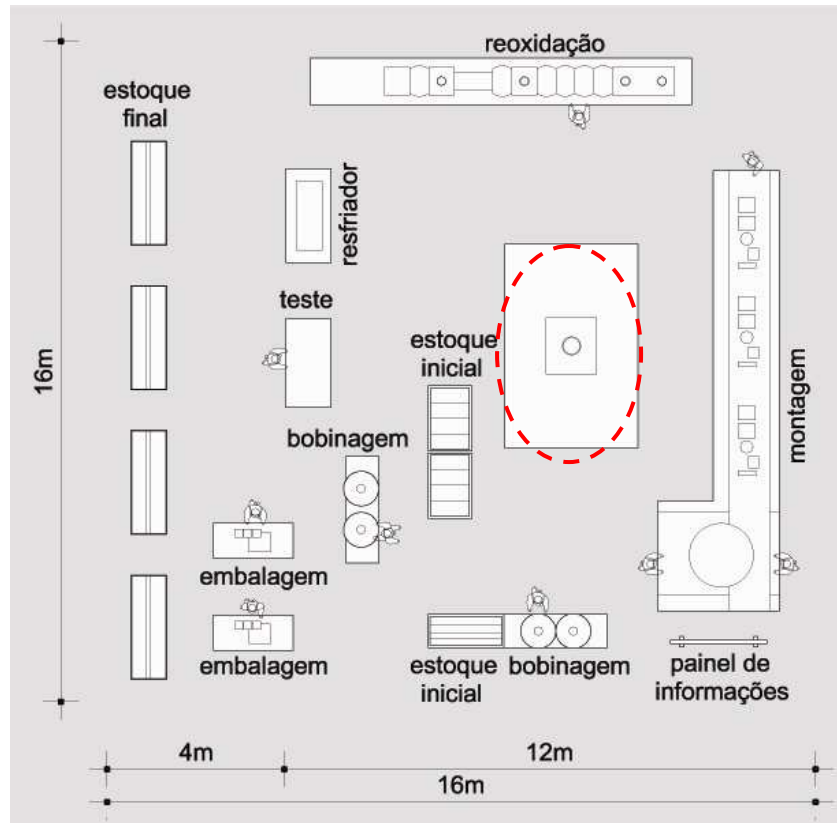


Figura 21: Arranjo físico da célula do caso 2

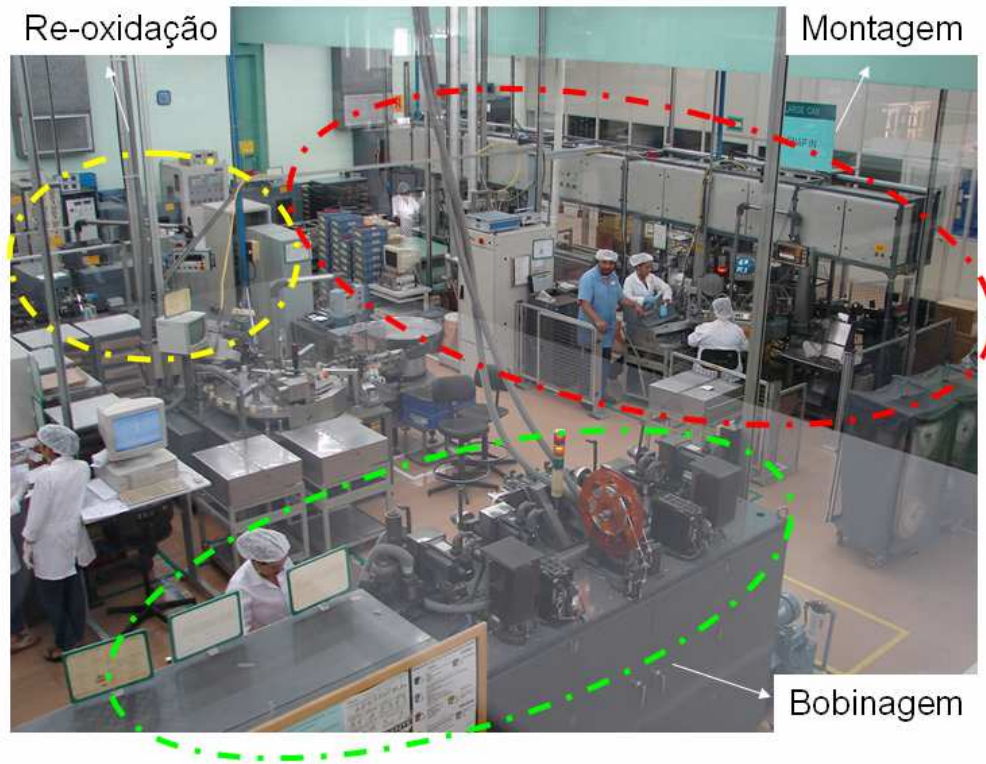


Figura 22: Vista panorâmica de parte da célula do caso 2

4.3.3 Avaliação da utilização das práticas de PE no caso 2

O resumo da avaliação das práticas de PE na CM do caso 2 é apresentado na Figura 23.

Práticas de PE	Características
1. Trabalho em equipe e liderança	O supervisor de produção auxilia na produção e em atividades de solução de problemas, mas não substitui operadores em sua ausência. O trabalho é avaliado segundo a equipe da célula de forma uniforme.
2. Melhoria contínua	Apenas dois dos dez operadores são treinados com ferramentas de solução de problemas e melhoria contínua (5 porquês e Pareto). As ações de melhorias são realizadas pelas áreas de engenharia de processo e qualidade, mas sem uma periodicidade estabelecida, ou seja, são esporádicas. Estas ações contam com a presença dos operadores.
3. Multifuncionalidade e rodízio	Apenas três dos nove operadores são multifuncionais em três postos diferentes do mesmo equipamento. Estes postos praticam rodízio de forma diária.
4. Autonomia dos operadores	Os operadores têm autonomia para identificar e controlar variações e estão autorizados a parar a produção. Há dispositivos que indicam da ocorrência de problemas. Não há um dispositivo visual para solicitar auxílio do supervisor ou outros setores.
5. Padronização do trabalho	Não apresenta um formulário de operação padrão. Na célula existe uma “norma para operações” (com, por exemplo, instruções de ligar, desligar e carregar cada equipamento), mas não apresenta as informações necessárias do formulário de operação padrão. Esta “norma” se encontra guardada em um armário junto à célula.
6. Organização do local de trabalho	O local é limpo, mas sem um programa formalizado de 5S. Há algumas demarcações, como local de componentes (fitas e rolos) e algumas bancadas.
7. Produção puxada	A programação de produção é enviada a cada 15 dias (contendo um período de um mês) a célula. As compras são feitas baseadas na programação mensal. O estoque de componentes não apresenta ponto de reposição ou estoque de segurança.
8. Nivelamento de produção	As ordens de produção relativas a demanda de um período de quinze dias são agrupadas para serem realizadas de uma só vez, visando a redução do número de <i>setup</i> no mês..
9. Troca rápida de ferramentas	Não apresenta o mapeamento das atividades de <i>setup</i> . O tempo de <i>setup</i> da célula pode levar de 45 min à uma hora, dependendo dos modelos.
10. Manutenção produtiva total	A manutenção corretiva e preventiva é realizada em todos os equipamentos da célula. Não há atividade de manutenção básica realizada por operadores.
11. Indicadores enxutos	Utiliza <i>OEE</i> e <i>FTT</i> na célula, mas as fórmulas não foram divulgadas. O <i>lead time</i> e o <i>WIP-TO-SWIP</i> não são calculados.
12. Gestão visual do controle de produção	Não apresenta um quadro de controle de produção. O controle de produção é realizado ao final do dia pelo supervisor de produção.
13. Gestão visual do controle de qualidade	O quadro de controle de qualidade que está localizado distante e sem visibilidade da célula. O quadro apresenta o controle estatístico amostral e um gráfico de Pareto para análise de problemas, mas sem os planos de ação para a solução dos problemas.
14. Autonomia de equipamentos	Há uma separação entre o tempo homem e o tempo máquina na maior parte dos equipamentos, não havendo apenas nas operações de embalagem. Apenas um equipamento possui dispositivos <i>poka-yokes</i> incorporados no processamento que param a produção e sinalizam. Não há reuniões para sugestão de novos dispositivos. Os equipamentos vieram do fabricante com os dispositivos, sendo que nenhum foi implantado pela empresa.
15. Fluxo unitário	Cinco das seis operações são realizadas em fluxo unitário. Nenhum transporte de produto em processo dentro da célula é feito através do fluxo unitário, apenas em lotes, com acúmulo de estoque entre todas as operações.
16. Visibilidade e troca de informação	Os seis operadores que trabalham na parte interna da célula têm uma visibilidade e possibilidade de troca de informações sonoras entre as operações e estoques. Os demais não apresentam estas características.

17. Tamanho e forma do arranjo físico.	A forma não compacta do arranjo físico com postos localizados de maneira distante no arranjo físico. Dimensão não permite troca de materiais entre a maioria dos operadores.
18. Organização em fluxo dominante	Todos os produtos fabricados passam pelos mesmos processos seguindo o mesmo fluxo de produção.

■ Integralmente utilizada
 ■ Parcialmente utilizada
 ■ Não utilizada

Figura 23: Características das práticas de PE no caso 2

No caso 2, foi identificada a presença integral de apenas uma prática, outras nove foram classificadas como parcialmente utilizadas e as oito demais eram inexistentes. A única prática que estava inteiramente presente (organização em fluxo dominante) decorria do já citado fato do projeto das máquinas ter objetivado a flexibilidade de alteração de *mix* de produção da família de produtos.

4.3.4 Reunião de *feedback* do caso 2

A reunião de *feedback* e validação dos resultados evidenciou a falta de maturidade e conhecimento da empresa sobre a PE. Os membros da empresa presentes na reunião desconheciam a maioria das práticas de PE apresentadas, como, por exemplo, troca rápida de ferramentas, fluxo unitário, nivelamento de produção, produção puxada, entre outras. Algumas questões de funcionamento, terminologia e benefícios das práticas, introduzidas pelo pesquisador, nortearam as discussões e o momento pouco acrescentou à pesquisa.

Em relação ao resultado de aplicação parcial de algumas práticas, como a 1 (trabalho em equipe e liderança), 3 (multifuncionalidade e rodízio), 4 (autonomia de operadores) e 16 (visibilidade e troca de informações), o grupo concluiu que as ações foram aplicadas em função de uma necessidade de busca de melhores resultados na célula, sem uma preocupação explícita na implantação da PE.

Assim, os resultados do caso 2 indicaram a fraca utilização das práticas de PE, derivada da ausência de um esforço de implantação. A falta de conhecimento dos representantes da empresa sobre PE resultou em dois aspectos contrastantes: a) a impossibilidade de discussão aprofundada da aplicabilidade e benefícios das práticas de PE no presente momento; e b) o

reconhecimento do alto potencial de crescimento no desempenho das CM de toda a fábrica que a implantação de práticas de PE pode gerar.

4.4 ESTUDOS DE CASO 3 E 4

4.4.1 Descrição da empresa Gama

A empresa Gama é subsidiária de uma empresa multinacional que produz sistemas de exaustão. Em 2006, o faturamento da unidade fabril investigada, situada no Rio Grande do Sul, foi de R\$ 25 milhões. Em sua planta em São Paulo está concentrada a maior parte da produção, atendendo a clientes no Brasil e no exterior. A planta estudada está situada no condomínio industrial de uma montadora de automóveis, atendendo exclusivamente a este cliente com dois modelos de sistemas de exaustão. Dentre os 39 funcionários da planta estudada, 22 são operadores que trabalham no chão-de-fábrica.

Apenas duas células compõem o sistema de manufatura da planta estudada, sendo que uma delas, a célula de tubos (caso 3), fornece para a outra, a célula de solda (caso 4). Em outro pavilhão, são realizadas as operações de inspeção final e embalagem. O volume de produção da fábrica é de cerca 800 produtos por dia, sendo que a primeira célula opera em dois turnos e a segunda em três. Toda a organização da produção desta planta foi desenvolvida especialmente para atender a demanda da montadora. Segundo as entrevistas, ambas as células foram desenvolvidas com a participação e sugestões dos operadores. A última alteração do arranjo físico foi feita no ano de 2006, quase um ano antes desta pesquisa.

A empresa possui um programa denominado de 20 chaves há mais de 10 anos, por meio do qual as plantas industriais são avaliadas em relação à gestão da produção e recebem pontuações em vários indicadores de desempenho. Segundo o supervisor de produção, embora o programa não seja específico de PE, 8 dos 20 indicadores estão relacionadas a práticas enxutas. Não há nenhum setor ou responsável pela aplicação de conceitos de PE na planta, embora o supervisor de produção tenha afirmado que na planta de São Paulo há esforços maiores de utilização da PE.

Entretanto, a missão do condomínio industrial que está situada à planta faz menção à PE para todos os membros, montadora e fornecedores, sendo definida como: “produzir veículos de baixo custo e alta qualidade que enfatiza as práticas de PE e utiliza o conceito de fornecimento de sistemas, com total participação dos fornecedores em todas as fases do programa...” (CONVERSANI, página 61, 2008).

4.4.2 Descrição da célula do caso 3

A célula 3 opera com um ou dois operadores, sendo que, no período da avaliação, operava com apenas um funcionário. Os três equipamentos realizam processos de dobra (CNC), corte, expansão e calibre. Existe ainda uma bancada na qual é feita a inspeção final. A célula utiliza apenas componentes comprados e fornece três produtos diferentes que são utilizados na célula do caso 4. Estes três produtos são utilizados para a fabricação de cada um dos dois modelos de sistemas de exaustão produzidos pelo caso 4. A célula caso 3 fabrica em média 2586 produtos por dia, sendo que a Figura 24 mostra o seu arranjo físico.

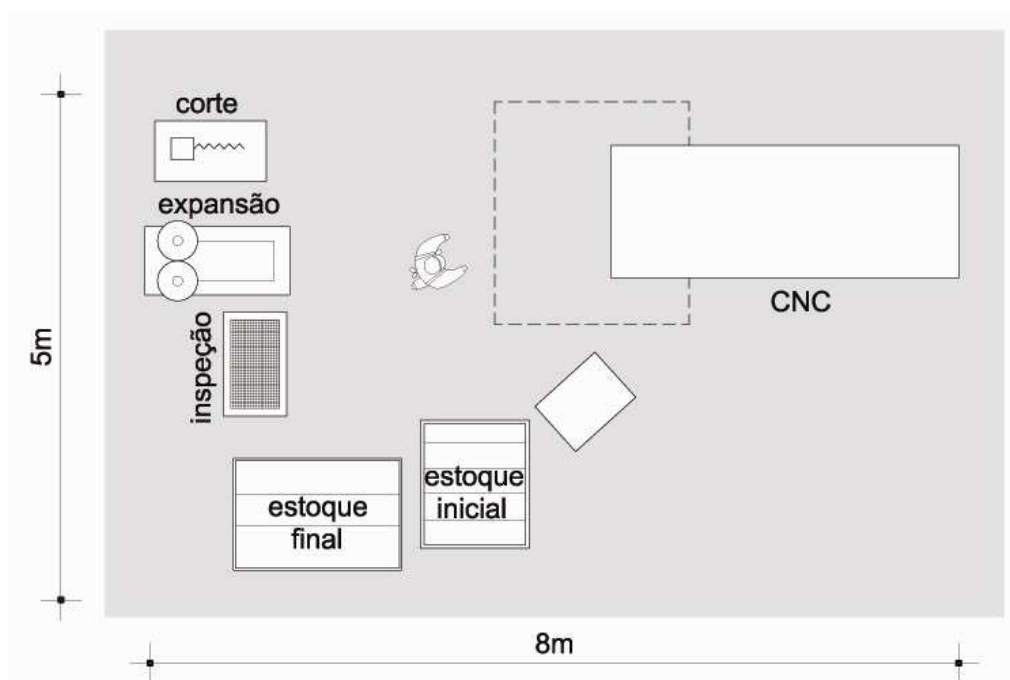


Figura 24: Arranjo físico da célula do caso 3

A Figura 25 mostra uma vista panorâmica da célula. Entretanto, nesse momento ela estava operando com dois operadores, diferente de como foi avaliada.



Figura 25: A célula do caso 3 em vista panorâmica

Os atributos qualificadores das CM apresentados no capítulo 2 são atendidos no caso 3. Em relação à TG, embora existam quatro etapas sequenciais para fabricar os três modelos produzidos, os fluxos de cada produto são variáveis, resultando em um índice de incidência intra-celular de 66,99 %. Esta taxa é resultado de dois produtos passarem por três operações e um produto passar por apenas duas operações, como ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2: Matriz de produto e processo no caso 3

Processos / Produtos	Produto 1	Produto 2	Produto 3
Dobra	1	1	1
Corte	1		
Expansão		1	
Inspeção	1	1	1

De outro lado, as conexões de tempo entre as operações são bastante fortes na célula, visto que a produção e o transporte de produtos em processo são feitos sempre de forma unitária. As conexões de informação também são fortes, havendo tanto facilidade de acesso à informação por parte dos operadores, quanto por parte de quem está fora da célula, sendo possível facilmente identificar a disponibilidade de recursos, equipamentos e estoques. As conexões de informação também são auxiliadas pela ausência de barreiras visuais, a

proximidade física dos equipamentos, poucas operações e arranjo físico compacto, o que evidencia a presença das conexões de espaço. Em relação ao atributo organizacional, a célula consiste em uma unidade administrativa com operadores (um em cada turno) metas e objetivos próprios.

4.4.3 Descrição da célula do caso 4

A célula do caso 4 inclui a maior parte dos processos realizados na planta (há seis operadores por turno nessa célula), envolvendo dez operações realizadas em sete soldas automáticas, duas soldas manuais e em uma bancada de inspeção. Um desenho do arranjo físico da célula pode ser visto na Figura 26. A saída de produtos acabados é feita pela parte esquerda da célula, em uma estrutura metálica móvel denominada de “dolly”.

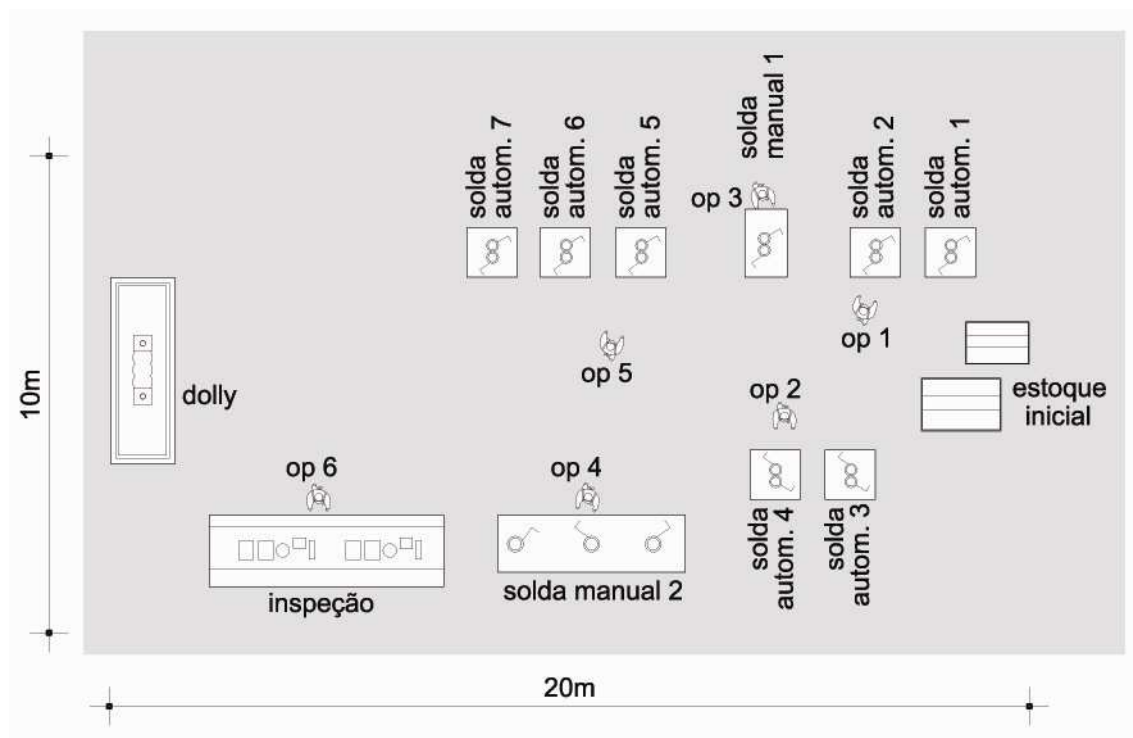


Figura 26: Arranjo físico na célula do caso 4

A Figura 27 mostra uma vista da célula a partir do local de entrada de alguns componentes, que aparecem em primeiro plano.

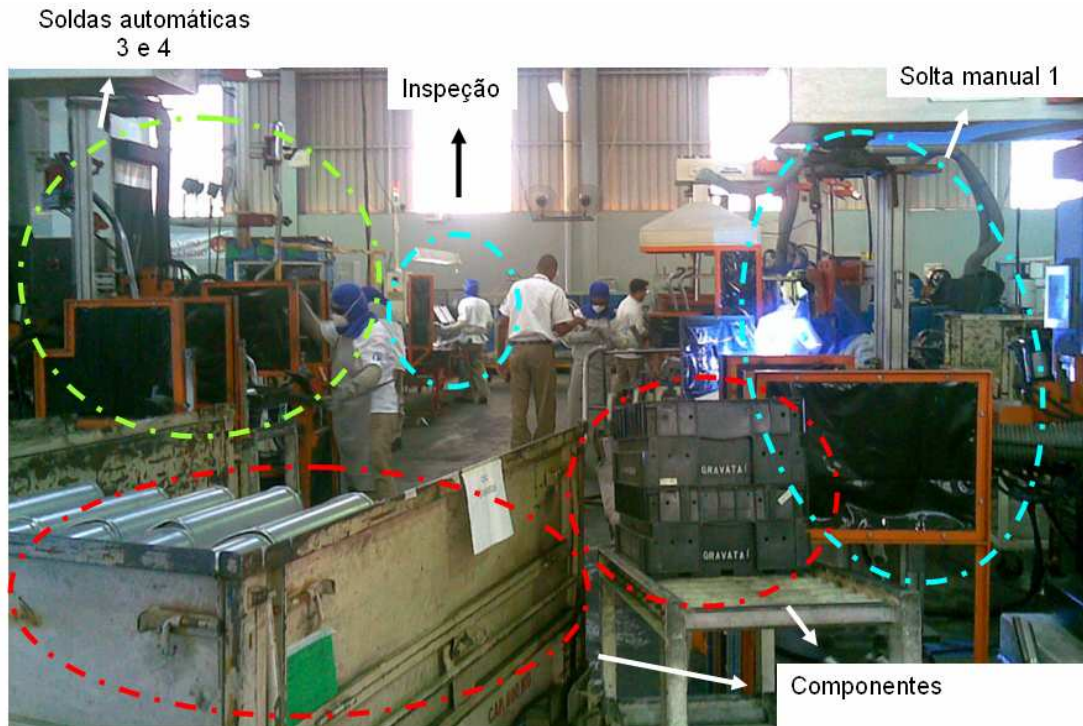


Figura 27: Vista oposta a saída de produtos acabados na célula do caso 4.

A Figura 28 mostra a vista da saída dos produtos acabados da célula, onde, em primeiro plano, estão alguns produtos acabados, os sistemas de exaustão, da maneira em que são enviados ao cliente.



Figura 28: Vista da saída de produtos acabados na célula do caso 4.

Quanto aos atributos qualificadores da CM, a TG está caracterizada pela dedicação dos recursos a uma família, de apenas dois produtos, que necessita de todos os equipamentos, com um índice de incidências intra-celular de 100%. As conexões de espaço são um pouco prejudicadas pelo tamanho e quantidade de equipamentos, bem como pela dimensão dos produtos fabricados na célula (cerca de 3 metros de comprimento), que resultam em um arranjo físico de 200 metros quadrados. Já as conexões de tempo, estas estão caracterizadas pelo fluxo unitário de peças produzidas e transportadas, havendo apenas um local em que esse fluxo é interrompido pelo acúmulo de estoques. Entretanto, este acúmulo não causa grandes esperas e tempos de transferência, pois não permite uma grande quantidade de produtos estocados. Tanto os estoques quanto os aspectos ligados ao elemento espaço não prejudicam as conexões de informação, garantindo a comunicação entre operadores, bem como, o acesso ao status de operações e produtos dentro da célula. Os 6 operadores estão dentro do número ideal para o trabalho em equipe (ver capítulo 2). Quanto ao atributo organizacional, a célula apresenta os mesmos atributos do caso 3, tendo um grupo de indicadores, metas e objetivos definidos de forma conjunta para toda a célula.

4.4.4 Avaliação da utilização das práticas de PE nos casos 3 e 4

As características de cada uma das práticas de PE nas células dos casos 3 e 4 estão contidas nas Figuras 29, 30 e 31, conforme os subsistemas de recursos humanos, planejamento e controle de produção e tecnologia de processo, respectivamente. A descrição de algumas práticas é realizada de forma conjunta para os dois casos para facilitar o entendimento.

Subsistema de Recursos Humanos		
Práticas de PE	Características do caso 3	Características do caso 4
1. Trabalho em equipe e liderança	O líder de produção auxilia na resolução de problemas e substitui operadores quando necessário. A avaliação do trabalho dos operadores é feita da equipe como um todo, baseado no desempenho da célula. A célula possui apenas um operador por turno.	Idem ao caso 3, mas a célula apresenta uma equipe de 6 operadores.
2. Melhoria contínua	Há reuniões semanais de 1h com um operador coordenando em cada semana. Nas reuniões são discutidos problemas de qualidade e melhoria contínua, com a presença dos operadores dos dois turnos e o líder. Os dois operadores têm conhecimento de ferramentas da qualidade como Diagrama de Ishikawa, Pareto e 5 Porquês.	Idem ao caso 3, mas as discussões são feitas com a equipe de cada turno em separado. Os operadores dos dois turnos têm conhecimento das ferramentas de qualidade.
3. Multifuncionalidade e rodízio	Um operador na célula realiza todas as operações. Existe a multifuncionalidade, entretanto, prejudicada por estar vinculada a apenas um operador. O operador não realiza rodízio com a outra célula.	Mais de 80% dos operadores estão treinados para ocupar em todos os postos de trabalho, sendo que os outros 20% estavam em treinamento. Uma folha de controle do rodízio é preenchida para organizar as trocas três vezes por turno.
4. Autonomia dos operadores	O operador tem autonomia para identificar e controlar variações e está autorizado a parar a produção. A última operação da célula é um dispositivo manual para controle de qualidade em relação a dimensões, realizada em todos os produtos da célula. Não há um dispositivo visual para solicitar auxílio do líder ou de outros setores.	Idem ao caso 3 em relação a autonomia dos operadores em identificar e controlar variações e parar a produção. No caso 6, há um dispositivo visual na última operação para chamar a manutenção ou do líder, quando necessário.
5. Padronização do trabalho	O formulário de operação padrão está visível ao operador em um quadro de informações junto à célula. Existe um formulário para cada um dos três modelos produzidos. O formulário apresenta as informações de <i>takt time</i> , tempo de ciclo, separação de tempo homem e tempo máquina, seqüência de produção e diagrama de trabalho. O estoque padrão não é informado.	Idem ao caso 3, mas há apenas um formulário genérico para os dois modelos, já que a movimentação dos operadores, tempos e seqüência de atividades não se alteram de acordo com os modelos.
6. Organização do local de trabalho	A célula tem o programa 5 S com todas as premissas. A demarcação do local próprio para os equipamentos, caixas de componentes, produtos acabados, ferramentas e quadros visuais, além, de um local limpo. A auditoria é feita a cada dois meses e os resultados estão em um quadro visual localizado em uma área de convivência a 15 metros de distância da célula.	Idem ao caso 3, mas o resultado está próximo a célula, cerca de 2 metros.

■ Integralmente utilizada
 ■ Parcialmente utilizada
 ■ Não utilizada

Figura 29: Características do subsistema de recursos humanos nas células dos casos 3 e 4

Subsistema de Planejamento e Controle de Produção		
Práticas de PE	Características do caso 3	Características do caso 4
7. Produção puxada	O estoque de todos os componentes comprados possui um cartão para determinar o nível de estoque de segurança. Entretanto, estas informações não são utilizadas para compra de componentes, ou seja, não determina qual, quando e quanto comprar. A compra e a programação de produção são feitas de acordo com a programação mensal. O líder envia as ordens de produção diariamente de maneira verbal para todos os postos do caso 4 e para o caso 3. O estoque de produtos produzidos pelo caso 3 que são fornecidos ao caso 4, não apresenta uma localização determinada visualmente (indicaria onde colocar os modelos) e não há indicativos visuais para determinar situação dos estoques, em relação a quando, quanto ou quais os produtos necessários. No caso 4, o estoque de produto acabado localizado em outro pavilhão apresenta localização específica e ordenamento, mas não há indicativos visuais para determinar situação dos estoques, em relação a quando, quanto ou quais os produtos necessários. O MFV simplificado agrega informações à situação da produção puxada (figura 32).	
8. Nivelamento de produção	Todos os dias são produzidos os três modelos diferentes fabricados na célula.	Todos os dias são produzidos os dois modelos diferentes fabricados na célula.
9. Troca rápida de ferramentas	Os dois equipamentos necessitam de <i>setup</i> para troca de modelos. O tempo para <i>setup</i> está em cerca de 20 minutos para toda a célula. Um <i>check-list</i> descreve as atividades necessárias, estando posicionado no quadro de informações. Entretanto não há diferenciação entre atividades internas e externas do <i>setup</i> .	Idem ao caso 3 em relação ao <i>check-list</i> , entretanto, apenas um equipamento necessita de <i>setup</i> para troca de produtos. Este tempo de <i>setup</i> é de menos de 1 minuto e, por não ser no processo gargalo, não afeta a produção da célula.
10. Manutenção produtiva total	O operador realiza pequenas tarefas de manutenção previstas em um <i>check-list</i> . Existe uma equipe de manutenção que conduz a manutenção preventiva em todos os equipamentos.	Idem ao caso 3, mas para todos os operadores.
11. Indicadores enxutos para a medição de desempenho	Os indicadores de tempo de atravessamento e de qualidade na fonte e <i>OEE</i> são utilizados. O controle do estoque planejado versus real não é feito para cada célula, mas, para toda a fábrica. O indicador de qualidade é feito por kg no caso de refugo e horas de trabalho no caso de re-trabalho, não de forma conjunta. Quanto ao <i>OEE</i> , este segue uma fórmula similar ao capítulo 2, entretanto, no indicador de qualidade, são levados em consideração apenas os defeitos gerados pelos equipamentos. No mês analisado o resultado do <i>OEE</i> no caso 3 foi de cerca de 66% no mês e de 93,6% no caso 4.	
12. Gestão visual do controle de produção	Não há um quadro de controle de produção. O controle do planejamento de produção versus a produção realizada é feito ao final a cada hora pelo operador. Ao final de cada turno, o líder realiza o registro dos dados. Os atrasos e motivos são registrados e arquivados.	Idem ao caso 3, mas quem faz o registro é a última operação da célula.

■ Integralmente utilizada
■ Parcialmente utilizada
■ Não utilizada

Figura 30: Características do subsistema de planejamento e controle de produção nas células dos casos 3 e 4

Subsistema de Tecnologia de Processo		
Práticas Avaliadas	Características do caso 3	Características do caso 4
13. Gestão visual do controle de qualidade	O quadro de gestão visual da qualidade apresenta o resultado de ferramentas de controle de qualidade de inspeção em 100% dos produtos, causa raiz e um gráfico de Pareto para os defeitos encontrados. Os planos de ações não são informados nestes quadros. O quadro está localizado a uma distância de 15 metros da célula.	Idem ao caso 4, mas o quadro está localizado a cerca de 3 metros da célula.
14. Automação de equipamentos	Em relação aos equipamentos, há separação entre os tempos homem e tempo máquina nos equipamentos, mas sem dispositivos incorporados no processamento para detectar ou prevenir defeitos. Já na bancada de inspeção, não ocorre esta separação, a medida que a detecção de defeitos é feita manualmente através de um gabarito dos modelos posicionado sobre a bancada.	Há separação homem-máquina nos equipamentos de soldas automáticas, mas não na solda manual. Nas soldas automáticas não foi encontrado nenhum dispositivo que detecte ou previna defeitos. Apenas um equipamento, que realiza a inspeção final, possui dispositivos que detectam defeitos de modo independente do trabalho do operador. O dispositivo indica o resultado da inspeção de maneira visual (uma lâmpada acesa) ao operador.
15. Fluxo unitário	Todas as operações e os transportes dentro da célula são realizados através de fluxo unitário, sem a possibilidade de acúmulo de peças entre etapas.	Idem ao caso 4, entretanto, há um ponto que permite o acúmulo de mais de uma peça entre operações. O transporte é feito de maneira unitária.
16. Visibilidade e troca de informações.	O operador tem visibilidade de toda a célula, operações, equipamentos e componentes utilizados.	Todos os operadores têm visibilidade de toda a célula, operações e componentes. A troca de informações sonoras é possível com todos os demais operadores, entretanto, dificultada pela necessidade de utilização de EPIs (em virtude do perigo relacionado aos processos de soldagem).
17. Tamanho e forma do arranjo físico.	A célula opera com apenas um operador, impossibilitando a troca de informações e materiais. Entretanto, o arranjo físico permite o trabalho de mais um operador, se necessário.	A dimensão e arranjo físico resultam na possibilidade de troca de materiais entre operadores (distância de até dois metros segundo o arranjo físico) da seguinte forma: Op 2 e Op 4 com 80% dos demais; Op 1 e Op 5 com 60% dos demais; e Op 3 e Op 6 com 40% dos demais.
18. Organização em fluxo dominante	Os três produtos que são produzidos na célula passam por diferentes operações. 1=Dobra; 2=Corte; 3=Expansão; 4= Inspeção. Um deles passa pela operação 1,2 e 4; outro pela 1,3 e 4; e outro pela 1e 4.	Os dois produtos que são produzidos na célula passam por todas as operações, seguindo o mesmo fluxo.

■ Integralmente utilizada
■ Parcialmente utilizada
■ Não utilizada

Figura 31: Características do subsistema de tecnologia de processo nas células dos casos 3 e 4

De maneira geral, um grande número de práticas está sendo utilizado em ambas as células, com o caso 4 tendo um número maior de práticas utilizadas que o caso 3. No caso 4, dezesseis práticas estavam presentes dentre as dezoito avaliadas, onde dez atenderam inteiramente aos atributos qualificadores. Já na célula do caso 3, foram quinze práticas presentes, com sete destas inteiramente utilizadas.

Em relação ao subsistema de recursos humanos, ambos os casos apresentam uma forte maturidade em relação ao uso de práticas de PE, com todas as práticas utilizadas nos dois casos, com apenas uma de maneira parcial no caso 4 e quatro parciais no caso 3. Em relação ao subsistema de tecnologia de processo, o resultado foi um pouco diferente entre as células, sendo que o caso 4 teve todas as seis práticas utilizadas, mas quatro delas de modo parcial. Em contrapartida, o caso 3 demonstrou uma prática não utilizada, duas parciais e três integrais.

No caso 4, o trabalho em equipe (prática 1) e a multifuncionalidade (prática 3) proporcionam flexibilidade para lidar, por exemplo, com o absenteísmo e variações de demanda. Ações em favor do controle de qualidade zero defeito também estão presentes no caso 4, na medida em que: (a) a prática 14 (autonomação de equipamentos) possibilita a identificação de problemas de qualidade em 100% dos produtos, apesar dos equipamentos apenas detectarem estes problemas ao invés de prevenirem; (b) a prática 4 (autonomia dos operadores) confere a autonomia de chamar o líder (prática 1) e áreas de apoio, assim que o problema foi detectado; (c) as práticas 1 (trabalho em equipe e liderança) e 3 (multifuncionalidade) permitem que os operadores conheçam todas as operações e tenham um comprometimento em sanar os problemas da célula; (d) a prática 2 (melhoria contínua) permite que os operadores participem na busca de soluções para os problemas; (e) a prática 13 (gestão visual do controle de qualidade) re-alimenta o processo, na medida em que garante que estes esforços sejam informados a todos, que tenham sido analisadas e divulgadas as causas raízes e as ações para solucionar os problemas encontrados.

Já a célula do caso 3 apresenta dificuldades decorrentes da utilização de apenas um operador, dentre elas os maiores prejuízos são causados pelo absenteísmo (visto que a célula pode parar), bem como a dificuldade de requisitar o auxílio de outros operadores. Em relação ao controle de qualidade zero defeitos, ficam evidentes algumas limitações, tais como: (a) a falta de dispositivos para prevenção e detecção de defeitos incorporados às máquinas; (b) o parcial

atendimento da prática 4 (autonomia dos operadores) visto que não há dispositivos para chamada de auxílio imediato do líder ou da manutenção (além disso, o líder é responsável pelas duas células e tarefas burocráticas); (c) a presença parcial da prática 1 (trabalho em equipe e liderança), com apenas um operador, faz com que não haja outros operadores para auxiliar na busca imediata pela solução de problemas.

Em relação ao arranjo físico do caso 4, o tamanho dos produtos (chega a 3 metros nas últimas etapas) e a quantidade de operações (dez equipamentos e seis operadores) prejudicaram o uso da prática 17 (tamanho e forma do arranjo físico) e em consequência também à prática 16 (visibilidade da célula e troca de informações), apesar da já citada minimização do impacto sobre as conexões de tempo e informação. Apesar dessas dificuldades, outras práticas auxiliam no atendimento parcial da prática 17 e integral da prática 16, dentre elas: (a) a prática 18 (organização em fluxo dominante), que possibilita fluxos idênticos onde os dois modelos passam pelas mesmas operações; (b) a prática 15 (fluxo unitário), mesmo atendida parcialmente, garante o baixo nível de estoque de produto em processo.

Por outro lado, no caso 3, a variedade de produtos diferentes acabou prejudicando a prática 18 (organização em fluxo dominante), mas sem repercussão na utilização da prática 16 (visibilidade da célula e troca de informações). Tal fato é atribuído a ausência de produtos de grandes proporções, apenas um equipamento de maior dimensão (mais de 3,5 metros de comprimento, enquanto os demais apresentam menos de 1,5 metro) e poucas operações, no caso 3. A prática 17 (tamanho e forma do arranjo físico) também é facilitada por estes aspectos, pois a mesma está projetada para abrigar mais operadores, se necessário.

O subsistema de planejamento e controle de produção teve desempenho semelhante nos dois casos, onde dentre as seis práticas avaliadas, duas foram classificadas como não utilizadas.

Em relação à produção puxada, prática classificada como não utilizada, houve a necessidade de entender o fluxo de informações e materiais da fábrica como um todo, como pode ser visto na Figura 32, que representa de forma simplificada o Mapa do Estado Atual realizado na empresa. O mapa demonstra que há um programa de produção mensal tanto para a compra quanto para a fabricação de produtos, sendo enviadas ordens de produção diárias as duas células da fábrica e ordens de compra quinzenais para os fornecedores externos. Apesar de haver cartões *kanban* no estoque de componentes comprados, estes não são utilizados para

disparar a produção e indicar qual material deve ser comprado, quando e quanto. A informação da montadora sobre a seqüência dos produtos demandados em cada entrega do dia acontece diretamente com o setor de expedição, apesar de um enviado de previsões e pedidos fechados ser realizada com antecedência. Conforme já comentado, os demais símbolos do mapa do estado atual estão contidos no Anexo A.

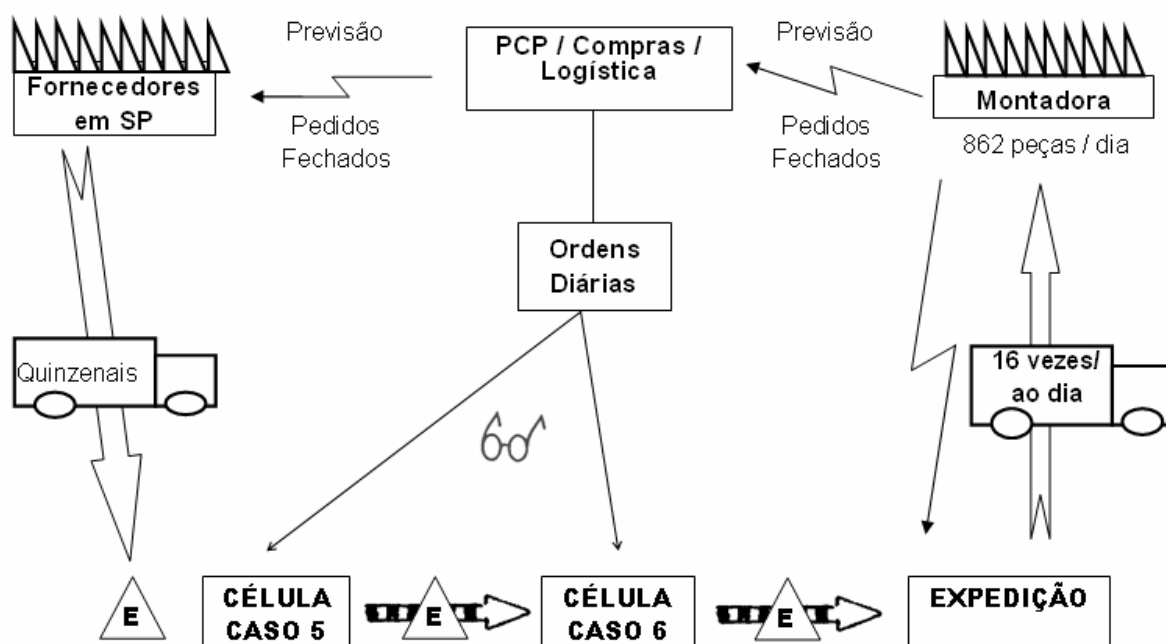


Figura 32: Desenho do mapa do estado atual simplificado da empresa Gama

Vale salientar que as duas células apresentam características que indicam a existência da estabilidade requerida pela prática de produção puxada, tais como: (a) há somente poucos (dois e três) modelos de produtos em ambas as células; (b) há poucos processos de produção e apenas duas células na fábrica; (c) há uma demanda constante assegurada e contrato com cliente exclusivo; (d) estão sendo integralmente ou parcialmente utilizadas algumas práticas que contribuem para a estabilidade básica. Dentre elas, podem ser citadas as seguintes práticas: (a) a 1 (trabalho em equipe e liderança), a 2 (melhoria contínua) e 5 (padronização do trabalho), que contribuem para a estabilidade de métodos, instruções e relações da mão-de-obra; (b) a 9 (troca rápida de ferramentas) e a 8 (nivelamento de produção), que contribuem, respectivamente, para a redução do nível de estoques dos supermercados e para o estabelecimento de um programa de produção que segue um padrão repetitivo; (c) a 10 (manutenção produtiva total), que contribui para a estabilidade de equipamentos. No caso 4, a

presença da prática 14 (autonomação de equipamentos) também auxilia na estabilidade dos materiais, pois contribui para a melhoria da qualidade.

Já a gestão visual do controle de produção (prática 13) foi considerada inexistente, embora o último posto da célula realize, de hora em hora, o registro de informações típicas do controle de produção (por exemplo, atrasos e motivos). Entretanto, os resultados desse controle são arquivados, ao invés de disponibilizados a todos por meio de dispositivos visuais.

4.4.5 Reunião de *feedback* e validação dos resultados dos casos 3 e 4

A reunião de *feedback* indicou que os funcionários da empresa têm ampla consciência das práticas que utilizam bem como daquelas que não utilizam. Em relação à produção puxada, o grupo afirmou que já havia feito o cálculo do número de cartões *kanban*, dimensionamento do supermercado e definido o modo de funcionamento. Segundo o grupo, a prática não foi implantada por dúvidas em relação aos reais benefícios que traria, já que, mesmo com um sistema empurrado, são atendidas as exigências do cliente em relação ao prazo de entrega. Além disso, o volume de estoque relativamente baixo, com um giro de cerca de 30 vezes ao ano, segundo informações de membros da empresa, bem como um índice quase inexistente de paradas por falta de componentes nas duas células, indicam que a programação de produção, mesmo empurrada, vem sendo eficaz.

As práticas de padronização do trabalho (prática 5) e de indicadores enxutos (prática 11) receberam a classificação de parcialmente atendidas, em ambos os casos 3 e 4, devido à ausência do indicador de estoque padrão. Neste caso, o grupo concordou que a inclusão daquele indicador seria benéfica, com o intuito de identificar facilmente se as variações do estoque ao longo do tempo estão de acordo com o previsto. Em relação à prática 13 (gestão visual do controle de qualidade), o grupo relatou que os planos de ação seriam em breve incorporados aos quadros de resultados, o que, caso efetivado, resultaria na alteração da classificação para integralmente utilizada.

Em relação à prática 14 (autonomação de equipamentos) na célula do caso 4, os membros da empresa afirmaram que não traria grandes benefícios a aplicação integral da prática (isso implicaria em incorporar dispositivos de prevenção em todos os equipamentos), pois todos os

problemas de qualidade podem ser re-trabalhados para tornarem-se produtos sem defeito. Entretanto, o re-trabalho também é considerado um desperdício de acordo com os conceitos de PE e seriam válidos os esforços de implantar dispositivos para prevenção de defeitos em todos os equipamentos.

Um dos membros da empresa afirmou que as características das duas células foram corretamente discernidas. Segundo essa pessoa, a avaliação evidenciou a estabilidade da célula que estava em funcionamento há mais tempo na fábrica (caso 4), informação esta que não tinha sido coletada na pesquisa e que foi incorporada no formulário “I” após este caso.

4.5 ANÁLISE GERAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DE PRÁTICAS DA PE NOS CASOS

Os estudos de caso tiveram resultados diferenciados em relação ao número e uso das práticas de PE, conforme demonstra a Figura 33.

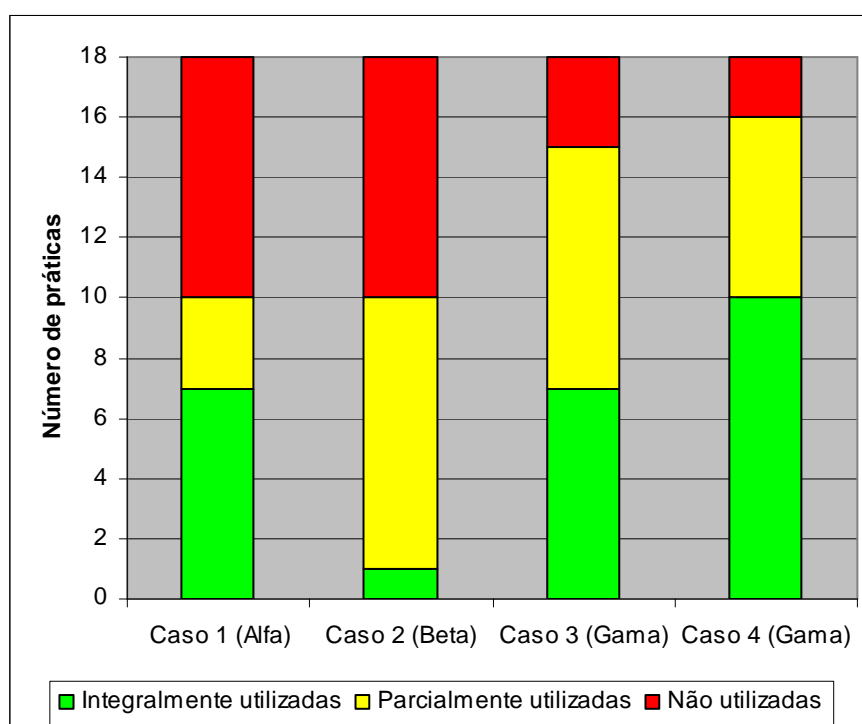


Figura 33: Classificação das práticas de PE nos estudos de caso

Os melhores resultados nos casos 3 e 4 podem ser decorrência de algumas características da empresa Gama, tais como: (a) existência de iniciativas formais de implantação da PE, como a avaliação das plantas industriais em relação aos indicadores de desempenho ligados a práticas

de PE (item 4.4); (b) a empresa fornece diretamente às montadoras dentro de um condomínio industrial, estando mais próxima das principais disseminadoras das práticas de PE ao longo da cadeia produtiva e, como consequência, estando mais sujeita a pressões externas para adotar a PE, como pôde ser visto na própria missão do condomínio; e (c) apresenta uma demanda concentrada inteiramente na cadeia automotiva, enquanto que as outras duas empresas fornecem para outros setores, como eletrodomésticos (Alfa e Beta), iluminação (Beta) ou mercado de reposição (Alfa).

De fato, o impacto da diversidade de *mix* de produtos fica evidente ao comparar o caso 4 (fabrica dois modelos de produtos em toda a planta) e o caso 2, o qual fabrica 83 modelos apenas na célula avaliada. Esta diversidade pode estar relacionada mais uma vez à posição na cadeia produtiva, pois empresas mais distantes da montadora tendem a produzir produtos de menor valor que os seus clientes, e, em consequência, maior volume e *mix* de produção.

A proximidade física com a montadora também reflete na quantidade e volume de fornecimento pela planta como um todo, pois, enquanto a célula do caso 4 entrega 16 vezes ao dia ao cliente final, a célula do caso 1 entrega a quantidade que cada cliente utiliza em um período de dois a três meses. Os picos de demanda e aumento de lotes de fabricação gerados pelo distanciamento físico e hierárquico na cadeia produtiva em relação às montadoras são aspectos bastante explorados na literatura, podendo ocasionar o chamado efeito chicote (BITTAR *et al.*, 2004). Tal efeito se refere ao impacto de pequenas alterações de demanda de clientes finais, que geram um aumento no lote de produção e de estoques de forma crescente, na medida que se aproxima das etapas iniciais da cadeia produtiva (LEE *et al.*, 2004).

O conhecimento acerca dos conceitos da PE disseminados em todos os funcionários com os quais se teve contato nos casos 3 e 4, incluindo áreas de apoio, supervisão e operadores, também pode ter influenciado no resultado do uso das práticas. De outro lado, o resultado do caso 2 (Beta) demonstra que algumas práticas de PE em células são passíveis de estarem presentes, mesmo em empresas que não contam com um esforço ou conhecimento específico neste sentido. Entretanto, muitas práticas não alcançaram a sua classificação integral de acordo com os atributos qualificadores pela falta deste esforço direcionado. Em uma primeira análise, comparando com o caso 1 (Alfa) com o caso 2, se identifica que ambos apresentam o mesmo resultado de práticas utilizadas, dez em cada. Entretanto, a classificação da presença parcial ou integral diferencia a maturidade das células em relação às práticas de PE, pois o

caso 1 apresenta 7 práticas integrais, enquanto o caso 2, apenas 1. Este resultado indica que, na comparação entre avaliações, as práticas devem ser analisadas de acordo com esta diferenciação de maturidade, mesmo que simples.

A apresentação detalhada de uma comparação dos resultados dos estudos de caso também pode ser realizada com base na análise do desempenho de cada prática em todas as células, conforme Figura 34.

Sub-sistemas	Práticas de PE / Casos	Caso 1 (Alfa)	Caso 2 (Beta)	Caso 3 (Gama)	Caso 4 (Gama)
Recursos Humanos	1. Trabalho em equipe e liderança	■	■	■	■
	2. Melhoria contínua	■	■	■	■
	3. Multifuncionalidade e rodízio	■	■	■	■
	4. Autonomia dos operadores	■	■	■	■
	5. Padronização do trabalho	■	■	■	■
	6. Organização do local de trabalho	■	■	■	■
Planejamento e Controle de Produção	7. Produção puxada	■	■	■	■
	8. Nivelamento de produção	■	■	■	■
	9. Troca rápida de ferramentas	■	■	■	■
	10. Manutenção produtiva total	■	■	■	■
	11. Indicadores enxutos	■	■	■	■
	12. Gestão visual do controle de produção	■	■	■	■
Tecnologia de Processo	13. Gestão visual do controle de qualidade	■	■	■	■
	14. Autonomia de equipamentos	■	■	■	■
	15. Fluxo unitário	■	■	■	■
	16. Visibilidade e troca de informação	■	■	■	■
	17. Tamanho e forma do arranjo físico.	■	■	■	■
	18. Organização em fluxo dominante	■	■	■	■

■ Integralmente utilizada
■ Parcialmente utilizada
■ Não utilizada

Figura 34: Comparação do resultado da cada um das práticas de PE entre os estudos de caso

Em termos do resultado individual de cada prática, dentre as 18, seis delas (1, 2, 9, 10, 15 e 17) foram classificadas nas três possibilidades de avaliação, dez foram classificadas em duas classificações, enquanto outras duas (7 e 11) obtiveram uma única classificação em todos os casos. A prática de indicadores enxutos para a medição de desempenho (número 11) teve utilização parcial em todos os casos, o que pode ter as seguintes explicações: (a) na empresa Gama, onde a PE está mais madura, nos dois casos são utilizados três dos quatro indicadores, sendo que o indicador não presente (*WIP-TO-SWIP*) era calculado para toda a fábrica ao invés de cada célula; (b) o indicador *OEE* era usado em todos os casos, mesmo em empresas que

não utilizam a PE, reforçando o caráter ambíguo deste indicador, o qual reflete tanto princípios da produção em massa quanto princípios da PE, conforme discutido no capítulo 2.

Em relação à produção puxada, esta foi classificada em todos os casos como não utilizada. A avaliação desta prática se revelou complexa, visto que é necessário considerar interações com elementos fora da célula (PCP, compras, almoxarifado e setores que fornecem ou são clientes da célula). Tal fato decorre em grande parte da necessidade do apoio e participação de outros setores para a aplicação da prática, além da necessidade de uma estabilidade básica (ver capítulo 2).

Em relação à interação com outros setores, ao longo dos estudos se percebeu que a análise da célula exigiu, com frequência, a compreensão das interfaces entre a célula e outros arranjos físicos ou setores da planta. Por exemplo, no caso 1 o rodízio dos operadores ocorria entre células e não dentro da célula investigada.

Quanto à interação entre as práticas, algumas demonstraram dificuldades de aplicação devido as suas relações de interdependência. Esse é o caso da relação estreita entre melhoria contínua e o trabalho em equipe, visto que uma avaliação de desempenho conjunta tende a aumentar o comprometimento para identificar e implantar as melhorias. A Tabela 3 apresenta o conjunto de práticas de PE em suas linhas e colunas (apenas o número de cada prática) e as relações encontradas entre as práticas estão referenciadas com o estudo de caso onde estas se demonstraram aparentes. Como, no exemplo citado, foi possível observar a falta do trabalho em equipe no caso 1 e no caso 3, prejudicando a melhoria contínua, e por outro lado, a sua presença, no caso 4, tem o resultado inverso, como se pode ver a intersecção entre a prática 2 (linha) e a prática 1 (coluna) está marcada com os três casos. Apesar do pequeno número de estudos de casos realizados, com apenas dois que continham uma quantidade maior de práticas (casos 3 e 4), já se vislumbram as relações estabelecidas em diversas práticas de PE. Salienta-se que a Tabela 3 limita-se em demonstrar apenas as relações encontradas nos estudos de casos.

Tabela 3: Estudos de caso onde foi encontrada relação entre práticas de PE

Prática / Número da Prática	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Trabalho em equipe e liderança	X																	
2. Melhoria contínua	1,3,4	X																
3. Multifuncionalidade e rodízio	1,4		X															
4. Autonomia dos operadores	3,4	3,4		X														
5. Padronização do trabalho					X													
6. Organização do local de trabalho						X												
7. Produção puxada	4	4			4		X											
8. Nivelamento de produção							1,4	X										
9. Troca rápida de ferramentas							1,4	1	X									
10. Manutenção produtiva total							3,4			X								
11. Indicadores enxutos											X							
12. Gestão visual do controle de produção												X						
13. Gestão visual do controle de qualidade		1,4		1,4							1		X					
14. Automação de equipamentos	4	4		3,4			4						1	X				
15. Fluxo unitário															X			
16. Visibilidade e troca de informação															1,4	X		
17. Tamanho e forma do arranjo físico															1,4		X	
18. Organização em fluxo dominante																1,4	4	X

Vale enfatizar que houve diferenças nos resultados das avaliações entre células de uma mesma planta, na única empresa em que houve essa oportunidade de investigação. As células dos casos 3 e 4 estão localizadas uma ao lado da outra, com sete e dez práticas integralmente utilizadas, respectivamente. De modo geral, o caso 4 tem duas práticas com classificação inferior (fluxo unitário e tamanho e forma do arranjo físico) e todas as demais apresentam um resultado igual ou superior em comparação ao caso 3. Dentre os motivos, podem ser salientadas: (a) a célula do caso 4 tem uma maior importância na fábrica, em termos de quantidade de processos, operadores e proximidade com o cliente final; (b) a célula do caso 4 opera há mais tempo, o que permitiu um melhor aperfeiçoamento de suas operações; (c) o trabalho em equipe está presente integralmente, incentivando um ambiente propício à melhoria contínua.

As dimensões dos equipamentos, assim como dos produtos, não foram determinantes para o resultado global da aplicação de PE nas CM, embora tenham tido impacto claro em algumas práticas específicas. No caso 1, os produtos possuem pequenas dimensões (menos de 10 cm) e as máquinas são pequenas (cerca de 1 metro quadrado), fato que facilitou a aplicação da prática 16 (visibilidade e troca de informações) e 17 (tamanho e forma do arranjo físico). Já os produtos (mais de 3 metros) e equipamentos de maiores dimensões (dois equipamentos de cerca de 4 metros quadrados), existentes no caso 4, contribuíram para a deficiência na prática 17, em contraposição a presença desta no caso 3. O caso 2 possui uma relação inversa de características, pois seus produtos são de pequenas dimensões (cerca de 4 centímetros), entretanto, possui equipamentos de grandes dimensões (ocupando 10 e 25 metros quadrados). Tal fato sugere que as dimensões dos equipamentos sejam mais fortes que as dimensões dos produtos, para as práticas 16 e 17, parcialmente presente e ausente no caso 2, respectivamente.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

Tendo em vista atingir o objetivo principal deste trabalho, foram propostas diretrizes para avaliação do uso de práticas da PE em CM. Essas diretrizes foram desenvolvidas com base na revisão da literatura e testadas em quatro estudos de caso. O escopo das diretrizes envolve a avaliação de cinco atributos qualificadores da CM e dos atributos qualificadores de cada uma das dezoito práticas de PE diretamente aplicáveis a CM. As empresas escolhidas para os estudos de caso pertencem à cadeia automotiva, sendo que um dos motivos da escolha das mesmas foi que essa cadeia é reconhecidamente a mais avançada em termos de utilização de práticas PE. Já a escolha das CM investigadas em cada empresa se baseou em diferentes critérios. Na empresa Alfa, a primeira das empresas estudadas, a célula foi escolhida por sua simplicidade, pois havia apenas dois operadores e três operações. Na empresa Beta, o critério de escolha foi o oposto, visto que o caso 2 apresenta os produtos e equipamentos de maiores dimensões na planta, além de oito equipamentos. Os casos 3 e 4 representam todas as CM presentes na planta da empresa Gama e foram escolhidos por permitirem a aplicação das diretrizes de avaliação em CM presentes em um ambiente similar e com relações de cliente-fornecedor entre si.

As diretrizes propostas possuem quatro fases de aplicação: (a) fase de preparação, que consiste em reuniões para apresentar ao pessoal da empresa os procedimentos de pesquisa e escolher as células a serem investigadas; (b) fase 1, composta por um entrevista com engenheiros de processo ou supervisores e uma visita para caracterização da CM e da empresa; (c) fase 2, onde é feita a coleta de evidências relativas aos atributos qualificadores de práticas da PE na CM através da observação do seu funcionamento e entrevistas com operadores, líderes ou supervisores; (d) fase 3, composta por uma reunião para apresentação e validação de resultados junto aos membros da empresa. Vale salientar que a avaliação da eficácia e eficiência da CM, seja do ponto de vista financeiro ou operacional, não fez parte do escopo das diretrizes, mas sim a avaliação das boas práticas operacionais relacionadas à PE.

O conhecimento acerca dos atributos qualificadores das práticas de PE e da CM demonstrou ser essencial para as atividades de coleta e análise de dados (principalmente nas fases 1 e 2), pois os atributos são definidos qualitativamente e por vezes de forma abstrata. Foi possível constatar que as diretrizes de avaliação adotadas proporcionaram levantar uma quantidade razoável de informações, requerendo em torno de quatro visitas de uma a duas horas em cada empresa. Dentre as atividades, a observação do funcionamento da célula, contida na fase 2, demonstrou as maiores dificuldades, pois o formulário “A” apresenta uma grande quantidade de questões (26 questões) e requer também o desenho do arranjo físico e do mapa do estado atual simplificado. Em contrapartida, a observação se mostrou essencial para o entendimento das características de cada prática, pois foi quando o pesquisador teve maior contato com o objeto de estudo. A observação também contribuiu no sentido de permitir a comparação entre a percepção do pesquisador acerca de cada prática com a percepção dos entrevistados. A atividade de observação também permitiu analisar os documentos existentes na CM, como, por exemplo, os formulários de operações padronizadas e os relatórios de indicadores apresentados nos quadros de controle de qualidade ou de produção. As demais fontes de evidências (entrevistas com operadores e líderes) serviram para avaliar os atributos de práticas que não eram passíveis de identificação por meio da observação da CM, tais como, trabalho em equipe, liderança e melhoria contínua. Dentre as práticas, a 14 (autonomação de equipamentos) foi de difícil avaliação, visto que exige conhecimento técnico acerca do maquinário e pode requerer a observação de dispositivos que estão no interior dos equipamentos. Outra prática que gerou dificuldade de avaliação foi o tamanho e forma do arranjo físico, pela falta de uma definição objetiva sobre os atributos qualificadores.

A reunião de *feedback* e validação dos resultados, fase 3, pareceu ser o momento mais propício para identificar os fatores que influenciaram na aplicação das práticas, em virtude da possibilidade de discutir os dados com os membros da empresa. A análise comparativa de resultados entre os casos indicou a importância da definição de níveis de maturidade das práticas (integralmente utilizada, parcialmente utilizada e inexistente). De fato, na comparação dos casos 1 e 2, se identificou que ambos apresentavam o mesmo resultado em termos de práticas presentes, dez em cada caso. Entretanto, a classificação da presença parcial ou integral diferenciou a maturidade dos casos em relação às práticas de PE, pois o caso 1, com treinamentos e esforços realizados desde 2003, apresentava 7 práticas integrais, enquanto o caso 2, sem nenhum incentivo a aplicação da PE, apenas 1.

Dois objetivos específicos também foram estabelecidos para este trabalho: (a) descrever qualitativamente um conjunto de práticas de PE diretamente utilizáveis em CM; (b) identificar fatores contribuintes para o uso da PE em CM. A revisão de literatura permitiu o desenvolvimento de atributos qualificadores para as práticas de PE no ambiente das CM, atingindo o primeiro objetivo específico. Deste modo, foram identificadas 18 práticas e 40 atributos, os quais por sua vez foram agrupados segundo sua afinidade com três grandes subsistemas da CM (recursos humanos, tecnologia de processo e planejamento e controle de produção). Ao longo dos estudos de caso, foi possível confirmar que todos os atributos estabelecidos eram de fato aplicáveis à PE e eram passíveis de serem avaliados. Apenas uma prática (produção puxada) não foi identificada em nenhum dos estudos de caso. Os estudos de caso também contribuíram para a identificação de um conjunto de fatores que têm claro impacto na adoção da PE em CM:

- a) O motivo que levou a empresa a adotar a PE. No caso 1, se observou que a motivação inicial de aplicação da PE foi uma política corporativa global vinda da matriz no exterior, sem um apoio técnico e financeiro dessa na sua filial. O resultado foi uma estrutura ineficaz para a coordenação e aplicação das práticas e uma falta de comprometimento de áreas de apoio e alta direção. Já nos casos 3 e 4, a empresa estava situada em um condomínio industrial no qual a adoção da PE faz parte da missão do empreendimento. De fato, nesse condomínio a PE cria uma forte interdependência entre as empresas, induzindo todas a se adaptarem a essa filosofia. De outro lado, os resultados mais fracos do caso 2 refletem a falta de qualquer política ou plano para adotar a PE, havendo apenas iniciativas isoladas e sem continuidade;
- b) O tempo de experiência da empresa com os conceitos de PE, aliado ao tempo de existência da CM, demonstrou influenciar positivamente. Enquanto a empresa Alfa (caso 1) iniciou os treinamentos em PE no ano de 2002, na empresa Gama (casos 3 e 4) havia uma série de políticas de incentivos e treinamentos para a aplicação dos conceitos desde 1998. Tais fatos geram uma maior experiência dos setores de produção, de áreas de apoio e alta direção. Em um mesmo ambiente, os casos 3 e 4 demonstraram que o tempo de existência da CM também influencia na aplicação das práticas, visto que o caso 3 (funcionando há cerca de dois anos) teve desempenho substancialmente inferior ao caso 4 (funcionando há mais de quatro anos). O fator

tempo de existência da CM possui maior relação com as práticas que dependem do alto envolvimento de operadores, como, por exemplo, as práticas 2 (melhoria contínua), 3 (multifuncionalidade e rodízio), 4 (autonomia dos operadores) e 9 (troca rápida de ferramentas). Vale salientar que a rotatividade dos operadores tende a ser outro aspecto que influencia, embora não tenham sido coletados indicadores acerca disso;

- c) Algumas práticas da PE tiveram maior dificuldade de implantação em função de que as mesmas requeriam o envolvimento de áreas de apoio, tais como PCP, manutenção, compras e vendas. Por exemplo, os atributos da prática de trabalho em equipe (integralmente atendido em três casos), assim como, os atributos da prática de multifuncionalidade (integralmente presentes em dois e parcialmente nos outros dois), envolvem apenas pessoas ligadas à produção (operadores, líderes e supervisores). De outro lado, no caso 1, a falta de recursos humanos em algumas áreas, como qualidade e manutenção, foram importantes fatores contribuintes para a inexistente aplicação das práticas 10 (manutenção produtiva total) e 13 (gestão visual do controle de qualidade);
- d) A relação de dependência entre algumas das práticas de PE. Por exemplo, no caso 1, as tentativas frustradas de implantar a produção puxada foram causadas, dentre outros motivos, pela falta de estabilidade no sistema de manufatura, o que poderia ser obtido com apoio da troca rápida de ferramentas e manutenção produtiva total. Outra relação encontrada diz respeito à prática 1 (trabalho em equipe e liderança) e a prática 2 (melhoria contínua), conforme observado no caso 1. Entretanto, vale salientar que outras práticas têm pouca ou nenhuma dependência de outras, como, por exemplo, a organização do local de trabalho, troca rápida de ferramentas e organização em fluxo dominante. Essa última foi a única a estar integralmente presente no caso 2, comprovando a sua independência em relação às demais práticas;
- e) A alta variedade de modelos produzidos pela célula tende a influenciar negativamente nas práticas de PE, pois pode vir acompanhada de diferentes requisitos para cada produto, como, por exemplo, frequências de entregas, volumes de produção, tempos de ciclo, tempos de *setup*, entre outros. A alta variedade ficou mais evidente nos casos 1 e 2, que contavam com 23 e 83 modelos diferentes na CM, respectivamente. No caso 2, a troca entre modelos poderia demorar de 20 minutos a duas horas e meia,

dependendo de quais eram os produtos. Nesses casos, os pedidos de um período de um mês ou mais acabavam sendo agrupados para a redução de custos de *setup*, solução encontrada em uma visão baseada na produção em grandes lotes. Enquanto isso, no caso 4, a pouca variedade de produtos (apenas dois modelos) e as entregas constantes (16 vezes ao dia), facilitavam: (a) a organização em fluxo dominante, pela facilidade de adequar os equipamentos a esta pequena variedade; (b) a troca rápida de ferramentas, pois apenas um equipamento apresentava *setup*; (c) o nivelamento de produção, na medida em que se podia produzir próximo à demanda real do cliente, o qual também tinha sua produção nivelada;

- f) Existe sinergia entre algumas práticas da PE e da CM, o que significa que a adoção de determinadas práticas de CM facilita a existência de outras práticas da PE e vice-versa. Por exemplo, um índice de 100% em termos de TG (verificado nos casos 1 e 4) influenciou positivamente nas práticas 16 (visibilidade e troca de informações) e 18 (organização segundo o fluxo dominante). De outro lado, o não atendimento ao atributo organizacional da CM influenciou negativamente a aplicação das práticas 1 (trabalho em equipe e liderança) e 2 (melhoria contínua) no caso 1. Algumas práticas de PE também contribuíram para o estabelecimento das conexões de tempo, espaço e informação entre as estações de trabalho. Por exemplo, o uso de dispositivos visuais para solicitar auxílio, a organização do local de trabalho e a visibilidade, no caso 4, contribuíram para as conexões de informação. Similarmente, o fluxo unitário, a multifuncionalidade e o tamanho e forma do arranjo físico, contribuíram para as conexões de tempo e espaço, no caso 1;
- g) A presença de equipamentos de grande porte demonstrou influenciar negativamente em algumas das práticas de PE e nos atributos de CM. No caso 2, havia duas máquinas que ocupavam cerca de 25 e 10 metros quadrados cada e, no caso 4, havia duas máquinas que ocupavam cerca de 4 metros quadrados cada uma. Nesses casos, os grandes equipamentos dificultavam as conexões de espaço (casos 2 e 4) e informação (caso 2) e na prática 17 (tamanho e forma do arranjo físico).

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nesta dissertação, foram identificadas as seguintes oportunidades para estudos futuros:

- a) No referente às práticas de PE diretamente utilizáveis em CM e à descrição qualitativa de seus atributos, uma possibilidade de aperfeiçoamento diz respeito à validação das mesmas junto a um grupo de especialistas no assunto. Similarmente, os atributos qualificadores das CM também poderiam ser validados junto a especialistas e incorporados explicitamente nos instrumentos de avaliação;
- b) Desenvolver um conjunto de indicadores de processo e de desempenho acerca da PE em CM, os quais seriam utilizados complementarmente aos atributos qualificadores;
- c) A realização de estudos longitudinais, o que implica em realizar avaliações periódicas ao longo de vários meses ou anos, acompanhando a evolução da CM. Tais estudos poderiam confirmar ou não possíveis relações de causa e efeito entre o desempenho da CM e outras variáveis, como experiência dos operadores, variações de demanda e mudanças no projeto do produto;
- d) Desenvolvimento de um método para atribuição de pesos aos atributos qualificadores, para refletir a importância de cada um no contexto de cada empresa;
- e) A aplicação das diretrizes em outros ambientes de CM, como, por exemplo, outros setores industriais ou de serviços.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO 19011: Diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental.** Rio de Janeiro, ABNT, 2002.
- AHLSTROM, P. Sequences in the implementation of lean production. **European Management Journal**, Vol. 16, No. 3, pp. 327–334, 1998
- AMELSVOORT, P. V.; BENDERS, J. Team time: a modelo for developing self-dorected work teams. . **International Journal of Operations and Production Management.** v. 16, issue 2, pg. 159-170, 1996.
- ANTUNES, J.; KLIPPEL, M. Uma abordagem metodológica para o gerenciamento das restrições em sistemas produtivos. *In: Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de produção*, ENEGEP, Salvador, 2001.
- ASKIN, R. G.; GOLDBERG, J. B. **Design and analysis of a lean production systems.** New York: John Wiley and Sons, 2002.
- BESSANT, J.; CAFFYN, S; GILBERT, J.; HARDING, R; WEBB, S. Rediscovering continuous improvement. **Technovation**, vol 14, issue 1, pg 17-29, 1994.
- BIDANDA, B.; ARIYAWONGRAT, P.; NEEDY K. L.; NORMAN, B. A.; THARMMAPHORNPHILAS, W. Human related issues in manufacturing cell design, implementation, and operation: a review and survey. **Computers and Industry Engineering**, v. 48, pg. 507-523, 2005.
- BLACK, J. T.; CHEN, J. C. The role of decouplers in JIT pull apparel cells. **International Journal of Clothing Science and Technology**, volume 7, issue 1, pages 17-35, 1995.
- BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- BOWEN, D.; YOUNGDAHL, W. Lean services: in defense of a production-line approach. **International Journal of Services Industry Management**, vol. 9, num 3, 1998.
- BRANCO FILHO, G. **Dicionário de termos de manutenção e confiabilidade.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2000.
- BURBIDGE, J L. The First Step in Planning Group Tecnology. **International Journal of Production Economics**, v 43, p.261-266, 1996.
- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total: no estilo japonês.** Belo Horizonte: EDG, 8 ed, 1999.
- CHANDRASEKHARAN, M.; RAJAGOPALAN, R. GROUP-ABILITY: an analysis of the properties of binary data matrices for group technology. **International Journal of Production Research**, vol 27, pg. 1035-1052, 1989.

CHIARADIA, A. Utilização do indicador de eficiência global dos equipamentos na gestão de melhoria contínua dos equipamentos. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP / UFRGS, Porto Alegre, 2004.

CHIESA, V.; COUGHLAN, P.; VOSS, C. Development of a technical innovation audit. **Journal of Production and Innovation Management**, vol 13, pg 105-136, 1996.

COLEMAN, B. J.; VAGHEFI, M. R. Heijunka: The Key to the Toyota Production System. **Production and Inventory Management Journal**, Alexandria: Fourth Quarter, v. 35, n. 4, p. 31-36, 1994.

CONVERSANI, A. O desafio de integrar diferentes culturas organizacionais: o caso do complexo automotivo de Gravataí. **Dissertação de Mestrado Profissionalizante**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção / UFRGS, 2008.

CUA, K. O.; McKONE, K. E.; SCHROEDER, R. G. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. **Journal of Operations Management**, vol 19, pg 675–694, 2001.

CUMBO, D.; KLINE, D.; VAN AKEN, E.; SMITH, B. Benchmarking Performance Measurement and the Implementation of Lean Manufacturing in the Secondary Wood Processing Rough Mill. **White Paper**, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004.

DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 3 ed. 2001

DICKENS, A; BABER, C. Can support systems adversely affect cell performance. **International Journal of Production Economics**, v 65, p.43-54, 2000.

DOOLEY, K J.; SUBRA, A.; ANDERSON, J. Adoption Rates and Patterns of Best Practices in New Product Development. **International Journal of Innovation Management**, 6(1) pg: 85–103, 2002.

DROLET, J; ABDULNOUR, G, RHEAULT, M. The Cellular Manufacturing Evolution. **Computers and Industrial Engineering**, v 31, n°1/2, p.139-142, 1996.

DUGGAN, K. Facilities design for lean manufacturing. **Institute of Industrial Engineers Solutions**, vol. 30, issue 12, 1998.

EMILIANI, M. L. Supporting small businesses in their transition to lean production. **Supply Chain Management: An International Journal**, vol 5, issue 2, pg 66-71, 2000.

FERREIRA, C. F. Diretrizes para avaliação dos impactos da produção enxuta sobre as condições de trabalho. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção / UFRGS, 2006.

FORMOSO, C. T.; SANTOS, A.; POWELL, J. A. An exploratory study of the applicability of process transparency in construction sites. **Journal of Construction Research**. v. 3, n. 01, 2002.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais que simplesmente just-in-time.** Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.

_____ **A study on the work force assignment in U-shaped production systems.** Tese de doutorado, Graduate School of Science and Technology, Kobe University, 1998.

_____ Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. *In: Almeida & Souza (org.). Produção e Competitividade: aplicações e inovações.* Pernambuco: Editora UFPE, 2000.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Gestão & Produção Revista & Produção**, v. 11, p. 1-19, 2004.

GUIMARÃES, L.; SAURIN, T.; ANZANELLO, M.; ANTUNES SILVA, S.; LEMOS, F.; WELTER, A.; ABECH, M. Contribuição da ergonomia na implantação de manufatura celular. *In: Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de produção, ENEGEP, Porto Alegre, 2005.*

GUNASEKARAN, A. Just-in-time purchasing: an investigation for research and applications. **International Journal of Production Economics**, v 59, p.77-84, 1999.

HARRIS, R.; HARRIS, C.; WILSON, E. **Fazendo fluir os materiais: um guia lean de movimentação de materiais para profissionais de operações, controle de produção e engenharia.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

HARRIS, C.; HARRIS, R. **Developing a lean workforce: a guide for human resources, plant managers, and lean coordinators.** New York: Productivity Press, 2007.

HELLINGHAUSEN, M.; MYERS, J. Empowered employees: A new team concept. **Industrial Management**, vol 40(5), p. 21-23, 1998.

HENDERSON, B. A.; LARCO, J. L. **Lean Transformation.** Richmond: The Oaklea Press, 1999.

HENDRICK, H. W.; KLEINER, B. M. **Macroergonomics: An Introduction to Work System Design.** Human Factors and Ergonomics Society, 2001.

HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory Physics: Foundations of manufacturing management.** USA: McGraw-Hill, 1996.

HYER, N L.; BROWN, K A. The Discipline of Real Cells. **International Journal of Operations Management**, v 17, p.557-574, 1999.

HYER, N L.; BROWN, K A.; ZIMMERMAN, S. A social-technical systems approach to cell design: case study and analysis. **Journal of Operations Management**, v 17, p.179-203, 1999.

HYER, N.; WEMMERLOV, U. **Reorganizing the factory: competing through cellular manufacturing.** New York: Productivity Press, 2002.

- IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: IMAM, 1994.
- ISHIKAWA, K; NISHIMURA, M. **CCQ KORYO: Princípios Gerais de Círculos de Controle de Qualidade**. São Paulo: IM&C Internacional Sistemas Educativos, 1985.
- JONES, D.; HINES, P.; RICH, N. Lean Logistics. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, vol 27, number 3/4, 1997.
- KAMADA, S. **Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil**. Disponível em: http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_44. Acessado em: 23/09/2007.
- KANNAN, V.; GHOSH, S. Cellular manufacturing using virtual cells. **International Journal of Operations and Production Management**, vol. 16, n. 5, 1996.
- KARLSSON, C.; AHLSTROM P. Assessing changes towards lean production. **International Journal of Operations and Production Management**. v. 16, issue 2, 1996.
- KIZIL, M.; OZBAYRAK, M. A tradeoff analysis between process plan selection and cell formation in cellular manufacturing. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, vol. 23, pg 501-506, 2004.
- KOH, H. C.; SIM, K. L.; KILLOUGH, L. N. The interaction effects of lean production manufacturing practices, compensation, and information systems on production costs: a recursive partitioning model. **Advances in Management Accounting**, vol 12, 2004.
- KRAFCIT, J. F. Triumph of the Lean Production System. **Sloan Management Review**, vol 30, issue 1, 1988.
- KUMAR, C.; CHANDRASEKHARAN, M. Grouping efficacy: a quantitative criterion for goodness of block diagonal forms of binary matrices in group technology. **International Journal of Production Research**, vol 28, pg. 233-243, 1990.
- LEAN ENTREPRISE INSTITUTE. **Léxico lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. Compilado pelo Lean Enterprise Institute. Editado por Chet Marchwinski e John Shook, 2003.
- LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIMA, M. L. S. Fornecimento automotivo para PMEs sob a ótica da produção enxuta : estudo de caso em empresas no setor de autopeças no Estado do Rio Grande do Sul. **Dissertação de Mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Administração / UFRGS, 2002.
- MAGGARD B. N.; RHYNE D. M. Total Productive Maintenance: a timely integrations of production and maintenance. **Production and Inventory Management Journal**, v. 33, n. 4, 1992.
- MANN, D. **Creating a lean culture: tools to sustain lean conversion**. New York: Productivity Press, 2005.

MASKELL, B; BAGGALEY, B. **Practical lean accounting: a proven system for measuring and managing the lean enterprise.** New York: Productivity Press, 2004

MC DONALDS, T.; VAN AKEN, E; RENTES, A. Utilizing Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application. **International Journal of Logistics**, vol 5 No 2, 2002.

MILTENBURG, J. U-shaped production lines: A review of theory and practice. **International Journal of Production Economics**, v 70, p.201-214, 2001.

_____ **Manufacturing Strategy How to formulate and implement a winning plan.** New York: Productivity Press, 2 ed, 2005.

MILTENBURG, J.; ZHANG, W. A comparative evaluation of nine well known algorithms for solving the cell formation problem in group technology. **Journal of Operations Management**, Vol. 10, pg 44-72, 1991.

MOLLEMAN, E.; SLOMP, J.; ROLEFES, S. The evolution of a cellular manufacturing system: a longitudinal case study. **International Journal of Production Economics**, v 75, pg.305-322, 2002.

MONCHY, F. **A função manutenção: formação para a gerência da manutenção industrial.** São Paulo: Durban, 1989.

MONDEN, Y.. **Toyota production system: practical approach to production management.** Norcross: Industrial Engineering and Management Press, 3 ed.,1998.

MORRIS, J.S.; TERSIN, R.T. A simulation analysis of factors influencing the attractiveness of group technology cellular layouts. **Management Science**, vol 36, n. 12, pg 1567-78, 1990.

_____ A simulation comparison of process and cellular layouts in a dual resource constrained environment. **Computers and Industrial Engineering**, vol 26, n 4, pg 733-41, 1994.

MOURA, R. A. **Kanban: A Simplicidade do Controle da Produção.** São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAN, 1989.

NAIR, G.; NARENDRAN, T. Grouping index: a new quantitative criterion for goodness of block diagonal forms in group technology. **International Journal of Production Research**, vol 34, pg. 2767-2782, 1996.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

NG, S. M. Worst-case analysis of an algorithm for cellular manufacturing, **European Journal of Operational Research**, vol 69 , n 2, pg 384-398, 1993

NOGUEIRA, M; BALLARDIN, L.; PEREIRA da SILVA, L.; VARGAS, C. Mapeamento de fluxo de valor para implementação da Produção Enxuta em serviços: o caso de uma oficina

mecânica. *In: Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*, ABEPRO, Fortaleza, 2006.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PASA, G. S. **Uma abordagem para avaliar a consistência teórica de sistemas produtivos**, Tese de doutorado – PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 2004.

PICCHI, F.A. Lean Thinking mentalidade enxuta: avaliação sistemática do potencial de aplicação no setor de construção. *In: Anais do II SIBRAGEC - Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção*, Fortaleza, 2001.

RAO, M. A.; RAO, M. S.; SRINIVAS, J.; KRISHNA, P. Recognition of machine cells in a group technology layout using self-organizing neural networks. **Institute of Mechanical Engineers**, Vol 215, part B, 2001.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda**. Massachusetts : Brookline, 1998. 96 p.

SANTOS, A. **Metodologia Científica: a construção do conhecimento**. Rio de Janeiro: DP & A Editora, ed. 3, 2000.

SANTOS, N. R.; ARAÚJO JR, L. O. Sistema de Tecnologia de Grupo: um estudo de caso através de análise do fluxo de produção. **Revista Produção**, vol. 9, n 1, 1999.

SARKER, B. R.; KHAN, M. A comparison of existing grouping efficiency measures and a new weighted grouping efficiency measure. **Institute of Industrial Engineering**, vol. 33, pg. 11-27, 2001.

SATOGLU, S. I.; DURMUSOGLU, B.; DOGAN, I. Evaluation of the conversion from central storage to decentralized storages in cellular manufacturing environments using activity-based costing. **International Journal of Production Economics**, v 103, pg.616-632, 2006.

SHAFTER, S. M.; MEREDITH, J. M.; MARSH, R. F. A Taxonomy for Alternative Equipment Groupings in Batch Environments. **Omega**, vol. 23, num. 4, pg. 361-376(16), 1995.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, vol. 21, issue 2, pg 129-149, 2003.

SHAMBU, G.; SURESH, N. C.; PEGELS, C. C. Performance evaluation of cellular manufacturing systems: a taxonomy and review research. **International Journal of Operations and Production Management**, vol. 16, n. 8, 1996.

SHERIDAN, J. World-class manufacturing. **Industry Week**, vol 239, num 13, p. 36-46, 1990.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da de engenharia produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

_____ **Sistema de troca rápida de ferramenta**: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SILVA, A. L.; RENTES, A. F. Tornando o layout enxuto com base no conceito de mini-fábricas num ambiente multi-produtos: um estudo de caso. *In: Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de produção*, ENEGEP, Curitiba, 2002.

SILVEIRA, G. J. C. Uma Metodologia de implantação da manufatura celular. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção / UFRGS, 1994.

SMALLEY, A. **Criando o sistema puxado nivelado**. Lean Institute Brasil, 2004.

_____ **Basic stability is basic to lean manufacturing success**. Disponível em: http://www.lean.org/Library/Creating_Level_Pull_Article_1.pdf. Acessado em 10/12/2006.

SORIANO-MEIER, H.; FORRESTER, P. A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms. **Integrated Manufacturing System**, vol. 13, n. 2, p.104-110, 2002.

SPEAR, S; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review** , Setembro-Outubro, p 97-106, 1999.

SPEARMAN, M.; WOODRUFF, D.; HOPP, W. CONWIP: a pull alternative to Kanban. **International Journal of Production Research**, v. 28, n. 5, p. 879-894, 1990.

SURESH, N. C. Partitioning work centers for group technology: analytical-extension and shop level simulation investigation. **Decision Science**, vol. 23, no 2, 1992.

_____ The performance of hibrid group technology systems. *In: Proceedings of the National Decision Science Institute*, Miami, 1991.

SUZAKI, K. **The new manufacturing challenge**. New York: Free Press, 1987.

WARD, A; LIKER, J; SOBEK II, D; CRISTIANO, J. Involving Suppliers in Product Development in the United States and Japan: Evidence for set-based Concurrent Engineering. **Transactions on Engineering Management**, vol 43, 1996.

WEMMERLOV, U; HYER, N Cellular manufacturing in the US industry: a survey of users. **International Journal of Production Research**, v 27, n 9, 1989.

WEMMERLOV, U; JOHNSON, D. J. Cellular manufacturing at 46 users plants: implementation experiences and performance improvements. **International Journal of Production Research**, v 35, n 1, pg 29-49, 1997.

WHITE, R. E.; PEARSON, J. N.; WILSON, J. R. JIT manufacturing: a *survey* of implementations in small and large U.S. manufacturers. **Management Science**. V.45, Iss.1, p.1-15, 1999.

WHITE, R. E.; PRYBUTOK, V. The relationship between JIT practices and type of production system. **OMEGA: The International Journal of Management Science**, vol 28, pg. 113-124, 2001.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

XENOS, H.G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: EDG, 1998.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 3 ed, 2005.

APÊNDICE A — Formulário “I”: Caracterização da empresa e da célula



FORMULÁRIO “I” – CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DA CÉLULA:

1. Caracterização da empresa:

- 1.1 Qual o faturamento anual aproximado da empresa?
- 1.2 Qual é o total de funcionários na empresa?
- 1.3 Qual é o número de operadores na fábrica?
- 1.4 Quais são os principais produtos da empresa?
- 1.5 Quais são os principais clientes da empresa?
- 1.6 Quais são os principais mercados em que a empresa atua?
- 1.7 Qual o setor produtivo em que a empresa se enquadra?
- 1.8 A empresa possui um esforço ou um incentivo de utilização da Produção Enxuta? Se a resposta for sim, como está organizado?
- 1.9 Qual foi o ano de início das atividades voltadas à Produção Enxuta?
- 1.10 Como a empresa buscou se capacitar em Produção Enxuta?
- 1.11 Na sua opinião, em uma escala de 0 a 10 (sendo 10 o maior grau, e 0 o menor), qual o grau de utilização da Produção Enxuta na empresa?



2. Caracterização da célula

- 2.1 Quais os números máximo e mínimo de operadores com que a célula opera?
- 2.2 Qual o número de operadores que a célula terá no momento da aplicação da sistemática?
- 2.3 Quais são os tipos de equipamentos presentes na célula?
- 2.4 Quantos processos (iguais ou diferentes) a célula apresenta?
- 2.5 Quais os produtos produzidos pela célula?
- 2.6 A célula recebe componentes de processos internos da fábrica?
- 2.7 A célula produz para clientes internos da fábrica?
- 2.8 Qual foi o método ou o procedimento utilizado para criar ou escolher os produtos que passariam pela célula?
- 2.9 Há quanto tempo esta célula está em funcionamento?
- 2.10 Qual foi a última alteração no arranjo físico?
- 2.11 A célula é considerada uma unidade administrativa própria, sendo gerenciada de maneira única, com seus próprios recursos, metas, medidas e responsabilidade de desempenho?
- 2.12 Em uma escala de 0 a 10 (sendo 10 o maior grau, e 0 o menor), qual o grau de utilização de práticas da Produção Enxuta em que você considera a célula?



3. Matriz de produtos e processos da célula – Atributo de tecnologia de grupo

Completar abaixo a matriz de produto e processo. A primeira coluna deve ser preenchida com todos os processos presentes na célula onde o modelo estiver sendo aplicado, um para cada linha. A primeira linha deve ser preenchida com o código ou a nomenclatura de todos os produtos produzidos na célula, um para cada coluna. Após, marque o número “1” em cada um dos processos por que cada um dos produtos necessita passar.

Produto/ Processo																			

3.1 Número de modelos de produtos multiplicado pelo número de processos: _____

3.2 Número de espaços preenchidos: _____

3.3 Cálculo do índice de incidência intracelular (divisão da resposta da questão 3.2 pela da 3.1): _____



4. Índícios dos atributos das conexões de tempo, espaço e informação

Questões	SIM	NÃO
4.1 No arranjo físico, os equipamentos e os operadores estão próximos? Obs: _____		
4.2 Há facilidade de transferência de materiais? Obs: _____ * Descrever o motivo que levou à resposta _____		
4.3 Há facilidade de troca de informações e de comunicação entre operadores? Obs: _____ * Descrever o motivo que levou à resposta _____		
4.4 Há facilidade de resolução rápida de problemas entre operadores? Obs: _____ * Descrever o motivo que levou à resposta _____		
4.5 O tempo de transferência e espera entre as operações da célula pode ser considerado como baixo, em relação à distância e ao tempo percorrido? Obs: _____		
4.6 As informações de indicadores, metas, pedidos, procedimentos e disponibilidade de componentes e produtos estão completas, disponíveis e precisas a todos? Obs: _____		
4.7 A localização de todos os recursos (humanos, equipamentos e estoques) permite que a maior parte dos operadores tenha visibilidade da maior parte desses recursos? Obs: _____		
4.8 A célula possui uma forma compacta (ex.: U, L, V, circular...)? Obs: _____		
4.9 Os recursos técnicos (equipamentos) e humanos (operadores) são dedicados exclusivamente à célula? Obs: _____		

APÊNDICE B— Formulário “A”: Observação do funcionamento da célula



FORMULÁRIO “A” – OBSERVAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA CÉLULA:

Avaliador: _____ Entrevistado: _____

Empresa: _____ Célula: _____ Data: _____

Questões	SIM	NÃO
<p>4.1 Existem dispositivos visuais (<i>andons</i>) que os operadores ou líderes estejam autorizados a utilizar para solicitar auxílio imediato de áreas de apoio (Ex: engenharia, manutenção, qualidade,...)?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>5.1 Existem documentos que padronizem as operações?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique quais das informações abaixo o formulário contém:</p> <p>() seqüência das atividades de produção</p> <p>() separação de tempo homem e tempo máquina</p> <p>() tempo de ciclo</p> <p>() <i>takt time</i></p> <p>() estoque padrão</p> <p>() diagrama de trabalho (layout e movimentação de operadores)</p> <p>() os documentos estão à vista dos operadores e do líder em suas operações habituais (não considerar como “à vista” quando os documentos estiverem apenas no computador ou fora do local de trabalho)</p>		
<p>6.1 A célula apresenta um programa 5 S estruturado com as premissas de um local organizado, ordenado, limpo?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique se o programa possui:</p> <p>() gestão visual focada em local organizado, ordenado e limpo</p> <p>() controle (auditorias) freqüente do programa 5S.</p> <p>() controle e resultado de auditorias estão evidenciados no local de trabalho</p>		
<p>7.1 O chão de fábrica recebe ordens de produção enviadas pelo PCP?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique quais os processos que recebem as ordens de produção:</p> <p>() o processo fornecedor (interno e externo) da célula</p> <p>() a célula</p> <p>() o processo cliente da célula</p> <p>Qual a periodicidade do envio e o horizonte de planejamento contidos nestas ordens de produção: _____</p>		



Questões	SIM	NÃO
<p>7.2 Há limites (visuais ou físicos) para o estoque de componentes (comprados e produzidos internamente)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() apresenta as características de uma linha FIFO (puxada seqüenciada) – quantidade máximo de estoque</p> <p>() apresenta as características de um <i>kanban</i> (puxada de reposição) – quantidade mínima e ponto de reposição</p> <p>Qual porcentagem do volume de componentes é gerenciada desta maneira: _____</p>		
<p>7.3 Há limites (visuais ou físicos) para o estoque de produtos acabados?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() apresenta as características de uma linha FIFO (puxada seqüenciada) – quantidade máximo de estoque</p> <p>() apresenta as características de um <i>kanban</i> (puxada de reposição) – quantidade mínima e ponto de reposição</p> <p>Qual porcentagem do volume de componentes é gerenciada desta maneira: _____</p>		
<p>7.4 Desenhar o mapa do estado atual, de acordo com a simbologia contida no Anexo A (espaço reservado no final do formulário).</p>		
<p>7.5 A alimentação (ou reposição) de componentes da célula é feita por funcionários dedicados e não pelos próprios operadores da célula?</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>Em que frequência (periodicidade) é realizada esta alimentação de componentes: _____</p>		
<p>12.1 Existe um quadro de controle de produção visível à célula?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>Quais das informações abaixo, o quadro de controle de produção contém:</p> <p>() planejado,</p> <p>() realizado,</p> <p>() saldo pendente</p> <p>() motivos do não atendimento</p> <p>O período de tempo utilizado como unidade de medida de controle (ex: um dia, uma hora etc): _____</p>		
<p>12.2 O controle de produção é feito diariamente pelo líder ou supervisor?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “não”, indique:</p> <p>Como é feito o controle de produção? _____</p>		



Questões	SIM	NÃO
<p>13.1 Existe um quadro manual ou automatizado que apresenta o resultado do controle de qualidade dos produtos produzidos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique se o quadro apresenta:</p> <p>() inspeção em 100% dos produtos produzidos () causas de principais problemas (ex: Pareto, Ishikawa ou histogramas) () planos de ações para os problemas () quadro está visível à célula</p> <p>A inspeção em 100% é realizada através de dispositivos poka-yokes (ou equipamentos) manuais ou automatizados? _____</p>		
<p>14.1 Há uma separação entre o tempo homem e o tempo máquina, de modo que as máquinas desenvolvam, ao menos parcialmente, operações que dispensam monitoramento ou ação do operador?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>14.2 Existem dispositivos incorporados nos equipamentos que detectam anormalidades (Ex.: peças defeituosas, quebra de máquina, etc.)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>Estes dispositivos estão incorporados no processamento dos equipamentos? _____</p> <p>Em quantos equipamentos existem estes dispositivos que param a produção e sinalizam quando ocorrem defeitos de produção? _____</p> <p>Em quantos equipamentos existem estes dispositivos que param a produção e sinalizam prevenindo a ocorrência de defeitos de produção? _____</p>		
<p>15.1 Alguma operação está sendo realizada em fluxo unitário de produtos</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique quantos: _____</p>		
<p>15.2 Algum transporte (dentre operações internas na célula) é feito em fluxo unitário de produtos.</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique quantos: _____</p>		
<p>15.3 Todas as operações realizam apenas o que exigido pela etapa posterior?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>17.1 Desenhar o layout da célula (espaço reservado no final do formulário). Fixar um ponto de acordo com a posição de cada operador na célula. Para o deslocamento de operadores entre postos, indicar o posto do operador no local médio entre os postos nos quais ele se desloca. Relacionar a distância entre os postos no desenho do layout.</p> <p>Obs: _____</p>		



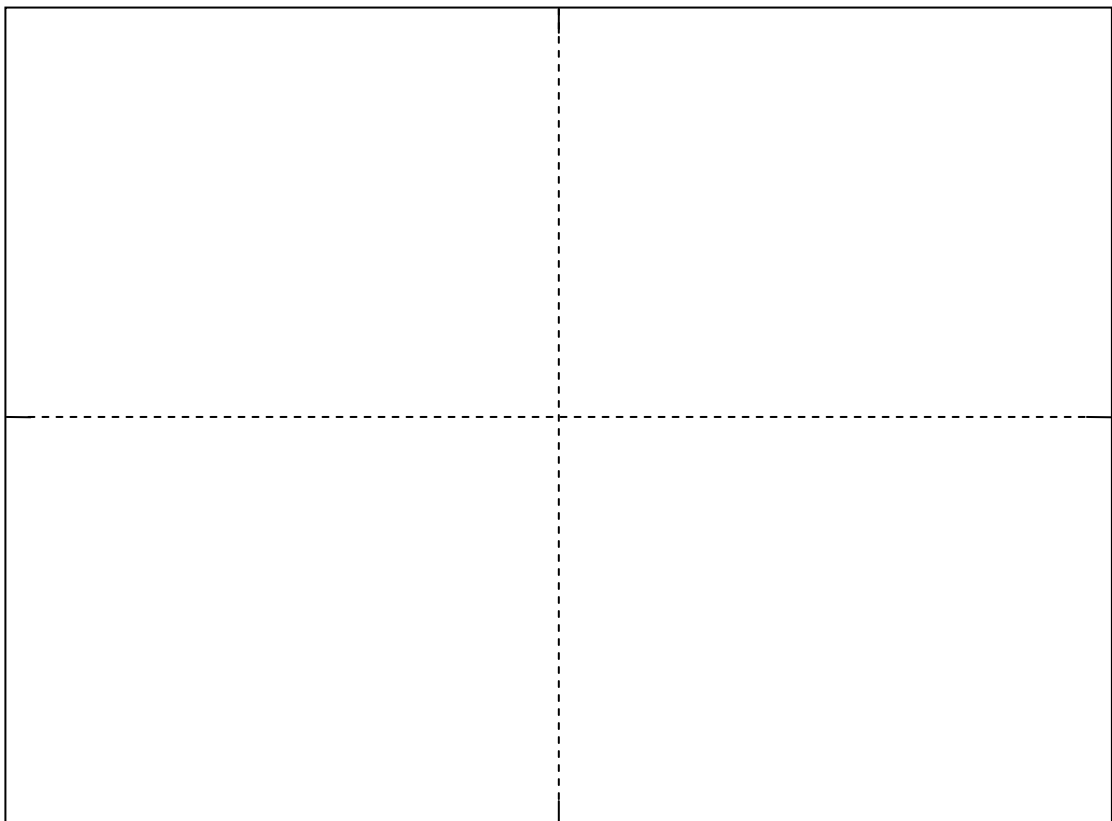
Questões	SIM	NÃO
<p>17.2 Todos os operadores possuem visibilidade em relação a todas as operações (operadores e equipamentos) e estoques (componentes, produtos em processo e produtos acabados)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “não”, responda:</p> <p>Quantos operadores possuem uma maior visibilidade em relação às operações e os estoques da célula? _____</p>		
<p>17.4 Existe a possibilidade de troca de informações (sonoras) em tom de voz normal entre todos os operadores?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “não”, indique:</p> <p>Quantos operadores têm uma possibilidade de troca de informações (sonoras) em tom de voz normal? _____</p>		
<p>17.5 Caso tenha apenas um operador, o arranjo físico permite que a célula opere com mais de um operador?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>18.1 Preencher a tabela de possibilidade de troca de materiais contida no final do formulário.</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>18.2 Todos os operadores estão localizados a uma distância de até 2 metros de todos os demais operadores?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() existe alguma barreira física que impeça a troca de materiais entre todos os operadores</p>		



7.1 Desenho do mapa do estado atual na célula – conforme ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV).



17.1 Desenho do arranjo físico da célula:





18.1 Possibilidade de troca de materiais entre operadores *

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	%
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																

* A tabela serve para o preenchimento das possibilidades de troca de materiais entre os operadores. As colunas e linhas representam o número do operador. Os espaços de intersecção servem para marcar com um “X” quando há a possibilidade de troca de materiais entre operadores da linha com a coluna, ou seja, a distância máxima entre os operadores seja de dois metros. Após completar a tabela, é necessário calcular, para cada um dos operadores, com quantos dos demais operadores existe a possibilidade de troca de materiais durante a operação. Por exemplo, em uma célula de três operadores, se um deles estiver a menos de dois metros de um operador e não estiver do outro, terá possibilidade de troca de materiais com 50% dos demais operadores.

APÊNDICE C— Formulário “B”: Entrevista com operador



FORMULÁRIO “B” – ENTREVISTA COM OPERADOR

Avaliador: _____ Entrevistado: _____

Empresa: _____ Célula: _____ Data: _____

Questões	SIM	NÃO
1.1 O líder ou encarregado substitui ou auxilia em atividades de produção quando necessário? Obs: _____		
1.2 O líder ou encarregado auxilia nas atividades de solução de problemas? Obs: _____		
1.3 A avaliação do trabalho (ex: produtividade, PPR, número de problemas resolvidos, ...) é feita de forma individual por operador? Obs: _____		
1.4 A avaliação do trabalho é feita de acordo com o trabalho do time da célula de forma uniforme? Obs: _____		
2.1 Você já foi envolvido em ações de resolução de problemas de produção, qualidade ou manutenção e implantação de melhorias? Obs: _____		
2.2 Você foi treinado para a resolução de problemas e sugestão de melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique: Em que prática ou ferramenta foi baseado este treinamento? _____		
2.3 Existem grupos que contem com a presença de operadores e se reúnem para levantar e implantar melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique: Qual a periodicidade em que os grupos se reúnem: _____ Os grupos são coordenados pelos operadores ou líderes: _____		
3.1 Você é treinado para realizar todas as operações da célula? Obs: _____ * Em caso de resposta “ não ”, indique para quantas operações você recebeu treinamento: _____		



Questões	SIM	NÃO
<p>3.2 Vocês realizam troca de posto na célula?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique a periodicidade das trocas: _____</p>		
<p>4.1 Você é cobrado pela responsabilidade de identificar e controlar variações em relação à qualidade dos produtos?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>4.2 Você ou o seu líder está autorizado a parar a produção quando detectarem algum problema?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique quais os problemas que os operadores estão autorizados a parar a produção: _____</p>		
<p>5.1 Existem documentos que padronizem as operações?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() estes documentos são atualizados regularmente de acordo com melhorias realizadas nas operações.</p>		
<p>10.1 Você é responsável pela manutenção preventiva básica e rotineira (limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes simples pequenos reparos e verificações e inspeções visuais) nos equipamentos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() essas tarefas estão padronizadas em suas atividades</p> <p>Em quantos equipamentos são feitas essas atividades? _____</p>		

APÊNDICE D – Formulário “C”: Entrevista com líder ou supervisor



FORMULÁRIO “C” – ENTREVISTA COM LÍDER / SUPERVISOR:

Avaliador: _____ Entrevistado: _____

Empresa: _____ Célula: _____ Data: _____

Questões	SIM	NÃO
1.1 O líder ou supervisor substitui ou auxilia em atividades de produção quando necessário? Obs: _____		
1.2 O líder ou supervisor auxilia nas atividades de solução de problemas? Obs: _____		
1.3 A avaliação do trabalho (ex: produtividade, PPR, número de problemas resolvidos, ...) é feita de forma individual por operador? Obs: _____		
1.4 A avaliação do trabalho é feita de acordo com o trabalho da equipe da célula de forma uniforme? Obs: _____		
2.1 Os operadores são envolvidos em ações de solução de problemas de produção, qualidade ou manutenção e implantação de melhorias? Obs: _____		
2.2 Os operadores foram treinados com ferramentas para solução de problemas e sugestão de melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique: Quantos operadores desta célula são treinados: _____ Em que prática ou ferramenta foi baseado este treinamento: _____		
2.3 Existem grupos que contem com a presença de operadores e se reúnem para levantar e implantar melhorias? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique: Qual a periodicidade em que os grupos se reúnem: _____ Estes grupos são coordenados pelos operadores ou líderes? _____		
3.1 Existem operadores treinados para ocupar todos os postos da célula? Obs: _____ * Em caso de resposta “ sim ”, indique o número de operadores treinados para ocupar todos os postos: _____		



Questões	SIM	NÃO
<p>3.2 Existem operadores treinados para ocupar a maioria dos postos da célula?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique o número de operadores treinados para ocupar a maioria dos postos: _____</p>		
<p>3.3 Existe um controle da capacitação dos operadores em realizar as operações da célula (ex. uma matriz de habilidades)?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>3.4 Existe troca de posto na célula?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique a periodicidade das trocas: _____</p>		
<p>4.1 Os operadores são cobrados pela responsabilidade de identificar e controlar variações em relação à qualidade dos produtos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique quais as variações que acontecem e com que frequência: _____</p>		
<p>4.2 Os operadores ou líderes estão autorizados a parar a produção quando detectarem algum problema?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique quais os problemas que os operadores estão autorizados a parar a produção: _____</p>		
<p>5.1 Existem documentos que padronizem as operações?</p> <p>Obs: _____</p> <p>Em caso de resposta “sim”, indique se estes documentos:</p> <p>() são atualizados regularmente de acordo com melhorias realizadas nas operações.</p> <p>() são utilizados para verifica se as operações estão sendo ocorrendo de acordo com os padrões estipulados.</p>		
<p>7.1 O processo fornecedor (podendo ser interno ou externo) a célula, recebe uma ordem de produção do PCP ou Compras?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>7.2 A célula recebe uma ordem de produção do PCP?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>7.3 O processo cliente recebe uma ordem de produção do PCP?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>8.1 Quantos modelos, em média, são produzidos na célula em um período de um mês?</p> <p>Obs: _____</p>		



Questões	SIM	NÃO
<p>8.2 A produção de cada modelo é distribuída ao longo do mês para que todos os modelos necessários no mês sejam produzidos a cada dia?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “não”, indique:</p> <p>Em quanto tempo, em média, são produzidos todos os modelos necessários em um mês: _____</p> <p>Por que os modelos são agrupados: _____</p>		
<p>9.1 O tempo de <i>setup</i> entre produtos é menor que 1 minuto ou não é necessário realizar <i>setup</i> (no caso de haver apenas um produto)?</p> <p>Obs: _____</p>		
<p>9.2 Está mapeada a seqüência de atividades de troca de ferramentas (<i>setup</i> e ajustes)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() o mapeamento possui diferenciação entre internas e externas (incluindo ajustes)</p>		
<p>10.1 Os operadores são responsáveis pela manutenção preventiva básica e rotineira (limpeza, lubrificação, ajustes, troca de componentes simples pequenos reparos e verificações e inspeções visuais) nos equipamentos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>Em quantos equipamentos são realizadas estas atividades: _____</p> <p>Essas atividades estão padronizadas em suas rotinas de trabalho? _____</p>		
<p>10.2 Existe um programa de manutenção planejada (preventiva ou preditiva) nos equipamentos?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique em quantos equipamentos da célula são realizadas manutenções planejadas: _____</p>		
<p>11.1 Vocês utilizam indicadores para medir o tempo de atravessamento (<i>lead-time</i>)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>*Em caso de resposta “sim”, indique o resultado para esta célula: _____</p>		
<p>11.2 Vocês utilizam indicadores para medir o estoque planejado versus o real?</p> <p>Obs: _____</p> <p>*Em caso de resposta “sim”, indique o resultado para esta célula: _____</p>		

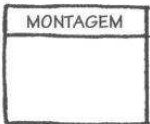

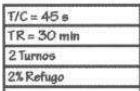







Questões	SIM	NÃO
<p>11.3 Vocês utilizam indicadores para medir a eficiência do processo (<i>OEE</i> - da célula como um todo)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>*Em caso de resposta “sim”, indique o resultado para esta célula: _____</p>		
<p>11.4 Vocês utilizam indicadores para medir a qualidade na fonte (<i>FTT</i> da célula ou outro indicador para medir o re-trabalho e refugo)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>*Em caso de resposta “sim”, indique o resultado para esta célula: _____</p>		
<p>14.1 Existem dispositivos incorporados no processamento dos equipamentos que detectam anormalidades (Ex: peças defeituosas, quebra de máquina, etc.)?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “sim”, indique:</p> <p>() são realizadas reuniões periódicas para a sugestão de novos dispositivos</p>		
<p>18.1 Na matriz de produto e processo, todos os modelos de produtos passam pelos mesmos processos, seguindo o mesmo fluxo de produção?</p> <p>Obs: _____</p> <p>* Em caso de resposta “não”, indique apenas quantos produtos passam pelos mesmos processos: _____</p>		

APÊNDICE E – Relação entre os atributos qualificadores das práticas de PE na CM e os formulários de coleta de dados.

	Lista de Práticas	Fontes de Evidência (formulários)
Recursos Humanos	1. Trabalho em equipe e liderança	B e C
	2. Melhoria contínua	B e C
	3. Multifuncionalidade e prática de rodízio	B e C
	4. Autonomia dos operadores	A, B e C
	5. Padronização do trabalho	A e C
	6. Organização do local de trabalho	A
Planejamento e Controle de Produção	7. Produção Puxada	A e C
	8. Nivelamento de Produção	C
	9. Troca rápida de ferramentas	C
	10. Manutenção produtiva total	B e C
	11. Indicadores enxutos para a medição de desempenho	C
	12. Gestão visual do controle de produção	A
Tecnologia de processo	13. Gestão visual do controle de qualidade	A
	14. Autonomia de equipamentos	A e C
	15. Fluxo unitário	A
	16. Visibilidade e troca de informações.	A
	17. Tamanho e forma do arranjo físico.	A
	18. Organização em fluxo dominante	C e I

ANEXO A — Símbolos do Mapeamento de Fluxo de Valor (ROTHER; SHOOK, 1998).

Ícones de Materiais	Representa	Notas
	Processo	Uma caixa de processo equivale a uma área de fluxo. Todos os processos devem ser identificados. Também usado para departamentos como o de Controle da Produção.
	Fontes Externas	Usado para mostrar clientes, fornecedores e processos de produção externos.
	Caixa de Dados	Usado para registrar informações relativas a um processo de manufatura, departamento, cliente etc
	Estoque	Quantidade e tempo devem ser anotados.
	Entrega via Caminhão	Anotar a frequência de entregas.
	Movimento de materiais da produção <u>EMPURRADO</u>	Material que é produzido e movido para frente antes do processo seguinte precisar; geralmente baseado em uma programação
	Movimento de produtos acabados para o cliente	
	Supermercado	Um estoque controlado de peças que é usado para a programação da produção em um processo anterior.

Ícones de Materiais**Representa**

Retirada

Transferência de quantidades controladas de material entre processos em uma sequência "primeiro a entrar – primeiro a sair"

Notas

Puxada de materiais, geralmente de um supermercado

Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material (FIFO) entre os processos. A quantidade máxima deve ser anotada.

Ícones de Informação

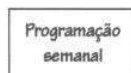
Fluxo de informação manual

Por exemplo: programação da produção ou programação da entrega



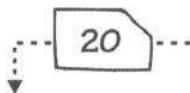
Fluxo de informação eletrônica

Por exemplo via "Troca Eletrônica de Dados"



Informação

Descreve um fluxo de informação



Kanban de Produção (linhas pontilhadas indicam a rota do kanban)

O kanban "um por container". Um cartão ou dispositivo que avisa um processo quanto do que pode ser produzido e dá permissão para fazê-lo.



Kanban de Retirada

Um cartão ou dispositivo que instrui o movimentador de material para obter e transferir peças (por exemplo: de um supermercado para o processo consumidor).



Kanban de Sinalização

Kanban "um por lote". Sinaliza quando o ponto de reposição é alcançado e outro lote precisa ser produzido. Usado quando o processo fornecedor deve produzir em lotes por causa de trocas necessárias.

Ícones de Informação



Representa

Bola para puxada sequenciada

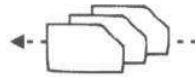
Notas

Dá instrução para produzir imediatamente uma quantidade e tipo pré-determinado, geralmente uma unidade. Um sistema puxado para processos de submontagem sem usar um supermercado.



Posto de Kanban

Local onde o kanban é coletado e mantido para transferência.



Kanban chegando em lotes



Nivelamento de Carga

Ferramenta para interceptar lotes de kanban e nivelar o seu volume e mix por um período de tempo.



Programação da produção "vá ver"

Ajuste da programação com base na verificação dos níveis de estoque.

Ícones Gerais



Representa

Necessidade de Kaizen

Notas

Destaca as melhorias necessárias em processos específicos que são fundamentais para se chegar ao fluxo de valor desejado. Pode ser usada para planejar os workshop kaizen.



Estoque de Segurança ou Pulmão

"Pulmão" ou "estoque de segurança" devem ser anotados.



Operador

Representa uma pessoa vista de cima.