

# REPERCUSSÕES DOS PROBLEMAS CONCEITUAIS DO CÁLCULO DO IROG: UM ESTUDO DE CASO SOBRE ADOÇÃO DE UM SOFTWARE NA INDÚSTRIA DE TRANSFORMADOS TERMOPLÁSTICOS

**Douglas Rafael Veit (UNISINOS)**

douglasveit@hotmail.com

**Tatiele Goncalves (URI)**

tatieleg@hotmail.com

**Daniel Pacheco Lacerda (UNISINOS)**

dlacerda@unisinis.br

**Ariel Peixoto Possebon (UNISINOS)**

arielpossebon@gmail.com



*Este trabalho tem como objetivo a avaliação da métrica de eficiência utilizada por uma indústria de transformados termoplásticos nos seus equipamentos de sopro e injeção após a implantação de um software destinado a calcular este indicador,, o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). Esta avaliação toma por base o modelo de Indicadores proposto por Goldratt na Teoria das Restrições e questiona a métrica utilizada pelo software, que recebia os dados corretos e gerava informações distorcidas levando os gestores à decisões equivocadas. Como resultado, o trabalho levou os gestores e tomadores de decisão da empresa a preocuparem-se não somente com o número gerado pelo software ou qualquer outra ferramenta de controle, mas sim entender como este indicador é calculado e garantir a informação correta.*

*Palavras-chaves: Indicadores, IROG, Teoria das Restrições, software*

## 1. Introdução

As barreiras locacionais, temporais e de acesso foram significativamente reduzidas e, por consequência, a competição tornou-se mais intensa e exige, cada vez mais, métodos avançados e inovativos para o avanço produtivo. Neste contexto, um dos desafios dos administradores de produção modernos é a busca de novos arranjos no Sistema de Produção, para sustentar sua sobrevivência e avanço no mercado. Um dos pontos de partida para isso é determinar as dimensões competitivas do mercado deve focar suas ações.

Após breve diagnóstico realizado na Empresa “X”, observou-se que uma fatia de mercado é perdida, pois os preços praticados são maiores que os preços da concorrência, o que evidenciou a busca da otimização dos ativos fixos da empresa, buscando, através do seu melhor aproveitamento, a redução do preço de venda dos produtos. Existem oportunidades para o crescimento da produtividade das empresas em geral, as quais exigem investimentos relativamente baixos, e que podem alavancar resultados expressivos, sem a necessidade de aquisição de novas máquinas e equipamentos. Essas oportunidades se concretizam a partir de soluções conceituais e práticas para os problemas de baixa eficiência operacional dos gargalos de produção.

Neste sentido, observou-se que estratégias de gestão, ferramentas e metodologias das mais diversas foram criadas e aprimoradas ao longo do tempo e a comprovação de que um Sistema de Gestão eficaz do gargalo do processo produtivo é extremamente essencial para o alcance da meta da Empresa.

Contudo, constatou-se que a Empresa “X” utilizava um software de coleta de dados de chão de fábrica que já trazia a eficiência dos equipamentos monitorados de maneira automática, porém este indicador não condizia com a realidade: o que era programado nunca era igual ao realizado, os tempos de setup eram altos e a manutenção também era uma causa de grande relevância. Mesmo com esses tempos de paradas aparentando-se elevados, a eficiência gerada pelo Sistema “Y”, girava na casa dos 90%.

Assim, este artigo visa aprofundar o estudo das métricas utilizadas para o cálculo da eficiência do Sistema Produtivo em geral e, em particular, da restrição. O principal pressuposto que leva a buscar a implantação dos indicadores corretos e, mais precisamente a métrica correta dos mesmos é o fato de que toda e qualquer Empresa, sob o ponto de vista da TOC, deve estabelecer como meta primordial ganhar dinheiro hoje e no futuro (ALVAREZ, 1996). O fato de uma empresa não ter indicadores é ruim, mas ter indicadores errados pode levar o gestor a decisões erradas e, o que é ainda pior, ter indicadores certos com métricas distorcidas pode causar um mal ainda maior às organizações.

A seguir será apresentado o referencial teórico necessário para o desenvolvimento do trabalho. Na sequência do mesmo, será descrita a abordagem metodológica que conduziu o estudo de caso e sustentou suas conclusões.

## 2. Referencial teórico

O presente referencial teórico objetiva explicitar alguns conceitos centrais que serão utilizados na condução da pesquisa e de suas conclusões. Para isso, inicia-se pela apresentação de alguns conceitos associados indicadores sob a ótica da Teoria das Restrições. Após a discussão inicial dos indicadores, apresentam-se os conceitos relacionados a Gestão do Posto de Trabalho e, mais especificamente, do Índice de Rendimento Operacional Global, o IROG.

## 2.1 Indicadores

Os indicadores podem ser considerados como um dos elementos para o controle a avaliação do desempenho das organizações. Colocando em perspectiva que “a meta de uma empresa é ganhar dinheiro hoje e no futuro” (GOLDRATT, 1991) são necessários indicadores (medidas) que informem se a organização está próxima ou distante dessa meta. Além disso, Goldratt (1991) argumenta que os indicadores são fundamentais, pois direcionam e alinham o comportamento dos profissionais com os interesses da organização. Isso pode ser ilustrado na seguinte afirmação: “diga-me como me medes e te direi como me comportarei, se me medires de forma ilógica não reclame de comportamento ilógico” (GOLDRATT, p. 28, 1991).

Assim sendo, Goldratt & Cox (1993) propõem Indicadores Globais de Desempenho e Indicadores Operacionais. Os Indicadores Globais que permitem medir o alcance da meta são: i) Lucro Líquido; ii) Retorno Sobre o Investimento; e; iii) Caixa. Por sua vez os Indicadores Operacionais, que devem servir para avaliar se as ações locais levam em direção à meta global da empresa, são: i) Ganho; ii) Inventário; iii) Despesa Operacional.

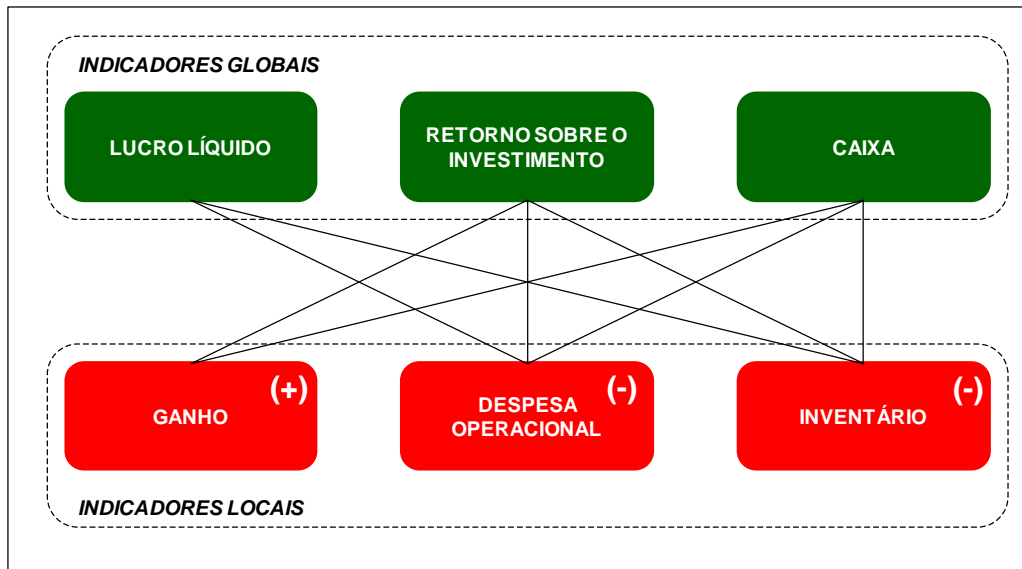


Figura 1: As Relações entre Indicadores Globais e Locais  
Fonte: Adaptado de Goldratt (1996)

De acordo com a Figura 1, pode-se observar a existência de uma forte relação entre os Indicadores Globais e Locais. O lucro Líquido pode ser medido através do Ganho menos as Despesas Operacionais, demonstrando que sempre que uma ação local tiver como consequência o aumento do Ganho ou a Redução de Despesas Operacionais, haverá um aumento do Lucro Líquido. Estas mesmas relações entre os conjuntos de Indicadores podem ser estabelecidas quando se considera que o Retorno Sobre o Investimento é a relação entre Lucro Líquido e Inventário. Assim, qualquer ação que reduza o Inventário contribui para um desempenho melhor desse Indicador Global. Pode-se afirmar também, que da mesma forma descrita anteriormente, as ações ou o conjunto de ações que melhorem um Indicador Local que tenham por finalidade aumentar o Ganho, reduzir as Despesas Operacionais e reduzir o Inventário terão reflexo positivo para o Caixa da Empresa.

Desta forma, o conjunto de Indicadores Locais e Globais garante que as ações da Organização direcionem a Empresa ao encontro da sua meta. Cabe destacar que, conforme Goldratt (1996), o ganho deve ser priorizado em qualquer iniciativa da Empresa, o que denominou de “Mundo dos Ganhos”. Porém o ganho de uma Empresa não pode ser considerado ilimitado, ou seja,

ele é limitado pela restrição existente dentro do Sistema Produtivo. Esta restrição foi definida por Goldratt & Cox (1993), como gargalos, ou seja, recursos que limitam a Empresa a ganhar mais dinheiro.

Partindo desta premissa, o indicador de eficiência (local) que mais se encaixa ao modelo de Indicadores descrito anteriormente é o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG). Na Figura 2 pode ser observado o impacto deste Indicador Local (Operacional) no conjunto de indicadores Globais.

<b>IROG NO GARGALO</b>	
<i>GANHO</i>	
<i>INVENTÁRIO</i>	
<i>DESPESAS OPERACIONAIS</i>	

Figura 2: Avaliação do Impacto do IROG do recurso gargalo nos indicadores Operacionais da TOC

Quando implantado no equipamento gargalo, se melhorado, este indicador aumenta o ganho, pois a empresa consegue fazer mais produção com o mesmo ativo (e por se tratar de um equipamento gargalo, os demais recursos devem absorver este aumento de produção). Também reduz despesa operacional e inventário, pois os estoques que ficavam antes do gargalo serão menores, por este estar com uma eficiência mais alta, e a necessidade de pessoal para movimentação do mesmo também cairá.

É importante destacar que o mesmo não aconteceria caso este indicador fosse implantado na linha como um todo, considerando a média das eficiências das operações, por exemplo. Caso fosse medido desta maneira, as eficiências de equipamentos não gargalos seriam aumentadas e, por consequência o Inventário teria o mesmo reflexo, bem como as Despesas Operacionais. Portanto, não basta apenas um bom indicador, é necessário que ele seja implantado no local correto, indo de encontro a Meta da Empresa.

A próxima seção tratará especificamente da metodologia da Gestão do Posto de Trabalho e seu principal indicador, o IROG.

## 2.2 Gestão do Posto de trabalho - GPT

A Gestão do Posto de Trabalho (GPT) deixa clara a necessidade de modificar a forma como os Postos de Trabalho vêm sendo gerenciados nas organizações, afirmação esta que pode ser ilustrada pelos ensinamentos de Goldratt e a TOC, ou seja, passar a gerenciar a fábrica pela restrição. O GPT objetiva melhor utilizar os ativos (equipamentos, instalações e trabalho) das empresas. Dentre os benefícios do GPT estão o aumento de capacidade dos recursos e a flexibilidade sem a necessidade de investimentos de capital.

Para se compreender melhor a GPT, é necessário o entendimento de três conceitos principais: O primeiro deles é o Gargalo, que são os recursos cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender a demanda do mercado. São eles que ditam o ritmo da produção da empresa. Segundo Antunes (1998), as CCRs são os Recursos com Capacidade Restrita, ou seja, em média, apresentam capacidade de produção maior que a demanda de mercado, porém quando gerenciados de maneira errada, podem apresentar os efeitos de um recurso gargalo devido a picos de balanceamento entre a sua demanda e a sua capacidade. Já o Terceiro conceito é o de Recursos com Problemas de Qualidade, os RPQs também são

críticos, principalmente quando se encontram após o gargalo, ocasionando perda de peças boas que já passaram pela restrição da empresa.

Para Antunes & Klippel (2001), a estrutura da GPT é composta por 5 elementos fundamentais a saber: i) as entradas do sistema, ii) o processamento propriamente dito, iii) as saídas do sistema, iv) o treinamento e v) a gestão do sistema. Estes elementos são ilustrados pelos autores conforme a Figura 3.

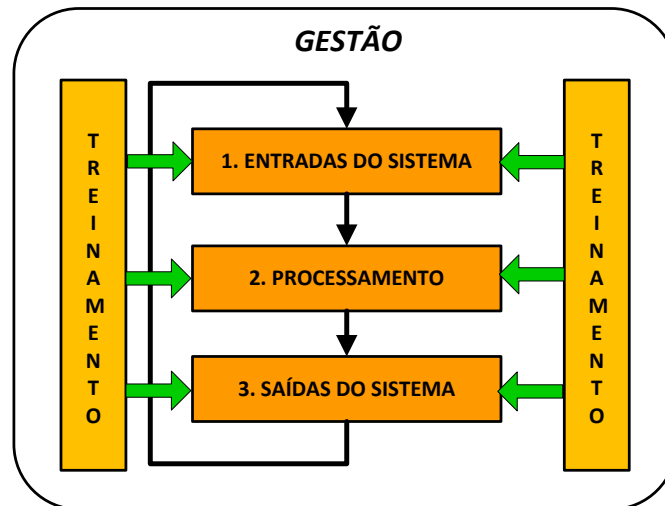


Figura 3: Estrutura de Gestão de Postos de Trabalho  
 Fonte: Adaptado de Antunes e Klippel (2001)

Assim sendo, a Gestão dos Postos de Trabalho deve ser realizada com o objetivo de melhorar os indicadores locais que levam à melhoria dos resultados globais da empresa. Portanto, é necessário calcular as eficiências destes Postos de Trabalho, a partir do cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global - IROG, com os gráficos destas eficiências sempre posicionados junto ao Posto de Trabalho para acompanhamento full time do operador e da gestão. Como seqüência, será realizada a descrição do Índice de Rendimento Operacional Global e seus índices.

Observando estes argumentos, o objetivo geral da GPT é alcançado, conforme descrito por Klippel (2006), onde a concepção geral que norteia a abordagem de Gestão dos Postos de Trabalho consiste em incrementar a utilização dos ativos (equipamentos, instalações e pessoal) nas Organizações, visando a otimização dos mesmos, aumentando a sua capacidade e a flexibilidade da produção, sem que seja necessária a realização de investimentos adicionais em termos de capital.

### 2.3 Índice de Rendimento Operacional Global – IROG

Várias técnicas foram desenvolvidas com o objetivo de reduzir os desperdícios existentes no fluxo da produção, objetivando sempre melhores resultados operacionais. Entre estas ferramentas destaca-se a Total Productive Maintenance – TPM, que tem como objetivo o desenvolvimento de uma forma de gestão do processo produtivo no sentido de aumentar o rendimento operacional dos mesmos. Esta ferramenta originou-se no conceito de manutenção preventiva, desenvolvido nos Estados Unidos. Como forma de monitorar o rendimento dos equipamentos, Nakajima (1989) propôs um indicador de eficiência operacional, denominado Índice de Rendimento Operacional Global – IROG, conhecido na literatura internacional como Overall Equipment Effectiveness – OEE quando o equipamento não for um recurso restritivo e Total Effective Equipment Productivity – TEEP quando o equipamento for um recurso restritivo.

Nakajima (1989) destaca que o IROG é resultado da multiplicação de três outros índices: i) o Índice de Tempo Operacional – ITO (Índice de Disponibilidade), relacionado com os tempos de parada dos equipamentos; ii) o Índice de Performance Operacional - IPO (Índice de Desempenho), relacionado com a queda de velocidade durante a operação dos equipamentos e pequenas paradas temporárias e outras perdas não registradas e; iii) Índice de Produtos Aprovados - IPA (Índice de Qualidade), relacionado com a produção de itens com defeitos.

Hansen (2002) relaciona as perdas por paradas não programadas (Downtime) e as perdas por tempo de parada (Stop Time) com o Índice de Disponibilidade; a perda de velocidade (Speed Loss) com o Índice de Performance e a perda por não qualidade (Quality Rate) com o Índice de Qualidade.

Nakajima (1989) propõe para Empresas Classe Mundial no ramo metal-mecânico a obtenção de IROG superior a 85%, sendo necessário, para tanto, que o Índice de Disponibilidade seja superior a 90%; o Índice de Desempenho seja superior a 95% e o Índice de Qualidade seja superior a 99%.

Para avaliar o indicador de eficiência dos equipamentos, é necessário conhecer como este é calculado. Esta eficiência é calculada através do IROG (Índice de Rendimento Operacional Global), proposto por Nakajima (1989).

Existem duas formas para o cálculo do índice de Eficiência Global de um recurso ou equipamento. A primeira trata da multiplicação do índice de Tempo Operacional (ITO), o Índice de Performance operacional (IPO) e o Índice de Produtos Aprovados (IPA), sendo que o ITO representa o tempo total em que a máquina ficou disponível, desconsiderando as paradas pelos mais diversos motivos, o IPO mede o tempo das operações em vazio e quedas de velocidade e o IPA o índice de produtos aprovados, sem considerar o tempo gasto para sucata e retrabalho. Através da segunda forma o Índice de Eficiência global pode ser calculado através do somatório da multiplicação da quantidade de produtos feitos no equipamento multiplicado pelo tempo de ciclo dos mesmos, dividido pelo tempo disponível deste equipamento, sendo que este Tempo Disponível pode ser diferente dependendo do recurso em análise: se for gargalo (restrição) deve ser considerado como Tempo calendário (TEEP) sem que sejam descontadas as paradas programadas. Caso o recurso não seja gargalo pode ser considerado o Tempo Disponível menos as paradas programadas (OEE). Na Figura 4 são demonstradas as duas equações utilizadas para o cálculo do IROG Global.

$$\mu_{\text{global}} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$
$$\mu_{\text{global}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi} \times q_i}{T}$$

Figura 4: Equações para o Cálculo da Eficiência Global  
Fonte: Adaptado de Hansen (2002)

Estas equações são centrais para o entendimento do artigo em questão. A partir delas se dará o Estudo de Caso descrito no capítulo seguinte. Em uma afirmação simples, pode-se dizer que a eficiência global dos equipamentos é o somatório do tempo de agregação de valor dividido pelo tempo disponível do recurso.



A hierarquia dos índices de Tempo Operacional ( $\mu_1$ ), Performance Operacional ( $\mu_2$ ) e Produtos Aprovados ( $\mu_3$ ), é ilustrada conforme a Figura 5.

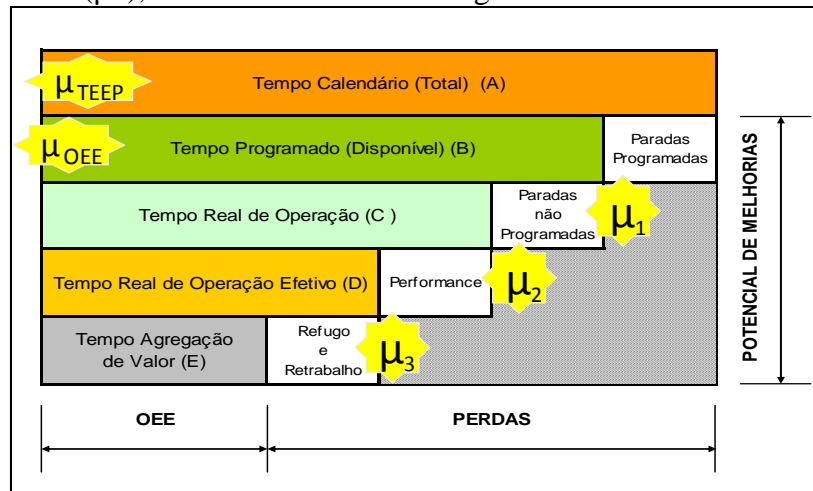


Figura 5: Hierarquia dos índices que compõem o IROG Global ( $\mu_g$ )  
 Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

A próxima seção vai tratar de como foi realizada a abordagem metodológica para a realização do trabalho, tanto relacionada com o método de pesquisa quanto ao método de trabalho utilizado.

### 3. Abordagem Metodológica

O método proposto para a realização desta pesquisa foi o Estudo de Caso. Para fundamentar o Estudo de Caso neste trabalho, a literatura dispõe um amplo leque de discussões sobre a problemática do Método do Estudo de Caso.

A estratégia do Estudo de Caso como metodologia de pesquisa tem sido amplamente utilizada na pesquisa acadêmica, embora nem sempre seja bem compreendida ou avaliada. É difícil sintetizar o material, visto que não há consenso sobre a natureza dessa estratégia de pesquisa (ROESCH, 1999).

Neste contexto amplo de discussão podem-se observar autores que definem o Método do Estudo de Caso não propriamente como um Método de Pesquisa, mas sim em relação a um objeto escolhido.

De acordo com Roesch (1999) existem duas perspectivas que são centrais para caracterizar os Estudos de Caso como uma estratégia de pesquisa legítima que são:

- a) Estudar os fenômenos em profundidade levando-se em conta o contexto, ou seja, a adequação do Método para a realização de estudos dos processos;
- b) Permitir o estudo dos fenômenos contemporâneos a partir de vários ângulos de observação e análise.

Ainda, conforme Roesch (1999) existem Estudos de Caso cujo objetivo consiste em descrever realizações práticas nas organizações ou, de outro lado, recomendar alterações internas nas Organizações.

Segundo Roesch (1999, pág.199): "representam o que Stablein (1996) denomina de casos-exemplo, segundo ele o tipo mais utilizado em pesquisa organizacional. A realidade organizacional do pesquisador, nesse caso, consiste em problemas, processos ou soluções quase universais relevantes à maioria das organizações. Este, segundo sua definição, é o tipo

específico de Estudo de Caso que o pesquisador tende a estar menos preocupado em criticar a realidade e algumas vezes está comprometido com a organização como participante ou consultor".

De outro lado, Yin (2001) descreve e defende a contribuição do Estudo de Caso como forma de pesquisa para a compreensão que um amplo conjunto de fenômenos que vão desde individuais, até os Organizacionais, Sociais e Políticos.

Para a condução deste trabalho foram seguidos os procedimentos ilustrados na Figura 6. Cabe destacar que o estudo em questão contemplou desde a fase de diagnóstico até a implantação da solução proposta para o caso.

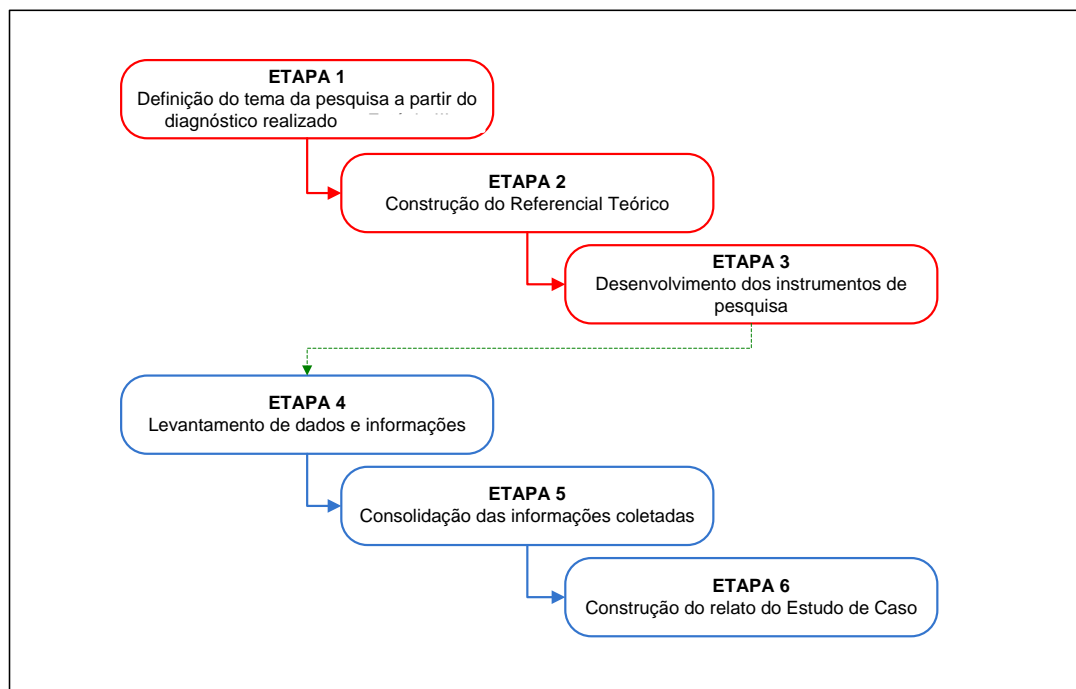


Figura 6: Método de Trabalho utilizado para o desenvolvimento do Estudo

A primeira parte do Estudo de Caso contemplou um diagnóstico realizado no Setor de Produção e algumas áreas que impactavam diretamente na mesma. Dados como volume de pedidos, lógica utilizada na programação e capacidade x demanda foram verificados para confirmar as afirmações dos responsáveis da empresa.

Após esta etapa foi construído o referencial teórico com o objetivo de sustentar as idéias e as metodologias que foram usadas para o estudo do caso em si e a proposta de solução dos problemas. Do mesmo modo, na etapa 3 foram descritos os métodos de pesquisa e de trabalho utilizados no desenvolvimento do trabalho.

As etapas 4,5 e 6 tratam da realização do Estudo de caso em si, ou seja, o trabalho realizado no campo. Na etapa 4 foram realizadas as coletas de dados e informações necessárias para a estruturação e implantação e comparação dos modelos utilizados para a medida de eficiência dos equipamentos, ou seja, a tabulação dos dados do Sistema "Y" e dos apontamentos manuais para a aplicação do Modelo Teórico Conceitual. Na etapa 5 estas informações foram consolidadas e as comparações realizadas, gerando as primeiras conclusões e ações pertinentes para a correção dos problemas diagnosticados. A última etapa tratou da consolidação deste estudo em um documento e das conclusões finais do Estudo de Caso. Com a abordagem metodológica concluída, a próxima seção apresenta o Estudo de Caso e seus



resultados.

#### 4. Estudo de Caso

O Estudo de Caso foi realizado em uma indústria de transformados termoplásticos localizada na cidade de Erechim, Rio Grande do Sul. O faturamento anual da empresa em questão quase dobrou nos últimos 3 anos, passando de 15 milhões de reais em 2008 para 27 milhões de reais em 2010, o que mostra, também, o incremento no volume de produção. O foco deste estudo de caso é a linha de injetados termoplásticos, mais precisamente os equipamentos de sopro e injeção, os quais foram apontados pelos responsáveis pela empresa como sendo restritivos para a mesma, de modo que estavam trabalhando em 3 turnos e ainda não conseguiam atender todos os pedidos.

Com o intuito de melhorar a utilização dos recursos (ativos fixos) da empresa, principalmente das máquinas de sopro e injeção, consideradas gargalos da Empresa “X” (operam em três turnos e não conseguem atender a demanda de pedidos), a mesma optou pela instalação de coletores eletrônicos de dados no chão de fábrica. Estes coletores dariam maior velocidade à coleta, processamento dos resultados e ações para melhorar a Eficiência Global dos Equipamentos.

Inicialmente o Sistema da Empresa “Y” foi instalado em duas máquinas de injeção, como projeto piloto, para que fosse observado o funcionamento do mesmo e qual o retorno que ele daria para a produção. Em pouco tempo, satisfeita com o Sistema, a Empresa “X” solicitou a compra dos demais coletores para o restante dos equipamentos de injeção. A satisfação com o Sistema era visível, pois a eficiência dos equipamentos estava sendo, em alguns casos, superiores a 100% (?) e em média, acima dos 90%, conforme ilustra a Figura 7.

Máq.	tBrut.(m)	tProd.(m)	tLiq.(m)	tCic.Atual(s)	tCic.Plan(s)	Ef.Cic.%	Cav. At	Cav. Pl	tProdAtual(s)	tProdPlan(s)	Ef.Prod.%	Pçs.Prd.	Pçs.Pln.	Saldo	t p/Fim(m)
305	132,15		132,15	14,52	15,03	103,55	2	2	7,26	7,52	103,55	20328	50000	29672	3589
329	275,08		275,08	52,36	47,00	89,77	1	1	52,36	47,00	89,77	714	1500	786	685
347	295,37	89,95	205,42	81,60	78,02	95,62	1	1	81,60	78,02	95,62	2209	3000	791	1075
396	274,45	2,60	271,85	48,00	50,03	104,22	4	4	12,00	12,51	104,22	4560	20000	15440	3088
037	117,42	40,20	77,22	45,24	40,00	88,43	4	4	11,31	10,00	88,43	400	13250	12850	2422
272	298,52	6,67	291,85	21,48	24,97	116,25	4	4	5,37	6,24	116,25	22796	50000	27204	2434
278	14176,70	90,93	14085,77	0,00	10,02	0,00	1	1	0,00	10,02	0,00	9	1	-8	0
282	295,42		295,42	73,28	69,98	95,51	1	1	73,28	69,98	95,51	8852	10000	1148	1402
270	296,25	1,17	295,08	40,20	40,00	99,51	1	1	40,20	40,00	99,51	6226	12760	6534	4377
233	289,30		289,30	27,60	27,99	101,43	1	1	27,60	27,99	101,43	10476	15000	4524	2081
314	295,78		295,78	50,52	52,96	104,84	8	8	6,31	6,62	104,84	25832	100000	74168	7805
311	294,47		294,47	39,64	40,00	100,92	4	4	9,91	10,00	100,92	22880	40000	17120	2827
363	295,18	8,13	287,05	21,20	21,00	99,02	2	2	10,60	10,50	99,02	22328	25000	2672	472
309	292,47	19,43	273,04	14,56	15,03	103,25	14	16	1,04	0,94	90,35	49328	500000	450672	7811
284	62,93	0,00	62,93	0,00	59,96	0,00	1	1	0,00	59,96	0,00	0	1000	1000	0
L01	10,30	0,00	10,30	0,00	24,97	0,00	5	5	0,00	4,99	0,00	0	500	500	0
397	294,85		294,85	79,72	80,01	100,36	1	1	79,72	80,01	100,36	1316	10000	8684	11538
L02	134,10		134,10	26,20	24,02	91,68	1	1	26,20	24,02	91,68	1396	2000	604	263
279	294,10		294,10	24,40	26,01	106,59	1	1	24,40	26,01	106,59	4037	7000	2963	1204

Figura 7: Tela do Sistema “Y” com avaliação da eficiência dos equipamentos de sopro e injeção

Em pouco tempo, a Programação da Produção começou a ser realizada utilizando esta eficiência como fator que restringia a capacidade e esperava-se que a acuracidade do que era programado com o que era realizado pela fábrica se apresentasse cada vez melhor. Para surpresa geral, a cada dia, a produção das injetoras perdia aderência com a programação. Assim, a questão foi inevitável: agora que a eficiência é conhecida, porque a produção não consegue realizar o que foi programado, tendo como base que antes o tempo disponível considerado era o tempo total da fábrica e agora, dele estava sendo descontada a ineficiência do equipamento?

Quando esta dúvida apareceu, a primeira impressão que ficou para os gestores da fábrica foi que os operadores não estavam trabalhando corretamente e, assim, não entregando a quantidade programada pelo PCP, porém, se não estavam trabalhando, como poderia a

eficiência dos equipamentos se apresentar em índices superiores a 85%? Para verificar a situação em questão, partiu-se para o estudo detalhando do modelo de coleta de dados e do Sistema “Y”, com o objetivo de verificar se a eficiência que o mesmo estava apontando era real. O próximo tópico descreve a análise realizada para verificação das possíveis causas de desvio do cálculo do indicador.

#### 4.1. Analisando as possíveis causas de desvio do cálculo

Foram levantadas duas causas potenciais que poderiam estar ocasionando uma distorção no cálculo da Eficiência Global dos Equipamentos: apontamentos errados do operador ou um erro conceitual (fórmulas do cálculo) do Sistema “Y”.

Inicialmente buscou-se averiguar se os apontamentos realizados pelos operadores nos coletores de dados estavam corretos através da implantação das planilhas manuais de Diário de Bordo, que seguia o mesmo padrão de tipologia de paradas do Sistema “Y”, visando manter a mesma base de comparação. Essa metodologia foi implantada em duas máquinas da fábrica, para que a comparação pudesse ser realizada.

Após três dias de coleta manual foi realizada uma comparação entre o Diário de Bordo manual e o Diário de Bordo automático retirado do sistema, verificando que entre estes não havia discrepância nos apontamentos e, sendo assim, foi eliminada uma das variáveis que poderia influenciar na diferença entre os modelos. A partir deste momento, utilizou-se apenas o Diário de Bordo do Sistema, servindo este de base para a próxima etapa da análise.

Com os dados obtidos através do Diário de Bordo, o responsável pela gestão da eficiência dos equipamentos da linha de injetados termoplásticos alimentava uma planilha em Excel desenvolvida com base no modelo conceitual para o cálculo do IROG. Esta pessoa já estava treinada no preenchimento da planilha, pois se utilizava as mesmas para o monitoramento de outros recursos da fábrica.

Esta análise foi realizada, para efeitos de comparação, durante uma semana, sendo sete dias corridos, compreendendo o período de 26 de outubro a 03 de novembro de 2010.

Antes de partir para a análise das fórmulas do sistema, foi calculada a eficiência dos equipamentos através da metodologia do Índice de Rendimento Operacional Global – IROG. Na figura 8 estão os índices alcançados com o modelo teórico conceitual e os índices gerados pelo Sistema “Y”.

IROG SISTEMA “Y” - OEE					IROG - MODELO TEÓRICO OEE				
Máquina: Injetora 396					Máquina: Injetora 396				
DIA	EFICIÊNCIA GLOBAL	DISPONIBILIDADE	PERFORMANCE	QUALIDADE	DIA	EFICIÊNCIA GLOBAL	DISPONIBILIDADE	PERFORMANCE	QUALIDADE
	μg	μ1	μ2	μ3		μg	μ1	μ2	μ3
26/10/2010	94%	98%	98%	98%	26/10/2010	82%	86%	98%	98%
27/10/2010	78%	86%	96%	95%	27/10/2010	51%	56%	96%	95%
28/10/2010	82%	85%	98%	99%	28/10/2010	71%	75%	97%	99%
29/10/2010	82%	82%	101%	100%	29/10/2010	82%	81%	101%	100%
30/10/2010	92%	88%	108%	97%	30/10/2010	66%	72%	94%	97%
01/11/2010	90%	85%	107%	99%	01/11/2010	86%	84%	104%	99%
02/11/2010	-	-	-	-	02/11/2010	-	-	-	-
03/11/2010	80%	82%	98%	98%	03/11/2010	49%	67%	75%	98%
<b>PERÍODO</b>	<b>85%</b>	<b>87%</b>	<b>101%</b>	<b>98%</b>	<b>PERÍODO</b>	<b>70%</b>	<b>74%</b>	<b>95%</b>	<b>98%</b>

Figura 8: Comparativo das Eficiências geradas no Sistema “Y” e no Modelo Teórico Conceitual na injetora 396

Os resultados gerados através do cálculo manual se apresentavam muito discrepantes com o indicador apresentado pelo Sistema “Y”, o que provavelmente ocasionava a falta de aderência da programação quando esta considerava a eficiência para o cálculo da capacidade produtiva dos equipamentos de injeção. Para ilustrar melhor a discrepância dos cálculos, a Figura 9 apresenta a diferença do indicador de eficiência global entre o modelo conceitual e o modelo

utilizado pelo Sistema “Y”.

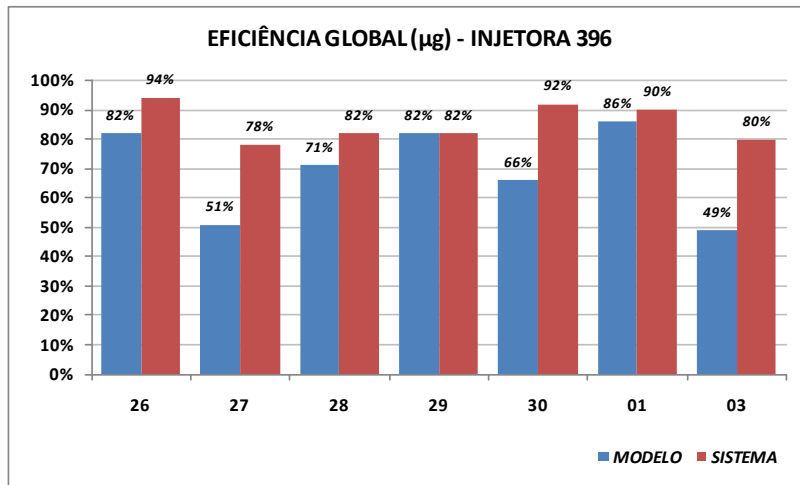


Figura 9: Comparativo da Eficiência Global OEE da injetora 396

Através da comparação dos métodos de cálculo, verificou-se que de acordo com o modelo conceitual as oportunidades de ganhos são reais, pois as eficiências encontradas estão abaixo do padrão considerado ideal e o que está ocasionando esta perda de eficiência é o Índice de disponibilidade, que considera o tempo de e as causas de parada do equipamento.

O outro ponto delimitado para a investigação foi a fórmula de cálculo da eficiência do Sistema “Y”. Com a confirmação da autenticidade dos dados coletados e a discrepância nos resultados encontrados após calcular a eficiência pelo modelo conceitual, a possibilidade do erro estar no Sistema, mas precisamente na sua fórmula de cálculo era considerável. Após solicitação da base de fórmulas, a empresa fornecedora do Sistema “Y”, após quinze dias fez o envio das mesmas para que fosse finalizada a análise. A Figura 10 ilustra a fórmula utilizada pelo Sistema “Y”, onde a primeira vista, foi possível enxergar um erro, que pelo ponto de vista conceitual deve ser considerado grave.

$$\mu_{\text{global OEE}} = \frac{\text{Tempo Líquido de Produção} + \text{Tempo de Setup}}{\text{Tempo Disponível} - \text{Paradas Programadas}}$$

$$\mu_{\text{global OEE}} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

Figura 10: Fórmula de cálculo da Eficiência Global OEE  
 Fonte: Sistema “Y”

A diferença entre o Sistema e o Modelo Conceitual é explicada através da utilização pelo Sistema, do tempo de setup somado ao tempo de agregação de valor, fazendo com que o tempo utilizado para troca de molde, cor e aquecimento de máquina não penalizassem a eficiência do equipamento e, conseqüentemente, não justificando um trabalho para a melhora destes tempos. Colocando estes índices lado a lado pode ser observada uma diferença de até 27% entre os os mesmos, margem esta que pode ser explicada pela quantidade de tempo de

setup de cada equipamento. Quanto maior o tempo de setup do equipamento, maior a diferença entre o Sistema e o modelo conceitual sugerido, conforme já ilustrado na Figura 2. Pelo Sistema, quanto mais setup a máquina faz, maior a sua eficiência, exatamente o contrário do modelo conceitual da literatura.

De acordo com Klippel (2003), conclui-se que os Indicadores de Desempenho Operacionais são importantes para a GPT e devem ser utilizados como o mecanismo de feedback básico da abordagem. Conjuntamente aos Indicadores Operacionais da TOC, a idéia consiste em utilizar o Índice de Rendimento Operacional Global – IROG dos equipamentos. Isto porque, como estas eficiências são calculadas nos recursos críticos, elas tendem a relacionar-se diretamente com a capacidade do sistema de produção como um todo. A seção seguinte vai abordar os resultados da análise e suas implicações.

#### 4.2 Análise dos resultados e implicações

Com a certeza de que a Eficiência Global estava sendo calculada de forma inadequada, foi possível entender o problema que vinha acontecendo com a programação da produção. Para exemplificar esta afirmação foi realizada uma breve verificação de quanto seria o tempo disponível para programar a Injetora 396 utilizando a Eficiência gerada pelo Sistema “Y” e utilizando o modelo conceitual proposto neste trabalho. Foi utilizada para esta verificação a média da eficiência dos sete dias nos quais foram coletadas as mesmas e gerados os índices.

Caso a eficiência do recurso fosse de 100% (eficiência nominal) este poderia ser programado por todo o tempo disponível, no caso da Empresa “X”, 24 horas ou 1440 minutos, porém, no caso em estudo, a simulação foi feita com base na eficiência real, ou seja, será multiplicado o tempo disponível de 1440 minutos pela eficiência gerada pelo Sistema “Y” e pela eficiência resultante do modelo conceitual proposto. Estes dados podem ser observados através da Figura 11.

DESCRIÇÃO	SISTEMA Y	MODELO CONCEITUAL
TEMPO DISPONÍVEL EM MINUTOS	1440	1440
EFICIÊNCIA GLOBAL	85%	70%
TEMPO REAL PARA PROGRAMAÇÃO EM MINUTOS	1224	1008
<b>DIFERENÇA</b>		<b>216</b>

Figura 11: Simulação do cálculo do tempo real para programação do recurso

Considerando estas informações, e utilizando como exemplo uma peça produzida por este recurso com um tempo de ciclo de 0,36 minutos, a diferença entre as eficiências mostraria que a máquina poderia fazer aproximadamente 600 peças a mais do que realmente faria. Aplicando estes mesmos parâmetros para as vinte e uma máquinas de sopro e injeção existentes na empresa pode-se imaginar o tamanho do erro que ocorria quando comparado o programado x realizado. A seguir são descritas as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

#### 5. Conclusões

Toda ferramenta de gestão é sempre bem vinda para auxiliar os gestores de produção, porém não basta apenas a sua instalação e utilização por parte da empresa. O estudo de caso em questão atingiu seu objetivo e deixou claro que entender os dados que estão sendo processados pelo sistema é fundamental, pois eles podem impactar em análises distorcidas e alterar o rumo das melhorias, muitas vezes levando a empresa a investimentos financeiros em soluções que não irão melhorar o resultado organizacional.

Apesar de cada vez mais automatizados, deve se levar em conta que todo o sistema, em algum ponto, necessita da mão do operador (colaborador) e neste caso, aparece a principal variável de um sistema. O envolvimento dos colaboradores, principalmente dos que vão atuar diretamente com a ferramenta é fundamental para o sucesso da mesma. Todos devem saber o que e por que estão fazendo tais atividades e o que elas vão impactar no resultado de suas tarefas de produção. Entendendo a ferramenta, garantindo a acuracidade dos dados de entrada do sistema, criando rotinas de gestão eficientes e envolvendo os colaboradores através de treinamentos o resultado será sempre satisfatório.

Ainda em relação à Eficiência Global dos Equipamentos, qualquer erro no resultado gerado pelo sistema ou pelo cálculo manual pode ocasionar um grave problema de programação de produção, sempre que a eficiência seja utilizada para verificar a capacidade real dos recursos. No caso analisado no trabalho, caso fosse mantida a métrica utilizada pelo sistema, quando estes números fossem alimentados em um sistema de simulação de produção, por exemplo, o planejado nunca seria igual ao realizado, causando desconforto, cobranças e desgastes desnecessários até que as verdadeiras causas do não cumprimento das metas viessem à tona.

Como próximo passo deste estudo sugere-se que a metodologia da Troca Rápida de Ferramentas, seja implantada, visto que agora a causa Setup pode ser visualizada como uma das principais causas de parada do equipamento, o que era impossível no Sistema “Y” pois a eficiência já era dada como ótima.

Cada vez mais é necessário desenvolver nas Organizações uma cultura para a implantação e consolidação de indicadores que estejam relacionados com o objetivo maior da empresa já descrito com muita sabedoria por Eliyahu Goldratt no livro A Meta: “ganhar dinheiro hoje e no futuro”.

## Referências

- ALVAREZ, R. R.** *Desenvolvimento de uma Análise Comparativa de Métodos de Identificação, Análise e Solução de Problemas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Porto Alegre, PPGE/UFGRS, 1996.
- ANTUNES JR., J. A. V.** *Em Direção a Uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da Teoria das Restrições e da teoria que sustenta a criação dos sistemas de produção com estoque zero*. Tese (Doutorado em Administração). PPGA-UFGRS, Porto Alegre, 1998.
- ANTUNES JR., J. A. V.; KLIPPEL, M.** *Uma Abordagem Metodológica para o Gerenciamento das Restrições dos Sistemas Produtivos: a Gestão Sistêmica, Unificada/Integrada e Voltada aos Resultados do Posto de Trabalho*. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Campinas – SP, 2001.
- GOLDRATT, E. M.** *A Síndrome do Palheiro: garimpando informação num oceano de dados*. Educator: São Paulo, 1996.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J.** *A Meta: um processo de aprimoramento contínuo*. Educator: São Paulo, 1993.
- HANSEN, R.C.** *Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits*. New York: Industrial Press, 2002.
- KLIPPEL, A.; ANTUNES, J.A.; KLIPPEL, M.; ROVARIS, R.** *Estratégia de Gestão dos Postos de Trabalho – Um Estudo de Caso na Indústria de Alimentos*. Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Ouro Preto, MG. 2003.
- NAKAJIMA, S.** *Introduction to TPM – Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1989.
- ROESCH, S. M. A.** *Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração*. São Paulo: Atlas, 1999.

**STABLEIN, R.** *Data in Organizational Studies in: Clegg, S.R., Hardy, C. Nord, W.R. Handbook of Organizational Studie.* London: Sage, 1996.

**YIN, R.** *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.* Porto Alegre: Bookman, 2001.