



# ALAVANCAGEM DO TEMPO EFETIVO DE PRODUÇÃO POR MEIO DA REDUÇÃO DOS FATORES DE INDISPONIBILIDADE DE MÁQUINAS

Área temática: Gestão Estratégica de Riscos

**Jailson Oliveira**

jailsonribeiro@ct.ufpb.br

**João Felipe Souza**

joaofelipe\_vital@hotmail.com

**Resumo:** *Obtaining competitive advantage in operations requires expertise in processes, especially in time management. The graphic industry, in turn, has as a premise machine efficiency and productivity of printing lines. The research was based at Pareto method for identification and classification of the stops of events, measuring and prioritizing the causative factors to support the dimensions of the Failure Mode and Effect Analysis and Overall Equipment Effectiveness. The search resulted in the identification, control and standardization of types of failures, as well as the programming processes and production notes, focusing interventions on the basis of efficiency of equipment and analysis of failures. It follows that the effective time printing process of the production can be leveraged by the production strategy aligned to the maintenance, control, qualifications of workers and systematic records and analysis of production notes.*

**Palavras-chaves:**

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por desempenhos empresariais eficazes e eficientes, principalmente nos ambientes competitivos e turbulentos que se verificam em toda parte, exige a formulação de estratégias calcadas numa visão de redes organizacionais integradas, com a adequada flexibilidade e conectividade para permitir, sempre que necessário, a rápida correção dos rumos nos processos de planejamento, gerenciamento e operacionalização técnico-administrativos (CAPRA, 2002).

Nesse contexto, Kardec et al. (2002) postulam que um dos mais relevantes objetivos estratégicos de qualquer organização que pretenda garantir sua sobrevivência e perenidade reside na melhoria contínua de seus processos, de modo a alcançar níveis de excelência em sua *performance* e beneficiar integralmente todas as partes interessadas.

Segundo Lima et al. (2004), para que tal objetivo se materialize em todos os níveis da organização, as seguintes etapas fundamentais devem ser contempladas:

- Mapeamento dos processos existentes, definição da situação atual, identificação/análise dos problemas e oportunidades de melhoria e priorização do ataque;
- Planejamento do projeto de melhoria, incluindo escolha da melhor alternativa de solução dentre as identificadas com este potencial, de modo a eliminar a causa-raiz do problema e prevenir sua recorrência;
- Implementação da melhoria, verificação dos efeitos e validação do processo;
- Formalização da solução implementada e eventual extensão a outras áreas da organização.

A Indústria gráfica é um dos setores cíclicos, submetida a dinâmica de mercado e a sazonalidade, requerendo o desenvolvimento de vantagem competitiva em suas operações, a exemplo do tempo efetivo de produção. Este diz respeito ao somatório das horas em que as máquinas da linha de impressão estão dedicadas a produzir, isto é, ou está preparando a máquina ou está imprimindo. Já o **processo de impressão off-set** em uma gráfica consiste na aplicação indireta da tinta no papel, ou seja, a tinta passa por um cilindro intermediário antes de atingir a superfície do papel. O **processo de impressão plana** recebe esse nome pois o papel entra em formato de folha, previamente cortadas. A impressão rotativa, por outro lado, se dá com o papel em forma de bobina.

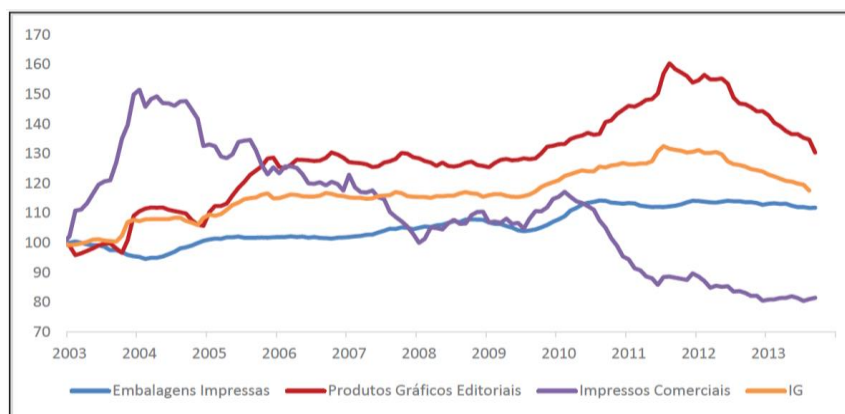
Então, com base neste contexto, o presente trabalho se propõe a responder o seguinte problema de pesquisa: **Quais são os fatores de indisponibilidade de máquina no tempo efetivo de produção processo de impressão plana?** No setor de Impressão Plana não há sistematização nem análise

estratégica dos dados coletados junto as máquinas, o que impede a identificação com precisão das causas que diminuem o tempo efetivo de produção – impactando na competitividade da organização.

Mediante a proposição acima, o objetivo desta pesquisa é determinar os fatores de indisponibilidade de máquina no tempo efetivo de produção do processo de impressão.

A indústria gráfica brasileira compreende cerca de 20.631 empresas que empregam, aproximadamente, 224.644 trabalhadores em todo o país. Conforme característica do setor em todo o mundo, no mundo também predominam as micro e pequenas empresas. Do total de empresas existentes, 78,6% são microempresas, 18,2% são pequenas empresas, 2,8% são empresas de porte médio e, apenas, 0,4% são organizações de grande porte (ABIGRAF, 2013).

No terceiro trimestre de 2013, a produção física da indústria gráfica nacional, já descontado o padrão sazonal, registrou contração de 5,4% em relação ao trimestre anterior. Na comparação com o terceiro trimestre de 2012, o setor acumula queda de 9,3% (IBGE). Trata-se do oitavo resultado negativo nessa comparação.



**Figura 1** - Índice de Produção Física da Indústria Gráfica (dados trimestrais com ajuste sazonal)

Segundo Ljungberg (1998), deficiências no gerenciamento de processos e da manutenção dos equipamentos resultam em perdas e redução no desempenho dos equipamentos industriais. Além disso, num ambiente de negócios altamente competitivo como o atual, a ocorrência de perdas nos processos produtivos pode definir o destino de uma companhia.

Para superar este momento de cenário negativo sem colocar em risco a sobrevivência da organização é necessário ter uma ferramenta que indique, de forma rápida, quais são os principais causadores das interrupções do processo de impressão, a fim de reduzir o tempo durante a produção e planejar ações que promovam a redução dessas paradas.

## Referencial Teórico

Harrington (1993) define processo como uma ação que recebe uma entrada (input), transforma (agregando valor) e gera uma saída (output). Assim para empresas, os processos acontecem tanto nos produtos como nos serviços, desde o recebimento de matéria-prima pelos fornecedores até a entrega deste produto ou serviço ao cliente. Esta cadeia agrega valor a cada processo (ou subprocesso). Processo produtivo é “qualquer processo que entra em contato físico com o produto ou serviço que será fornecido a um cliente externo, até o ponto em que o produto é embalado. Não inclui os processos de transporte e distribuição”. Os processos empresariais são “todos os processos que geram serviço e os que dão apoio aos processos produtivos”.

### **Gerenciamento de Processos e Operações**

Segundo Slack *et al* (2006), o gerenciamento de operações e processos é um conjunto de atividades da organização que produz bens e serviços. Cada organização tem uma função de operações porque cada organização produz um *mix* de produtos e/ou serviços. Operações está sempre relacionada com o gerenciamento da principal finalidade do negócio – produzir algum *mix* de produtos e/ou serviços. Processos também produzem produtos e serviços, mas em menor escala. Eles são os componentes das operações. Mas outras funções também têm processos que necessitam de gerenciamento. Na verdade, cada uma de qualquer negócio está relacionada com processos de gerenciamento.

### **Confiabilidade**

Certamente um dos principais objetivos da engenharia é desenvolver meios materiais que viabilizem o bem-estar humano. Entretanto a totalidade dessas condições requer algumas restrições de ordem física ou econômica, tornando qualquer sistema passível de perder suas condições funcionais. Em seu sentido amplo, a confiabilidade está relacionada à operação bem sucedida de um produto ou sistema (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

### **Análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA)**

O FMEA é um método analítico que consiste na identificação dos possíveis modos de falha e determina o efeito de cada uma sobre o desempenho de um sistema, seja este um produto, seja um processo. É um método de estudo das causas fundamentais dos problemas de produtos e/ou, processos que objetiva analisar as falhas críticas e elaborar um plano de ação para o bloqueio das falhas detectadas (HELMAN e ANDERI, 1995).

O FMEA, de acordo com Gilchrist (1993), é uma ferramenta para identificar, priorizar e eliminar falhas, problemas e erros potenciais em produtos ou sistemas. Esta ferramenta surgiu aproximadamente em 1963, em estudos realizados pela agência americana, NASA, para a missão Apollo. Puente et al.

(2001) comentam que, posteriormente, o FMEA foi aplicado na indústria automobilística, onde serviu para quantificar e ordenar os defeitos potenciais.

De acordo com Franceschini e Galetto (2001), o FMEA é uma ferramenta de confiabilidade que requer a identificação de problemas potenciais de um produto ou sistema, com suas frequências e causas potenciais. Ainda segundo esses autores, o resultado desta ferramenta é a quantificação da criticidade de cada modo de falha, provendo uma priorização de cada modo de falha e uma lista de ações preventivas para seu controle e remoção.

A Ford Motor Company (2004) descreve a técnica FMEA como um conjunto de atividades sistematizadas com o objetivo de reconhecer e avaliar falhas potenciais do processo/produto e seus efeitos identifica ações de prevenção e documentar esse processo. Esse método é uma sequência lógica e sistemática da avaliação das formas possíveis de pela qual um sistema pode vir a falhar (BONANOMI, 2010).

A análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*) é geralmente classificada em dois tipos, de produto e processo. A FMEA de processo é utilizada para analisar processos novos ou já existentes, com objetivo de aumentar a confiabilidade dos processos e reduzir os custos de ações corretivas e de melhoria. A primeira fase envolve a identificação dos possíveis modos de falha e seus defeitos. Isso inclui a coleta de informações funcionais dos componentes e processo alvo de análise. Para determinar a relação entre modos potenciais de falha, seus efeitos e causas relacionadas a esses modos de falha para cada função analisada pode ser utilizadas ferramentas básicas como sessões de brainstorming e diagramas de causa-efeito. Modos de falha são eventos que provocam a diminuição parcial ou total de uma função do processo, afetando seu desempenho (HELMAN; ANDERY, 1995).

Segundo Vieira (2008), é importante para a organização a cultura da correção preventiva e não somente a reativa a suas falhas. Vieira (2008) ainda afirma que essa técnica desenvolvida no momento apropriado fará com que gastos com mudanças no produto e processo sejam bem menores e as modificações sejam identificadas o mais cedo possível e sejam mais fáceis de serem implementadas.

Por isso, uma visão global da organização apoiada nos conceitos de FMEA e dos indicadores de desempenho pode formar uma base sólida para redução das interrupções da produção e aumento do tempo disponível, o que gera aumento consistente da qualidade, reduzindo, por outro lado, os custos operacionais.

Então, uma indústria do ramo gráfico que possui máquinas modernas, conseqüentemente possui, proporcionalmente, uma vasta variedade de paradas de máquinas e precisa conhecer os provocadores das interrupções com o intuito de tornar-se ainda mais competitiva no mercado.

### **Manutenção Produtiva Total – TPM**

O TPM – *Total Productive Maintenance* é um programa criado há duas décadas para diminuir custos de produção. O objetivo do TPM é engajar um senso de união e responsabilidades entre os supervisores, operadores e técnicos de manutenção. A ideia é não se limitar a simplesmente manter o equipamento funcionando, mas também estender e otimizar o seu desempenho global (HUTCHINS, 1998).

A meta do TPM é aumentar a eficiência da planta e do equipamento. Para tanto, o TPM utiliza-se da manutenção autônoma, onde os operários desenvolvem rotinas de inspeção, lubrificação e limpeza. O envolvimento operacional na manutenção tem como objetivo reduzir as seis grandes perdas do equipamento que são:

- Perdas no arranque – perdas de tempo e produto ao iniciar a produção até que se atinja a qualidade desejada;
- Perdas por defeito ou retrabalho – decorrentes da produção de produtos defeituosos;
- Perdas por redução de velocidade – devidas à operação do equipamento com velocidade reduzida;
- Perdas por paradas menores – ocorridas devido a pequenas paradas do equipamento;
- Perdas por preparação e ajustes (*set up*) – ocorridas devido a troca de configuração; e
- Perdas por falhas no equipamento – devidas à falha e/ou quebra do equipamento.

Essas são as principais perdas que causam a redução da eficiência do equipamento. Uma das formas de medir as seis grandes perdas é através de indicador denominado *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) traduzido no Brasil como Eficiência Global de Produção (EGP). Esse indicador é obtido através da razão entre a disponibilidade do equipamento, taxa de desempenho e taxa de qualidade do equipamento, linha de produção ou indústria, qual seja o foco de aplicação do EGP (DAL, *et al.*, 2000).

### **Indicadores de desempenho**

Os sistemas de medição empregando indicadores são o meio mais utilizado pelas organizações para a divulgação dos resultados das atividades realizadas, dos recursos empregados, da quantificação das melhorias implementadas e da comparação de desempenho de sua atividade com as existentes em empresas do seu ramo e outros ramos (OLIVEIRA, 2005). [...] Possibilitam o estabelecimento de metas quantificadas e o seu desdobramento na organização, bem como a análise crítica do desempenho

organizacional, para a tomada de decisões. [...] São formas de representação quantificáveis das características dos produtos e processos. E o seu acompanhamento deve mostrar níveis, tendências e comparações (TAKASHINA e FLORES (1996).

Oliveira (2005) diz que a medida de desempenho na produção é uma ferramenta do gerenciamento operacional para verificar, analisar e tomar ações corretivas para se obter resultados, de acordo com os objetivos estratégicos da empresa. Sink e Tuttle (1993) inserem a medição de desempenho como instrumento vital para as empresas. Para os autores, a essência do gerenciamento é a medição do desempenho. A medição deve ser encarada como parte integrante do processo gerencial que é necessário para melhorar a performance de um sistema organizacional.

Os indicadores-processo ou fluxo são indicadores intermediários, que traduzem, em medidas quantitativas, o esforço operacional de alocação de recursos humanos, físicos ou financeiros (indicadores-insumos) para a obtenção de melhorias efetivas de bem-estar (indicadores-resultados e indicadores-impacto) (JANUZZI, 2005, p. 144).

Hronec (1994) afirma que “a melhoria real do processo é a chave para o desempenho em longo prazo. A empresa que pode fazer um produto melhor (mais adaptado às necessidades e aos desejos dos clientes), em menos tempo e com custo menor está fadada ao sucesso”.

Medidas de desempenho do processo monitoram as atividades deste e motivam as pessoas participantes, controlando o processo, possibilitando a previsão e a resolução de problemas como, por exemplo, tempo de setup ou número de habilidades (HRONEC, 1994). Sendo assim, realizar o monitoramento das atividades que geram os indicadores de desempenho torna-se imprescindível para aperfeiçoar a confiabilidade dos processos de impressão, pois conforme são apontadas as ocorrências e os motivos, alimenta-se o banco de dados que, por sua vez, geram informações sobre decisões gerenciais.

### **Medição da eficiência da linha**

Segundo Brunstein e Barrela (1995), geralmente, as medidas parciais de produtividade são projetadas para medir o desempenho de uma atividade simples ou uma unidade organizacional relativamente pequena; em outras palavras, elas ajudam os gerentes de primeira linha no controle e na melhoria de produtividade dos setores.

Ainda conforme Brunstein e Barrela (1995), o crescente uso de medidas parciais de produtividade é um indício de que o controle das empresas está deixando de ser feito apenas por medidas financeiras, para utilizar mais medidas operativas.



Os mesmos autores postulam que a função dos índices operacionais de produtividade segue dois direcionamentos distintos:

- a) Diagnosticar os problemas de produtividade, observando sua evolução histórica e comparando-os com algum padrão;
- b) Verificar o impacto sobre a produtividade, referente à alguma mudança realizada na produção.

Tais índices de produtividade são, normalmente, utilizados para dar apoio às decisões técnicas da empresa. Alguns desses parâmetros estão exemplificados a seguir: Porcentagem de tempo e ritmo; Porcentagem de capacidade; Porcentagem de contribuição do produto; Porcentagem de material com qualidade.

### **Diagrama de Pareto e Carta de Controle**

Durante os processos de produção sempre existe a presença de variabilidade, seja ela devida a uma diferença entre máquinas, lotes de matérias-primas, diferença entre fornecedores, entre outros. Mesmo que sejam realizados grandes esforços para controlar a variabilidade, ela sempre existirá. Por isso é importante que exista um controle para que os produtos fabricados mantenham um nível de qualidade (WEKERMA, 1995).

O Gráfico ou Diagrama de Pareto é um gráfico de barras verticais por meio do qual a informação é disposta de forma a tornar-se evidente e visual a priorização de problemas e projetos (WEKERMA, 1995). O Gráfico de Pareto “é um diagrama que apresenta itens e a classe na ordem dos números de ocorrências, apresentando a soma total acumulada”. A análise da curva de porcentagem acumulada pode ser útil para a definição de quantos tipos de defeitos devem ser atacados, para que seja possível atingir certo objetivo de resultado (ROTONDARO, 2005).

### **Carta de Controle**

Segundo Werkema (1995, p. 182), “Os gráficos (carta) de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade e para avaliação da estabilidade de um processo”. Verificar a estabilidade de um processo evita que haja um processo instável capaz de gerar produtos defeituosos, perda de produção, baixa qualidade, ou seja, resultar na perda da confiança do cliente. A autora afirma que existem dois tipos de causas para a variação: causas comuns ou aleatórias e as causas especiais ou assinaláveis. O primeiro são variações provocadas por uma variabilidade natural do processo. Quando apenas a causa natural está presente, o processo de mantém numa faixa estável, chamada de faixa característica do processo. Assim, diz-se que o processo está sob controle. Quando as causas esporádicas se apresentam, o processo está fora do controle estatístico, e é necessário ações para



eliminar essas causas. O gráfico de controle é composto por uma linha média, um par de limites de controle e valores característicos da qualidade.

## Método

De acordo com Gil (2002), o presente estudo se classifica como **descritivo-exploratório** quanto aos fins e **estudo de caso** com **pesquisa de campo** e documental quanto aos meios.

A empresa objeto de estudo atua no mercado brasileiro a aproximadamente 50 anos, possuindo um dos maiores e mais modernos parques gráficos do Brasil, com mais de 40.000 m<sup>2</sup> e rede de atendimento em todo país, fabricando revistas semanais de circulação nacional, rótulos para variados produtos, campanhas publicitárias em geral com produção de folders e exposições de livros de arte, contando com mais de trezentos funcionários.

Foram coletados dados primários e secundários no período de janeiro a junho de 2014, lançando-se mão do uso de planilhas e dos sistemas de registro e análise das informações fabris, sobretudo imergindo no processo de impressão – fator crítico de sucesso da eficiência da gráfica.

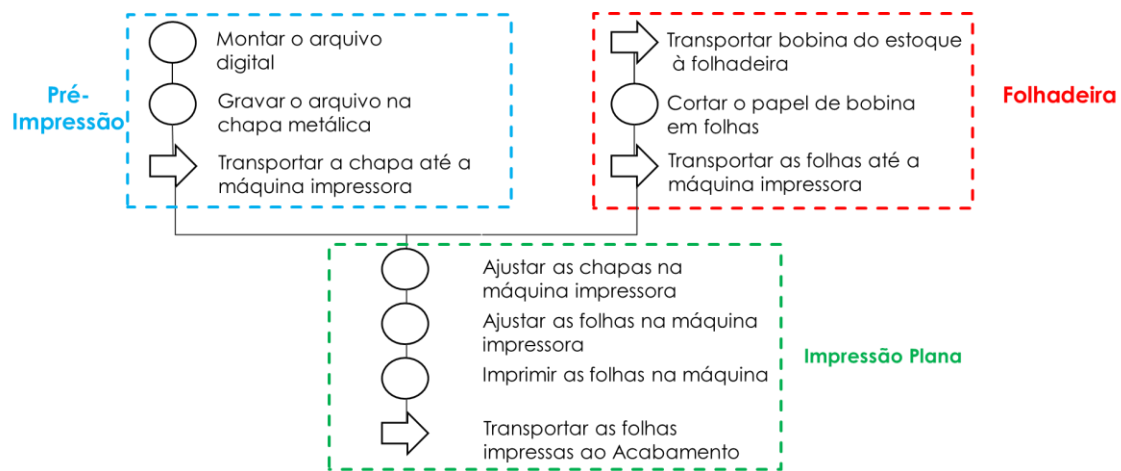
A ferramenta utilizada foi o Diagrama de Pareto para investigar, a priori, qual parada é responsável pelo maior tempo indisponível das máquinas. Identificada a parada, foi aplicado um novo diagrama de Pareto para identificar quais as ocorrências eram mais impactantes no tempo indisponível total.

Os dados coletados no software disponível na empresa foram transferidos para uma planilha do MS Excel®, na qual foi editado de tal forma que ficassem disponíveis o tempo decorrido em cada apontamento realizado e agrupados por parada realizada. Em seguida foi obtido o tempo total das paradas, com a finalidade de extrair a porcentagens de cada uma. Assim, foram dispostos na ordem decrescente, para então, serem medidas as porcentagens acumuladas. Feito isto, foram plotados num gráfico: as paradas em ordem decrescente no eixo horizontal, as porcentagens em ordem crescente no vertical; em formato de barras os respectivos valores de porcentagem e em formato de linha os valores, em sequência, da porcentagem acumulada.

## Resultados

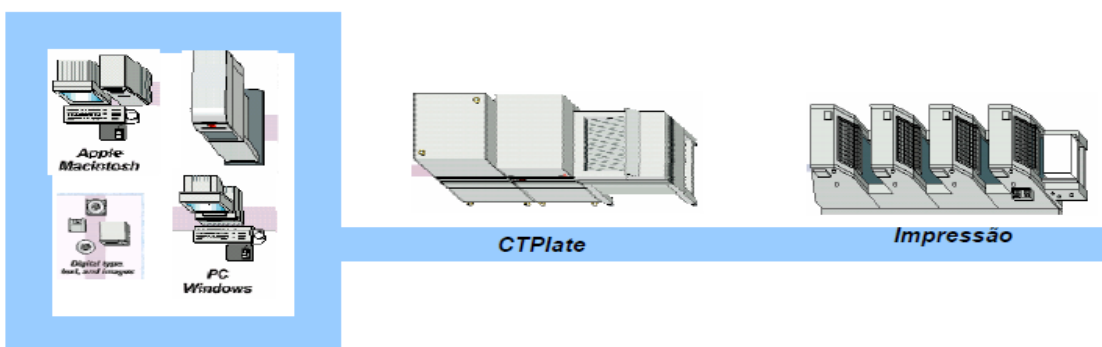
O fluxo do processo produtivo da impressão é dividido em três etapas: Pré-Impressão, Impressão e Acabamento. Na Pré-Impressão, ocorre a concretização das ideias de um artista gráfico em um arquivo digital que possa ser reproduzido em sistemas de impressão em escala industrial. É nessa etapa

também que ocorre a gravação dos elementos usados para realizar a impressão que pode ser, entre outros, fotolitos, chapas planográficas, estas usadas no processo em analisado. Já na Impressão, ocorre o processo onde se transfere para um suporte (papel, plástico, metal, etc.) a imagem do trabalho gráfico através da aplicação de pigmentos de diversas naturezas (tinta, toner, verniz, etc). Por sua vez, o Acabamento é a etapa onde é realizada a finalização do trabalho. Essa finalização pode ser dada desde um simples corte até uma aplicação de verniz aromático, ou uma película fina que protege contra arranhões, denominada laminação. A Figura a seguir ilustra o fluxograma produtivo da impressão.



**Figura 05** – Fluxo do Processo Produtivo

O esquema abaixo detalha como ocorre a transição entre a Pré-Impressão e a Impressão na gráfica em questão. A ideia é convertida em um arquivo de arte digital. Esta é, então, detalhada em quatro cores básicas, o ciano (C), o magenta (M), o amarelo (Y) e o preto (K). Através da mistura em diferentes proporções de CMYK podemos formar todas as cores visualizadas em um material impresso.



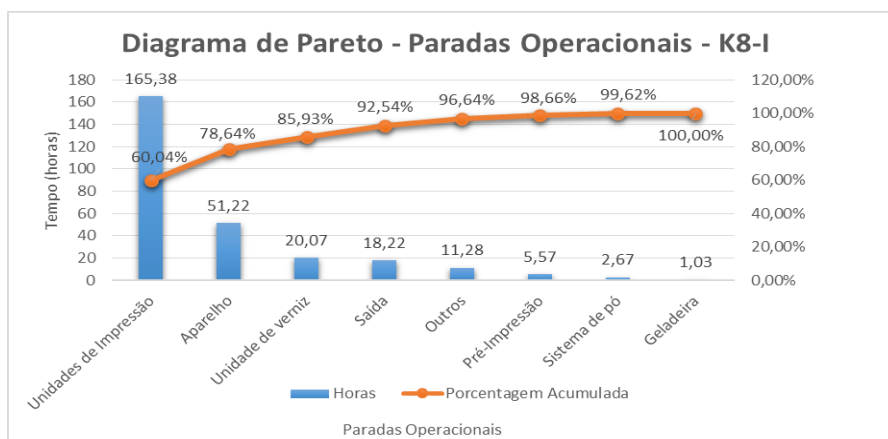
**Figura 06** - Esquema de fluxo de produção *computer to plate*

Na Impressão foco é o monitoramento dos indicadores que são gerados pelos apontamentos de produção realizados pelo operadores de máquina e em tempo real. Os apontamentos são realizados

pelos operadores num programa de computador, onde são armazenados num software desenvolvido na empresa, chamado “Programação de Máquinas”, em formato de planilha digital. Essa planilha é então exportada para outro software, no qual é possível realizar um tratamento dos dados coletados.

O processo sofre direta influência da variedade de produtos e das customizações desenvolvidas com foco no atendimento aos clientes.

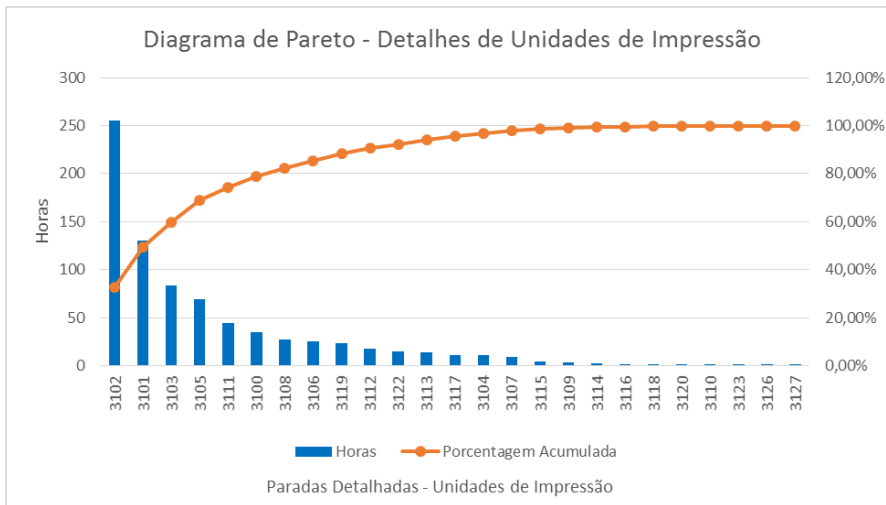
Com o intuito de identificar as principais interrupções no processo de impressão da gráfica foi aplicado o conceito de Pareto para identificar quais paradas tem maior impacto na indisponibilidade das máquinas.



**Gráfico 01** – Diagrama de Pareto das Paradas Operacionais)

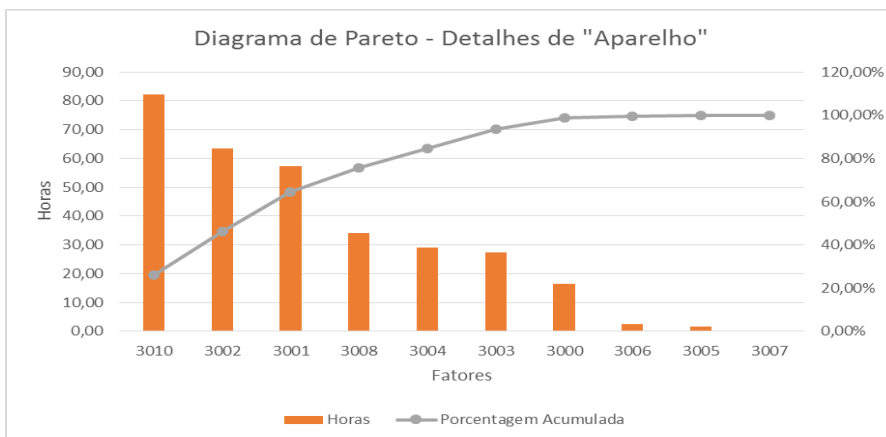
As interrupções que apresentam maior representatividade são “Unidades de Impressão” e “Aparelho”. A primeira devido as constantes paralisações para preparar o sistema de impressão entre uma OP e outra, como por exemplo: limpar os cilindros de impressão, configurar as cargas de tinta, trocar os insumos do processo, entre outras ações necessárias para o *setup*. Já a interrupção “Aparelho” se sobressai, basicamente, devido à falta de um procedimento padrão, que é perceptível com a falta de matéria-prima entre os processos subsequentes, seja devido a uma dificuldade em realizar o *setup* por parte do operador da impressão, seja devido a uma quantidade menor que o operador da folhadeira tenha enviado à impressão.

Neste contexto determinou-se quais apontamentos são mais representativos na composição daquela interrupção.



**Gráfico 02** – Diagrama de Pareto para “Unidades de Impressão”

Aplicado o princípio de Pareto, identificou-se como principais fatores das interrupções: “Lavagem da blanqueta”, “Troca da blanqueta ou calço”, “Lavagem da rolaria”, “Limpeza do contra-pressão” e “Caroço”.



**Gráfico 03** – Diagrama de Pareto para “Aparelho”

Neste caso, o Diagrama de Pareto para o detalhamento de “Aparelho”, apresenta-se menos desequilibrado, devido aos fatores causadores estarem distribuídos de forma mais igualitária. Neste contexto, destacaram-se: “Requisição extra de papel” e “Aguardando a secagem do impresso”.

Diante disto, percebe-se que existe um conjunto de variáveis que interferem diretamente no processo produtivo. Estas variáveis englobam os aspectos que dizem respeito ao Planejamento e Controle da Produção (PCP), controle de matéria-prima, insumos produtivos, manutenção de máquinas, operação e tecnologia de processo. Sendo assim, estabeleceu-se uma relação entre os fatores mais impactantes na impressão com suas respectivas causas e uma proposta de mitigação das interrupções.

FATOR	CAUSA	MITIGAÇÃO
<b>3102 - LAVAGEM DA BLANQUETA</b>	Ordens de produção (OP's) com forte diferença de gramatura	Programar a produção com OP's de gramaturas similares em sequência
<b>3101 - TROCA DA BLANQUETA OU CALÇO</b>	OP's com forte diferença de gramatura	
<b>3103 - LAVAGEM DA ROLARIA</b>	Troca do tipo do papel impresso	Programar a produção com OP's de tipos de papel similares em sequência
<b>3105 - LIMPEZA DO CONTRA-PRESSÃO</b>	Variação brusca da carga de tinta entre OP's	Programar a produção com OP's de cargas de tinta similares em sequência
<b>3111 - CAROÇO</b>	Problema na linha de abastecimento de tinta	Manutenções periódicas na linha de abastecimento de tinta
<b>3010 - REQUISICÃO EXTRA DE PAPEL</b>	Dificuldades no Setup e/ou Envio a menor pela folhadeira	Treinar colaboradores em TRF e/ou controlar produção da folhadeira
<b>3002 - AGUARDANDO SECAGEM DO IMPRESSO</b>	Aplicação de forte carga de tinta em papel de gramatura baixa (<115g/m <sup>2</sup> )	***

**Quadro 02** – Proposição para mitigação das interrupções

Quanto a eficiência da linha, delimitou-se os tipos de apontamentos disponíveis, de modo a sistematizar e consolidar os dados em relatórios gerenciais e gráficos, assim, aferindo a eficiência do processo e suas máquinas, usa-se o banco de dados de paradas para estratificação.

Para construir os indicadores é necessário consolidar os conceito de tempo disponível (TD), horas produtivas (HP), horas produtivas líquida (HPL) e horas de paradas operacionais (HPO) na jornada de trabalho, que são explicados a seguir:

<b>Horas disponíveis (HD), em horas:</b> soma de Acerto, Parada não-informada (acerto), Produção, Parada não-informada (produzindo), Manutenção Preventiva Operacional, Manutenção Preventiva, Falha na programação, Falta de Serviço, Parada Programada pelo PCP, Pré-impressão, Aparelho, Unidade de impressão, Unidade de verniz, Saída, Geladeira, Sistema de pó, Manutenção corretiva e Outros.
<b>Horas Úteis (HU), em horas:</b> soma de Acerto, Parada não-informada (acerto), Produção, Parada não-informada (produzindo), Pré-impressão, Aparelho, Unidade de impressão, Unidade de verniz, Saída, Geladeira, Sistema de pó e Outros.
<b>Horas Produtivas Bruta (HPB), em horas:</b> soma de Acerto, Parada não-informada (acerto), Produção e Parada não-informada (produzindo).
<b>Horas Produtivas Líquida (HPL), em horas:</b> soma de Produção.

De posse destas informações, a caracterização das medidas fica desta forma:

<b>DISPONIBILIDADE = (HU)/(HD) :</b> Este índice mede o quanto a linha está efetivamente disponível para a produção.
<b>EFICIÊNCIA DE LINHA BRUTA = (HPB)/(HU) :</b> Este índice mede o quanto a linha se dedica efetivamente à produção.
<b>EFICIÊNCIA DE LINHA = (HPL)/(HU) :</b> Este índice mede o quanto a linha está efetivamente produzindo.

Nos quadros a seguir, estão apresentados os valores individuais de cada máquina componente e a média geral da linha de impressão plana.

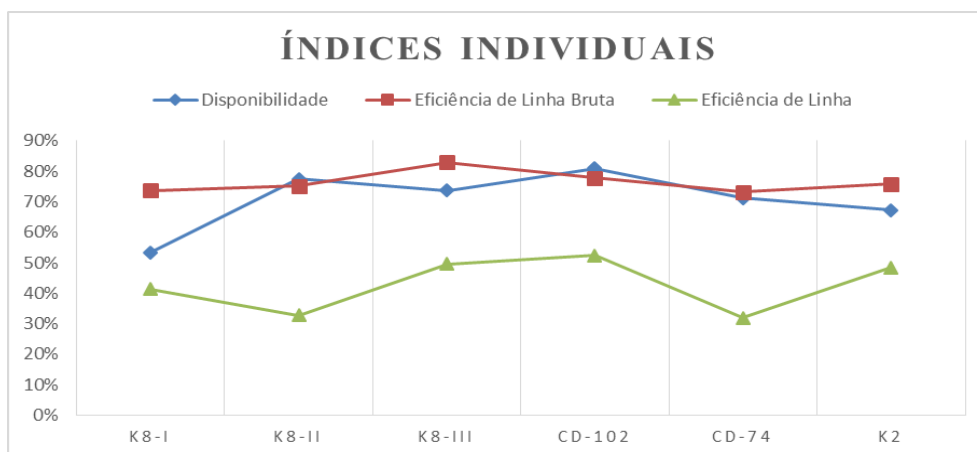
K8-I		K8-II		K8-III	
Disponibilidade	53,44%	Disponibilidade	77,50%	Disponibilidade	73,79%
Eficiência de Linha Bruta	73,70%	Eficiência de Linha Bruta	75,12%	Eficiência de Linha Bruta	82,94%
Eficiência de Linha	41,31%	Eficiência de Linha	32,74%	Eficiência de Linha	49,62%
CD-102		CD-74		K2	
Disponibilidade	81,05%	Disponibilidade	71,20%	Disponibilidade	67,33%
Eficiência de Linha Bruta	77,85%	Eficiência de Linha Bruta	73,23%	Eficiência de Linha Bruta	75,88%
Eficiência de Linha	52,33%	Eficiência de Linha	31,98%	Eficiência de Linha	48,42%

**Quadro 04** – Valores individuais para cada máquina da linha

Média Geral da Linha	
Disponibilidade	70,72%
Eficiência de Linha Bruta	76,45%
Eficiência de Linha	42,73%

**Quadro 05** – Valores das médias gerais da linha

Plotados, esses valores foram o seguinte gráfico apresentado a seguir:



**Gráfico 04** – Índices de eficiência da linha

Ao analisar o gráfico, é notável a presença de um *gap* entre as linhas “Eficiência de Linha Bruta” e “Eficiência de Linha”, isso ocorre entre esses índices devido a grande quantidade de tempo necessária para realização do *setup* das máquinas.

Percebe-se também uma perda substancial, em média de 30%, com interrupções que não dizem respeito, diretamente, ao setor de impressão. Estas interrupções são: Manutenção Preventiva Operacional, Falha na programação, Falta de Serviço, Parada Programada pelo PCP e Manutenção Corretiva.

Com resoluções acuradas do PCP, as causas externas ao setor estudado devem ser reduzidas ou eliminadas, o que resulta em melhoria no indicador “Disponibilidade”.

No que diz respeito as interrupções internas do setor, a implantação de soluções baseadas nos conceitos de FMEA melhoraria o indicador “Eficiência de Linha Bruta”, bem como a realização de treinamentos em Troca Rápida de Ferramentas aumenta o índice “Eficiência de Linha”, o que acaba reduzindo o *gap* as duas linha de eficiência.

Para determinar o impacto das interrupções foram feitos quadros individuais dos equipamentos que comparam a situação ocorrida, em termos de quantidade de folhas impressas, com uma situação hipotética em que as duas principais interrupções sofressem uma redução de 1% (um por cento) nos seus valores totais, em horas, e essas horas – economizadas em paradas - fossem acrescidas em “Produção”, durante os seis meses analisados. Depois foi feito para uma redução de 5% (cinco por cento) e também para 10% (dez por cento), respectivamente. A seguir, são apresentados os quadros comparativos.

K8-I					
Real		Oportunidade (-1%)		(-5%)	(-10%)
Folhas (fls)	3.755.824	Folhas (fls)	3.774.623	3.849.817	3.943.810
Horas (h)	432,75	Horas (h)	434,92	443,58	454,41
Velocidade (fls/h)	8.679	Velocidade (fls/h)	8.679	8.679	8.679
Und. de Impressão (h)	165,38	Und. de Impressão (h)	163,73	157,11	148,84
Aparelho (h)	51,22	Aparelho (h)	50,70	48,66	46,10
<b>Ganho na quantidade de folhas impressas de:</b>			<b>18.799</b>	<b>93.993</b>	<b>187.986</b>

Tabela 01 – Comparação da K8-I

K8-II					
Real		Oportunidade (-1%)		(-5%)	(-10%)
Folhas (fls)	4.958.981	Folhas (fls)	4.984.485	5.086.502	5.214.022
Horas (h)	629,53	Horas (h)	632,77	645,72	661,91
Velocidade (fls/h)	7.877	Velocidade (fls/h)	7.877	7.877	7.877
Und. de Impressão (h)	244,85	Und. de Impressão (h)	242,40	232,61	220,37
Und. de verniz (h)	78,92	Und. de verniz (h)	78,13	74,97	71,03
<b>Ganho na quantidade de folhas impressas de:</b>			<b>25.504</b>	<b>127.521</b>	<b>255.041</b>

Tabela 02 – Comparação da K8-II

K8-III					
Real		Oportunidade (-1%)		(-5%)	(-10%)
Folhas (fls)	6.697.832	Folhas (fls)	6.715.625	6.786.797	6.875.762
Horas (h)	694,67	Horas (h)	696,51	703,89	713,12
Velocidade (fls/h)	9.642	Velocidade (fls/h)	9.642	9.642	9.642
Und. de Impressão (h)	120,12	Und. de Impressão (h)	118,92	114,11	108,11
Aparelho (h)	64,42	Aparelho (h)	63,78	61,20	57,98
<b>Ganho na quantidade de folhas impressas de:</b>			<b>17.793</b>	<b>88.965</b>	<b>177.930</b>

Tabela 03 – Comparação da K8-III



CD-102					
Real		Oportunidade (-1%)		(-5%)	(-10%)
Folhas (fls)	7.973.982	Folhas (fls)	7.998.056	8.094.350	8.214.718
Horas (h)	935,67	Horas (h)	938,49	949,79	963,91
Velocidade (fls/h)	8.522	Velocidade (fls/h)	8.522	8.522	8.522
Und. de Impressão (h)	215,98	Und. de Impressão (h)	213,82	205,18	194,38
Aparelho (h)	66,50	Aparelho (h)	65,84	63,18	59,85
<b>Ganho na quantidade de folhas impressas de:</b>			<b>24.074</b>	<b>120.368</b>	<b>240.736</b>

Tabela 04 – Comparação da CD-102

CD-74					
Real		Oportunidade (-1%)		(-5%)	(-10%)
Folhas (fls)	3.474.100	Folhas (fls)	3.495.600	3.581.600	3.689.100
Horas (h)	466,50	Horas (h)	469,39	480,94	495,37
Velocidade (fls/h)	7.447	Velocidade (fls/h)	7.447	7.447	7.447
Und. de Impressão (h)	195,17	Und. de Impressão (h)	193,22	185,41	175,65
Aparelho (h)	93,53	Aparelho (h)	92,59	88,85	84,18
<b>Ganho na quantidade de folhas impressas de:</b>			<b>21.500</b>	<b>107.500</b>	<b>215.000</b>

Tabela 05 – Comparação da CD-74

K2					
Real		Oportunidade (-1%)		(-5%)	(-10%)
Folhas (fls)	2.055.035	Folhas (fls)	2.061.777	2.088.747	2.122.460
Horas (h)	263,22	Horas (h)	264,08	267,53	271,85
Velocidade (fls/h)	7.807	Velocidade (fls/h)	7.807	7.807	7.807
Und. de Impressão (h)	47,13	Und. de Impressão (h)	46,66	44,77	42,42
Und. de verniz (h)	39,23	Und. de verniz (h)	38,84	37,27	35,31
<b>Ganho na quantidade de folhas impressas de:</b>			<b>6.742</b>	<b>33.712</b>	<b>67.425</b>

Tabela 06 – Comparação da K2

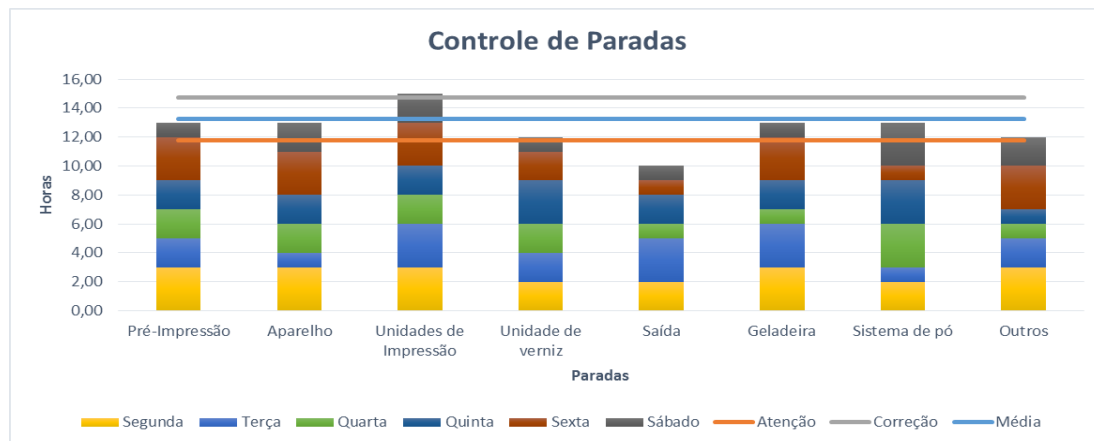
Real x Oportunidade			
Folhas - Real	Folhas (-1%)	(-5%)	(-10%)
28.915.754	29.030.166	29.487.813	30.059.872
Diferença de folhas	114.412	572.059	1.144.118

Tabela 07 – Comparação total

Tomando como base de análise a Medida de Produtividade de Fator Simples e o modelo proposto por Hronec - que abrange os parâmetros de quantidade, tempo e velocidade, percebe-se que os ganhos são substanciais na quantidade de folhas impressas ao aplicar pequenas reduções nas interrupções do processo. Isso indica que uma implementação da ferramenta FMEA pode gerar fortes impactos positivos para o processo produtivo analisado.

A proposta de sistemática apresentada parte, inicialmente, da implantação de um indicador que apresenta as paradas no eixo das abcissas e a unidade de tempo, em horas, no das ordenadas. E as

horas serão preenchidas no decorrer de uma semana intervalada por dia. Além disto, existem duas linhas horizontais que demandam ações diferentes: a primeira linha requer do gestor um acompanhamento mais atento à parada que a alcançou; e a segunda linha, ao ser alcançada, indica que é necessário realizar uma investigação nas ocorrências da parada afim de uma atuação corretiva e definitiva na operação. O gráfico é exemplificado abaixo.



**Gráfico 05** – Controle de Paradas Semanais

Com relação ao gráfico, nele é usado a técnica da Carta de Controle, que conta com uma linha de medida central e duas linhas de limites de controle. A linha de medida central é calculada com base nos dados históricos e é uma média da quantidade de tempo decorrido nas interrupções. As linhas de limites de controle são calculadas através do desvio-padrão dos dados do universo utilizado; a linha do limite superior de controle (Correção) é a soma da média com três desvios-padrão, já a linha do limite inferior de controle (Atenção) é a diferença entre a média e três desvios-padrão.

Após sua implementação, é necessário alimentá-lo com os dados apontados pelo operadores e extrair suas informações para basear as ações. Essas ações devem ser realizadas em duas frentes: no plano operacional, seja realizando treinamento, modificação de arranjo físico, alteração nos procedimentos padrões, com o objetivo de diminuir o tempo gasto na ocorrência; e no plano da ferramenta de controle, para reconfigurar os índices de parada, antes estabelecidos, com os resultados obtidos recentemente.

Assim, a lógica determinada para alcançar a redução do tempo de paradas operacionais pode ser resumida desta forma: implantação dos indicadores, alimentação dos indicadores para obter resultados e agir corretivamente na operação e nos índices de paradas; conforme a figura a seguir:

Sendo assim, a ferramenta FMEA interage com a proposição apresentada no que diz respeito aos parâmetros que são englobados, pois com a estratificação das paradas através do diagrama de Pareto e sua decorrente categorização em Macro Paradas e Micro Parada, terminam por fomentar o conceito da

análise do modo de falha, que por sua vez se apoiam da divisão das categorias em: Severidade, Frequência e Detecção – De modo a promover um melhor alinhamento da Programação de Produção com a Programação de Manutenção, preventivamente, minimizando o tempo de setup, dentre outras medidas de redução de perdas operacionais.

Esta relação entre a proposta apresenta e o FMEA, a propósito, fornece base para o desenvolvimento do indicador OEE, ou EGP, que objetiva reduzir os seis grandes perdas do equipamento.

## Conclusões

As interrupções mais impactantes no tempo efetivo de produção são “Unidades de Impressão”, com 54,73%, e “Aparelho” com 21,94%, totalizando 76,67% do tempo total.

Os fatores causadores de “Unidades de impressão” mais impactantes são : “Lavagem da blanqueta”, “Troca da blanqueta ou calço”, “Lavagem da rolaria”, “Limpeza do contra-pressão” e “Caroço”, e totalizam 74,34% do tempo total.

Com relação a “Aparelho”, eles se apresentam como “Requisição extra de papel” e “Aguardando a secagem do impresso”, e totalizam 46,31% do tempo total.

No que diz respeito a cálculo da eficiência de linha, os três indicadores montados, num média geral das seis máquinas componentes da linha, apresentam os valores de: 70,72% na disponibilidade; 76,45% na eficiência de linha bruta e 42,73% na eficiência de linha (líquida).

No tocante a determinação do impacto das interrupções, os valores abordados dizem respeito a quantidade de folhas impressas, e com uma redução de 1% (um por cento) no tempo de cada uma das paradas, representam um ganho de produção de folhas impressas de 114.412.

Para a proposta de sistemática de análise, foi montado um gráfico dinâmico alimentado em tempo real com os dados das interrupções que ocorrem durante o dia para cada máquina do setor.

Para alavancar os indicadores do processo deve-se incorporar os indicadores de custos voltados para o impacto financeiro das interrupções, montar um painel alimentado com informações em tempo real para os gestores, fortalecer o alinhamento dos objetivos estratégicos com as operações, realizar treinamentos de Troca Rápida de Ferramenta, monitorar constantemente os resultados das

interrupções e seus fatores, fortalecer tecnicamente as resoluções internas no PCP e treinar os operadores com relação à mitigação das interrupções.

## Referências

- ABIGRAF – Associação Brasileira da Indústria Gráfica. In: **Boletim de Atividade Industrial – Nº 21**, São Paulo. Novembro, 2013.
- BLUVBAND, Z & GRABOV, P. **Failure Analysis of FMEA**. IEEE Transactions of Reliability, 2009.
- BONANOMI, Roberto Carlos. **Aplicação da Teoria Grey e FMEA – Análise dos Modos de Falhas e Efeitos na Priorização dos Riscos de Projetos de Desenvolvimento de Software Produto**. Revista da Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 06, n. 04, 2010.
- BRUNSTEIN, Israel e BARRELA, Wagner Daümichen. Sistemas Flexíveis de Informações Baseadas em Medidas de Produtividade. In: **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – BT/PRO/07**. São Paulo: EPUSP (Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Produção), 1995, 14 p.
- DAL B.; TUGWILL P.; GREATBANKS R. **Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement a practical analysis**. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 20, n. 12, p. 1488-1502, 2000.
- DUNN R. L. **Predictive Maintenance Technologies**. *Plant Engineering*, v. 56, n. 6, p. 63-71, 2002.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D.; **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- FORD MOTOR COMPANY. **Failure Mode and Effects Analysis – FMEA Handbook**. Reference Manual, 2004.
- FRANCESCHINI, F. e GALETTO, M. **A new approach for evaluation of risk priorities of failure mode in FMEA**. *International Journal of Production Research*, v. 39, n. 13, p. 2991-3002, 2001.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 1995. 207 p.
- HRONEC, Steven M. **Sinais vitais: usando medidas do desempenho da qualidade, tempo e custo para traçar a rota do futuro de sua empresa**. São Paulo: Makron Books, 1994. 240p.
- JURAN, J.; GRZYNA, F. **Quality Control Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1998.
- LAFRAIA, J. R. B.; **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001, 374p.
- MCKONE K. E.; SCHROEDER R. G.; CUA K. **The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance**. *Journal of Operations Management*, v. 19, p. 39-58, 2001.
- MIRANDA, P., SILVA, J.D.G. Medição de Desempenho. In: SCHMIDT, P, *et al*. **Controladoria – Agregando Valor para a Empresa**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MOREIRA, M. A. **Administração da produção e operações**. 5ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- MUSCAT, Antônio R. N.; FLEURY, Afonso C. C. Indicadores de qualidade e produtividade na indústria brasileira. **Revista de Indicadores de Qualidade e Produtividade**, 1992, v. 1, n. 2.

RESENDE, José Flávio B. **Indicadores de desempenho para as gráficas de pequeno porte da região metropolitana de Belo Horizonte.** Florianópolis: UFSC, 2003, 96 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROTONDARO, R. G.; MIGUEL, P. A. C.; FERREIRA, J. J. A. **Gestão da Qualidade.** Rio de Janeiro: Campus, 2005.

SINK, D. Scott; TUTTLE, Tomas C. **Planejamento e medição da performance.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993. 343p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; BETTS, A. **Gerenciamento de operações e processos.** São Paulo, SP: Pearson Books, 2006.

SWASON, L. **Linking Maintenance strategies to performance.** *International Journal of Productions Economics.* v. 70, p. 237-244, 2001.

VIEIRA, Erlon Celso de Souza. **Metodologia FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas e Orientações Estratégicas.** Monografia apresentada no curso de Pós-Graduação Lato Sensu de Gestão da Produção da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2008.

WIREMAN, T. **Developing performance indicators in managing maintenance.** New York, NY: Industrial Press Inc., 1998.

YANG *et al.* **A study on applying FMEA to improving ERO introduction: An example of semiconductor related industries in Taiwan.** *International Journal of Quality & Reliability Management.* Vol 23, n. 3, p. 298-322, 2006.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.