

# Indicadores de desempenho da função manutenção: um enfoque em aciarias brasileiras

José Barrozo de Souza (PPGEP-UNIP-SP/Brasil) - josebarrozo@gmail.com  
• R. Dr. Bacelar, 1212, 4º andar, Vila Clementino, CEP 04026-002, São Paulo-SP  
José Benedito Sacomano (PPGEP-UNIP-SP/Brasil) - jbsacomano@gmail.com  
Sergio Luiz Kyrillos (PPGEP-UNIP-SP/Brasil) - sergiolalupe@greco.com.br  
Francisco José Santos Milreu (PPGEP-UNIP-SP/Brasil) - milreu@uol.com.br

**RESUMO** Este artigo tem o propósito de mostrar a importância da utilização dos indicadores de desempenho da função manutenção, com o objetivo de avaliar a eficácia das tarefas da função manutenção, e fundamentalmente demonstrar que os indicadores de desempenho não são definidos isoladamente, mas devem ser o resultado de uma cuidadosa análise das interações da função manutenção com a função produção (operações e processos), evidentemente com outras funções organizacionais. Para tanto, foi utilizado um procedimento metodológico combinando dois distintos tipos de técnicas de coleta de dados, sendo eles: a pesquisa bibliográfica e trabalho de campo realizado em aciarias instaladas em três usinas siderúrgicas integradas localizadas na Região Sudeste do Brasil (a análise do estudo de múltiplos casos), através do envio de um questionário composto por perguntas fechadas, com o propósito de obter informações dos gestores sobre os indicadores de desempenho da função manutenção. Neste artigo são propostos dois quadros conceituais, inicialmente um para orientar a implantação de um sistema de indicadores da manutenção e outro que fornece diretrizes para a escolha de indicadores de desempenho da função manutenção e destina-se alinhar os objetivos da manutenção com a produção, tarefas da função manutenção/políticas da função manutenção. Com base nestes quadros conceituais, cada categoria de indicadores de desempenho da função manutenção são identificadas.

**Palavras-chave** Gestão; Operações; Siderurgia.

**ABSTRACT** *This article aims to show the importance of the use of performance indicators for the maintenance function in order to evaluate the effectiveness of the maintenance function's tasks and demonstrate that these performance indicators are not defined separately, but as a result of a careful analysis of the interactions between maintenance function and production function (processes and operations), clearly with other organizational functions. For this purpose, it was used a methodological approach combining two different types of data collection techniques: a literature review and a fieldwork in steel mills installed in three integrated steel plants located in the southeast region of Brazil (the analysis of multiple cases), by sending a questionnaire in order to obtain information from managers about the performance indicators for the maintenance function. This paper proposes two conceptual frameworks: initially, one to guide the establishment of a system of maintenance indicators and another one that provides guidelines for the choice of performance indicators at the same time that it is intended to align the goals of maintenance with production and maintenance function's tasks and policies. Based on these conceptual frameworks, each category of performance indicators is identified.*

**Keywords** *Management; Operations; Steel industry.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desempenho e a competitividade das usinas siderúrgicas e de qualquer empresa de outro ramo industrial dependem da confiabilidade, disponibilidade e produtividade de suas instalações de produção.

As organizações existem para atingir determinados objetivos e metas, coordenando e avaliando a execução das atividades necessárias entre os atores, processos, operações e a complexidade da interação com o ambiente. Portanto, a viabilidade e o sucesso de uma organização dependerão da eficácia da gestão e suas atividades, bem como seu comportamento de acordo com as condições ambientais.

Esta necessidade de melhorar o desempenho dos sistemas produtivos foi o que trouxe a função manutenção para o centro das atenções, portanto há um consenso entre os autores (COOKE, 2000; MADU, 2000) de que a manutenção dos equipamentos e a confiabilidade do sistema são fatores importantes que afetam a capacidade das organizações de fornecerem serviços de qualidade aos seus clientes. Além disso, a função manutenção é vital para o desempenho sustentável de qualquer empresa.

O comportamento de uma organização é geralmente coordenado por seus objetivos estratégicos e táticos que dependem da orientação profissional, ou seja, do domínio e tipos de atividades, das características específicas da organização, dos interesses dos *stakeholders* (partes interessadas) e sobre o tipo de ambiente (por exemplo, do mercado) em que a organização se localiza (POPOVA, 2011).

Conforme vários autores pesquisados, (KAPLAN, 1992; BREWER, 2000; CHAN, 2003; KRANTH *et al.*, 2005; VAIDYANATHAN, 2005) existe um rico acervo bibliográfico sobre a identificação e classificação dos indicadores de desempenho tanto geral e para domínios específicos.

A fim de medir o seu desempenho, a maioria das organizações modernas formula e avalia os seus indicadores de desempenho, como, por exemplo, a disponibilidade, confiabilidade dos equipamentos, o lucro, custo e quota de mercado, que são considerados importantes descritivos e suficientemente representativos para o estado e a orientação da organização.

No caso da manutenção, os indicadores de desempenho são identificados com base nos objetivos definidos e efetivamente são utilizados para garantir que os resultados estejam em conformidade com os requisitos de desempenho da produção, ou seja, os indicadores são elementos-chave, importantes na gestão da função da manutenção.

Desta forma, o propósito deste estudo é mostrar a importância da utilização dos indicadores de desempenho da função manutenção, considerando inicialmente um quadro conceitual que indica aos gestores da produção um sistema de indicadores de desempenho, com o objetivo de avaliação da eficácia das tarefas da manutenção. Através de um segundo quadro conceitual, buscou-se mostrar que os indicadores de desempenho não são definidos de forma isolada, mas devem ser resultado de uma cuidadosa análise da interação da função manutenção com outras funções organizacionais, e, evidentemente, com a função produção (processos e operações).

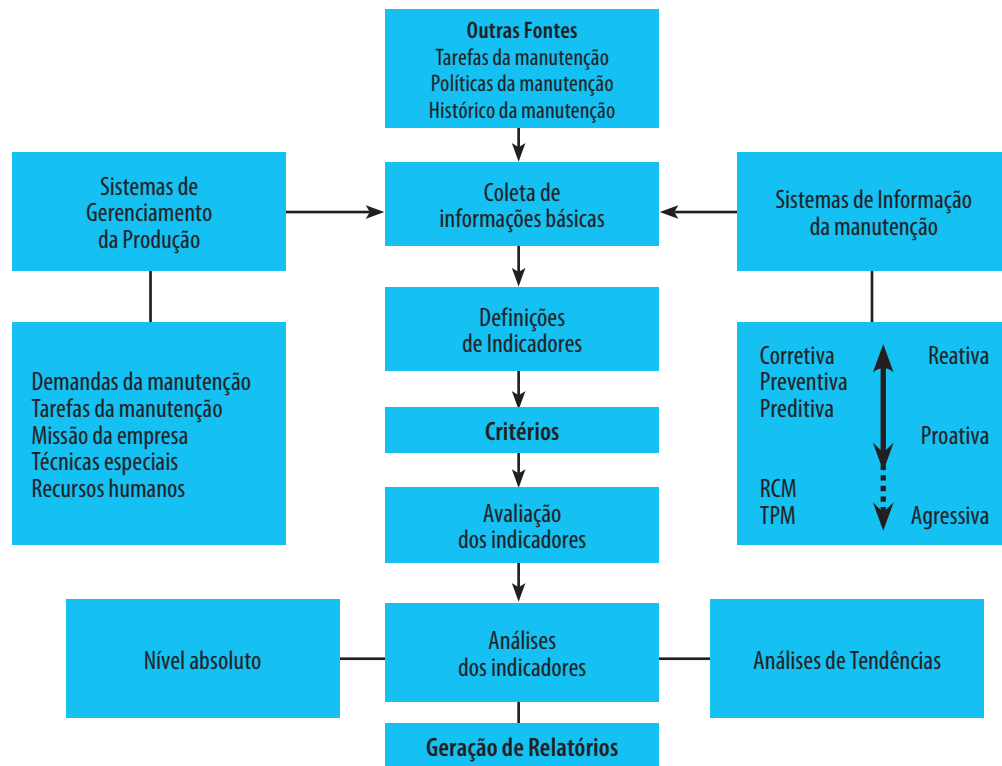
Na sequência, são descritos o desenvolvimento teórico, os procedimentos metodológicos que sustentam o trabalho empírico da pesquisa. A quarta seção do artigo trata dos resultados e discussões. Por fim, apresentam-se as considerações finais da pesquisa.

## 2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

### 2.1. Indicadores da manutenção

O primeiro passo foi estudar o desenvolvimento do primeiro quadro conceitual, a fim de contribuir para avaliação da eficácia das tarefas da manutenção na empresa. A Figura 1 mostra o quadro conceitual para o SIM-Sistema de Indicadores da Manutenção (MARTORELL *et al.*, 1996). O desenvolvimento do quadro conceitual inicia-se com a coleta de informações básicas disponíveis das fontes principais (Sistema de Gerenciamento da Produção, Sistema de Informações da Manutenção e outras fontes importantes da empresa).

Figura 1 – Quadro conceitual para o Sistema de Indicadores da Manutenção - SIM.



Fonte: Martorell *et al.* (1996). Adaptado pelos autores a partir do mapeamento da literatura pesquisada (2011).

A próxima etapa envolve a definição dos indicadores, que estão ligados com os dados operacionais. Em seguida, os indicadores são avaliados conforme o equipamento selecionado, a partir do seu histórico e nível de criticidade na planta, e os resultados são analisados e, finalmente relatados.

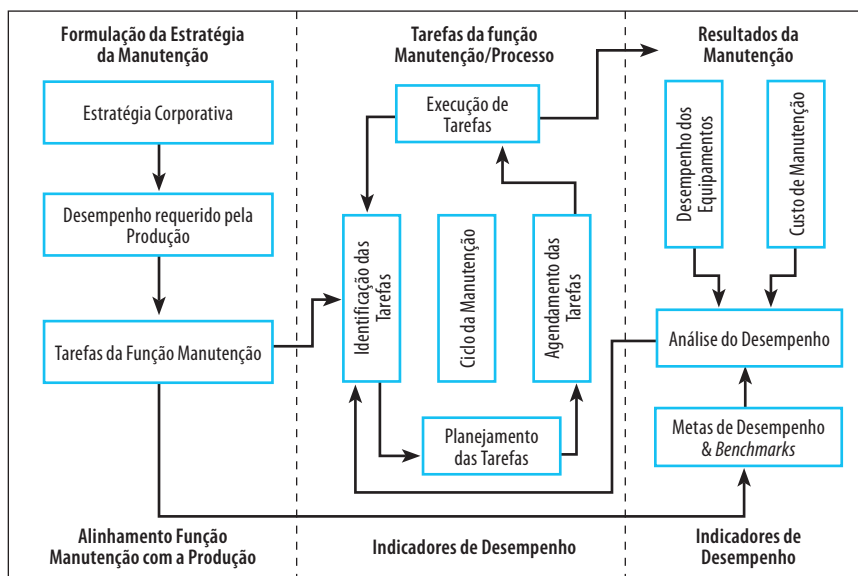
A implantação do Sistema de Indicadores da Manutenção-SIM depende fortemente do tipo de informação existente e da forma como ela se torna disponível para todos os setores da organização. A informação específica na organização é necessária devido a natureza do Sistema de Indicadores da Manutenção-SIM, que conforme, Martorell *et al.* (1996), deve ser utilizado intimamente ligado com as práticas operacionais, programas e gestão das operações e processos de setores individuais da organização. Esta informação está disponível a partir de três fontes principais: (1) O sistema de informação da manutenção; (2) O sistema de gerenciamento da produção; e, (3) Outras fontes de informações que têm sido desenvolvidas para aplicações específicas, tais como o programa MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade e da implantação das regras e estratégias da manutenção.

Tal como foi sugerido no início deste artigo, é bem reconhecido que alguns indicadores são suficientes para mostrar o que significa a manutenção em termos de segurança e desempenho para toda a organização. No entanto, o desenvolvimento e implementação de indicadores mais detalhados são necessários para um Sistema de Indicadores de Manutenção, para que se possa desempenhar uma política preventiva em setores individuais da organização.

Deve-se ressaltar que os indicadores devem ser usados em grupos onde subconjuntos específicos seriam de interesse para fins diferentes, de acordo com seu significado. Portanto, sugere-se estabelecer o indicador de manutenção definido em três níveis. As preocupações do monitoramento dos indicadores do desempenho da manutenção dos componentes nos níveis mais baixos. O próximo envolve um subconjunto de indicadores colocados ao nível do sistema com um objetivo, semelhante. O nível mais alto resume o impacto da política global da manutenção na organização de um ponto de segurança e desempenho. Também é fortemente recomendado para a estrutura do conjunto de indicadores de acordo com a situação das áreas relacionadas com a manutenção (MARTORELL *et al.*, 1996).

A Figura 2 identifica elementos-chave e processos que conduzem a função manutenção para a entrega de resultados exigidos pelos objetivos da produção.

Figura 2 – Quadro conceitual para avaliação do desempenho da função manutenção.



Fonte: Muchiri *et al.* (2011).

Muchiri *et al.* (2011) apresentam o quadro conceitual, mostrado na Figura 2, que defende o alinhamento dos objetivos da função manutenção com a produção e os objetivos corporativos e, assim, direciona os esforços da manutenção para a consecução dos desempenhos e melhoria contínua dos equipamentos de produção e, conseqüentemente do sistema produtivo.

O quadro conceitual de desempenho da função manutenção, apresentado na Figura 2, identifica elementos-chave e processos que conduzem a função manutenção para a entrega de resultados exigidos pelos objetivos da produção.

O quadro conceitual defende o alinhamento dos objetivos da função manutenção com a produção e os objetivos corporativos e, assim, direcionam os esforços da função manutenção para setores alcançarem a eficiência necessária e melhoria contínua do desempenho dos equipamentos de produção.

O quadro conceitual da Figura 2 apresenta três seções principais, que incluem: Alinhamento da função manutenção com a produção, tarefas da função manutenção/processos de manutenção e análise dos resultados de desempenho.

Kelly (1989), mostra que o desempenho da função manutenção é geralmente difícil de medir, como não se deve considerar apenas os parâmetros quantificáveis, mas também a quantidade da manutenção realizada e sua organização.

Isso significa que a organização deve ser usada de forma eficiente e eficaz. As instalações devem fornecer produtos e serviços de alta qualidade a um preço competitivo, além de mostrar preocupação com o meio ambiente e segurança (ALSYOUF, 2004).

Sendo assim, no início do século XX, foi desenvolvido o indicador de retorno sobre investimentos (*ROI – Return on Investment*), o qual, juntamente com outros indicadores financeiros, passou a ser empregado pelos decisores de grandes empresas para o controle da organização (TEZZA *et al.*, 2010). Grande parte das organizações passou a adotar estes indicadores como único meio de avaliação de desempenho (JOHNSON; KAPLAN, 1987).

Tezza *et al.* (2010) colocam que a partir dos anos de 1960, com o movimento da qualidade, as empresas passaram a utilizar indicadores não financeiros focados em qualidade e em outras categorias internas, como a velocidade e a flexibilidade, ao lado do custo, como fatores importantes para o sucesso, fazendo com que os indicadores financeiros tradicionalmente utilizados se tornassem menos relevantes (BITITCI *et al.*, 2005).

Começava-se o rompimento com os indicadores puramente financeiros, reforçados a partir da década dos anos 80. O Quadro 1 mostra os principais indicadores de desempenho normalmente utilizados na avaliação do desempenho da função manutenção (BRANCO FILHO, 2006).

Quadro 1 – Indicadores de desempenho.

INDICADORES DE DESEMPENHO
Indicadores de desempenho dos equipamentos
Indicadores de custo da manutenção
Indicadores da eficiência dos programas de manutenção
Indicadores de eficiência da mão de obra
Indicadores administrativos na manutenção
Indicadores de estoque
Indicadores de segurança, saúde e meio ambiente

Fonte: Branco Filho (2006).

Os indicadores de desempenho surgem e são ferramentas importantes e fundamentais que conduzem a organização ao processo de inovação permitindo a introdução de novas metodologias operacionais focadas para o conceito de “*World Class Manufacturing*”.

## 2.2. A função manutenção

Este artigo acompanha a definição da função manutenção apresentada por Pintelon e VanPuyvelde (2006): “Função manutenção é definida como uma combinação de todas as atividades técnicas e administrativas necessárias para manter equipamentos, instalações físicas e outros conjuntos na condição operacional desejada ou restaurá-los a essa condição”.

Por, exemplo, a Sociedade Australiana de Engenharia define a função manutenção como a engenharia de decisões e ações associadas, necessárias e suficientes para otimização da capacidade do equipamento especificado. A capacidade nesta definição, segundo Tsang, (1998), é a habilidade para uma função especificada desempenhar em uma variedade de níveis de desempenho que pode estar relacionada com a capacidade, a taxa de qualidade, e capacidade de resposta.

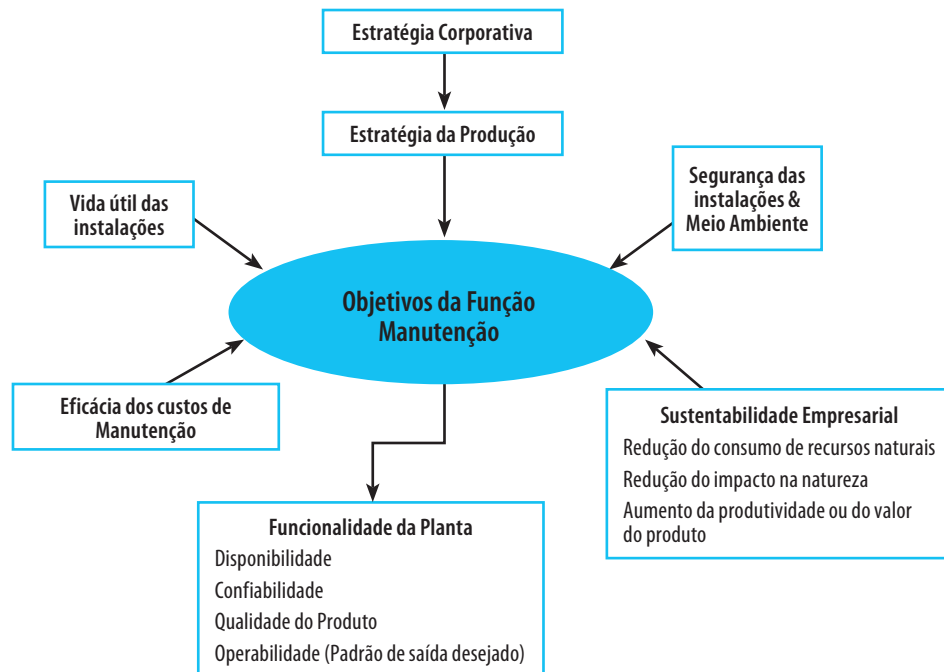
A Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da NBR 5462/1994, define manutenção como a “combinação” de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Para garantir que a fábrica atinja o desempenho desejado, os gerentes precisam de um bom histórico de desempenho do processo da função manutenção, fundamentalmente seus resultados. Muchiri *et al.* (2011) explicitam que isso pode ser alcançado através do desenvolvimento e implementação de uma estrutura de indicadores que definam de forma rigorosa a medição do desempenho de elementos importantes da função manutenção.

Muchiri *et al.* (2011), também alertam que para desenvolver uma abordagem estruturada para medir o desempenho da função manutenção é imperativo ter uma estratégia de manutenção bem estruturada com base na estratégia corporativa da produção.

Fundamentalmente, Muchiri *et al.* (2011), indicam que a abordagem deve, então, encapsular uma coerente teoria dos processos de manutenção que são fatores críticos de sucesso para a contribuição das divisões na fabricação e no sucesso do negócio. Políticas e programas de manutenção em sistemas produtivos devem ser projetados para garantir confiabilidade, disponibilidade, eficiência e capacidade (MESELHY *et al.*, 2010). Esses autores relatam que a pesquisa atual está focada na gestão das ações de manutenção a nível político, em vez de seus detalhes técnicos ao nível de máquinas, e propõem uma abordagem geral estratégica e métricas (indicadores) de alto nível, que não são limitados a certos tipos de máquinas, sistema ou indústria. A Figura 3 mostra de maneira esquemática os cinco objetivos da função manutenção.

Figura 3 – Objetivos da função manutenção.



Fonte: Adaptada de Muchiri *et al.* (2011).

Assegurar condições para a planta atingir sua vida útil, garantir a segurança das instalações e do meio ambiente, assegurar a eficácia de custos na manutenção e utilização dos recursos de forma propiciar a sustentabilidade empresarial (redução do consumo de recursos naturais, redução do impacto na natureza e aumento da produtividade ou do valor do produto).

É assumido no presente artigo que os objetivos da função manutenção e dos dados perseguidos pela planta (instalações) influencia o tipo de indicadores de desempenho utilizados.

Muchiri *et al.* (2011) enfatizam que parece evidente que, no interesse geral da organização, os critérios de desempenho da função manutenção devam ser equilibrados com os requisitos dos processos e operações (produção).

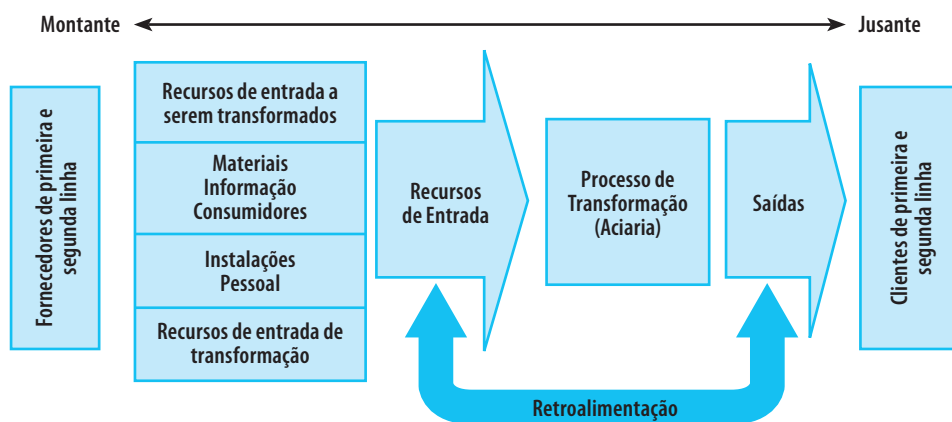
Uma vez que os objetivos da função manutenção são descritos, a formulação da estratégia de manutenção (PINJALA, 2008) é necessária para ajudar na tomada de decisão sobre o tipo de manutenção que precisa ser feito, quando fazer, e quantas vezes isso pode ser feito.

## 2.3. 0 modelo entrada-transformação-saída

É atribuída a William Skinner a elaboração do clássico conceito inicial sobre este assunto, por meio de seu artigo “*Manufacturing – Missing Link in Corporate Strategy*” (Skinner, 1969). Para este autor, a relação entre a estratégia da empresa e a manufatura não era facilmente compreendida, embora a política de produção necessitasse ser especificamente projetada para atender às necessidades definidas como estratégicas.

Como indicado na Figura 4, a gestão das operações usa o modelo entrada-transformação-saída para analisar os negócios em três níveis. Segundo Slack e Lewis (2009), o nível mais óbvio é aquele do próprio negócio ou, mais especificamente, a função de operações do negócio. Mas qualquer operação pode ser vista também como parte de uma grande rede de operações. Haverá operações que suprem a rede com os produtos e serviços de que ela precisa para fazer seus próprios produtos e serviços. E, a menos que trate diretamente com o consumidor final, a operação suprirá clientes que podem suprir seus próprios clientes.

Figura 4 – Modelo entrada-transformação-saída.



Fonte: Slack *et al.* (2008). Adaptado pelos autores a partir do mapeamento da literatura pesquisada (2011).

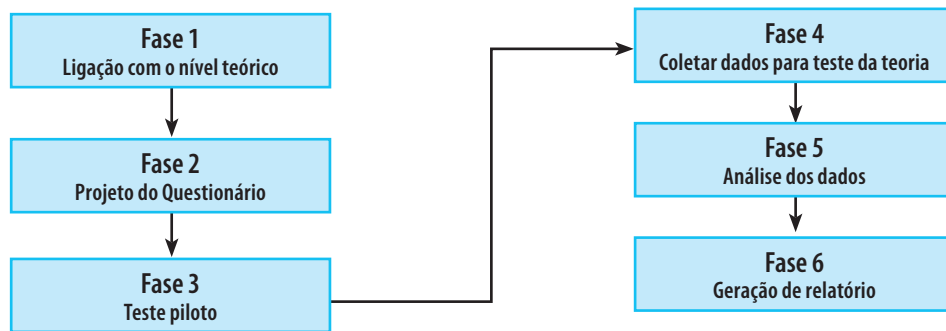
Também dentro da operação, existirá uma rede de processos. E dentro de cada processo, existirá uma rede de recursos individuais (tecnologia e pessoas).

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando o objetivo maior da pesquisa, realizou-se uma pesquisa de natureza descritiva com caráter exploratório de abordagem qualitativa, onde os dados da pesquisa foram obtidos a partir de um estudo do conjunto de indicadores de desempenho padronizados e utilizados nas aciarias pesquisadas. A Figura 5 apresenta as etapas do planejamento do questionário e o Quadro 2 complementa as informações sobre as etapas.



Figura 5 – Etapas do planejamento do questionário.



Fonte: Carnevalli e Miguel (2001). Adaptado pelos autores a partir do mapeamento da literatura pesquisada (2011).

Foi utilizado um procedimento metodológico combinando dois distintos tipos de técnicas de coleta de dados, sendo eles: a pesquisa bibliográfica e a realização do trabalho de campo (a análise do estudo de múltiplos casos), através do envio do questionário aos gestores da manutenção, quando foram coletadas as suas opiniões sobre a utilização dos indicadores da manutenção na interface do modelo entrada-transformação-saída (aciaria), com o questionário constituído por questões fechadas.

Quadro 2 – Etapas de condução da coleta de dados.

<p><b>Fase 1</b> Definições operacionais Proposições (hipótese) Fronteiras (análise das unidades e população)</p>	<p><b>Fase 2</b> Definir restrições Especificar necessidades de informação Definir alvo Selecionar método de coleta Desenvolver instrumentos</p>
<p><b>Fase 3</b> Testar procedimentos de aplicação Verificar qualidade (exploratório)</p>	<p><b>Fase 4</b> Aplicar o questionário Lidar com não respondentes Cadastrar dados Verificar qualidade</p>
<p><b>Fase 5</b> Desenhar implicações teóricas Fornecer informação para replicação</p>	<p><b>Fase 6</b> Gerar relatórios; prover estrutura para a replicação.</p>

Fonte: Carnevalli e Miguel (2001). Adaptado pelos autores a partir do mapeamento da literatura pesquisada (2011).

O questionário se caracteriza pela não intervenção do pesquisador sobre o universo pesquisado (SAMPIERI *et al.*, 2006). Um levantamento de dados deve ser muito bem planejado desde o início da investigação, qualquer que seja o tipo de levantamento de dados (CARNEVALLI; MIGUEL, 2001).

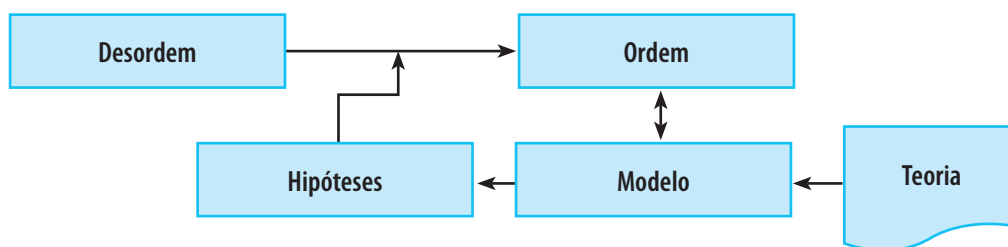
O questionário foi formado por perguntas fechadas, fáceis de codificar; o pesquisador pode transferir as informações ao computador, sem maiores problemas. É confortável para o entrevistado que não precisa escrever; apenas assinala a alternativa que melhor se lhe aplica.

### 3.1. Hipótese de investigação

Para Sampieri *et al.* (2006), as hipóteses são tentativas de explicações do fenômeno pesquisado, não os fatos em si. A coleta de dados a partir dos fatos é que confirmará ou não as hipóteses formuladas. Lakatos e Marconi (1995) argumentam que hipóteses é uma solução provisória para determinado problema compatível com o conhecimento científico existente, com caráter explicativo ou preditivo e passível de verificação empírica de suas conseqüências. Segundo Alves (1995), as hipóteses contêm já a resposta (ordem) para o problema de pesquisa (desordem), conforme mostra esquematicamente a Figura 6.

Se os indicadores de desempenho da função manutenção estão padronizados e sendo utilizados nas aciarias, então podem gerar sinergia propiciando a eficácia dos processos e operações.

Figura 6 – Papel da hipótese na resolução de problema.



Fonte: Miguel (2010).

Sendo assim, a variável independente da hipótese (causa) é: indicadores de desempenho da função manutenção, enquanto a variável dependente da hipótese (efeito) é: gerar sinergia propiciando a eficácia dos processos e operações.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O artigo considera a afirmação de Toshio (2004), Lian (2004) e David (2004), que os indicadores de manutenção, também são considerados informações que serão utilizadas para retratar aspectos importantes no processo e nas instalações.

Os gestores da manutenção e aciaria das três usinas siderúrgicas integradas localizadas na Região Sudeste do Brasil foram convidados a avaliar qual a ênfase dada sobre um conjunto de aspectos sob a responsabilidade da Gerência de Manutenção, considerando os indicadores de desempenho da função manutenção, conforme mostrado no Quadro 3 (a, b e c).

Quadro 3 (a) – Questionário utilizado no trabalho de campo nas três usinas siderúrgicas.

Usina siderúrgica integrada “Martensita”					
Ênfase dada sobre cada uma das atividades com responsabilidade da função manutenção:	20	40	50	75	80
	(%)				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a melhoria da Qualidade do Produto (aço)?	■				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a melhoria da Disponibilidade dos Equipamentos?	■				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a Redução dos Custos de Produção?	■				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Retorno sobre o Investimento?	■				
Nos dois últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Aumento da Produtividade?	■				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Aumento da Lucratividade?	■				

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisada e visitas técnicas nas três usinas siderúrgicas (2011).

Quadro 3 (b) – Questionário utilizado no trabalho de campo nas três usinas siderúrgicas.

Usina siderúrgica integrada “Austenita”					
Ênfase dada sobre cada uma das atividades com responsabilidade da função manutenção:	20	40	50	75	80
	(%)				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a melhoria da Qualidade do Produto (aço)?	■				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a melhoria da Disponibilidade dos Equipamentos?	■				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a Redução dos Custos de Produção?	■				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Retorno sobre o Investimento?	■				
Nos dois últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Aumento da Produtividade?	■				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Aumento da Lucratividade?	■				

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisada e visitas técnicas nas três usinas siderúrgicas (2011).

Quadro 3 (c) – Questionário utilizado no trabalho de campo nas três usinas siderúrgicas.

Usina siderúrgica integrada "Ferrita"					
Ênfase dada sobre cada uma das atividades com responsabilidade da função manutenção:	20	40	50	75	80
	(% )				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a melhoria da Qualidade do Produto (aço)?	██████████				████
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a melhoria da Disponibilidade dos Equipamentos?	██████████				
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para a Redução dos Custos de Produção?	██████████				████
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Retorno sobre o Investimento?	██████████				████
Nos dois últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Aumento da Produtividade?	██████████			████	████
Nos últimos dois anos, o quanto a função manutenção tem contribuído para o Aumento da Lucratividade?	██████████				████

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisada e visitas técnicas nas três usinas siderúrgicas (2011).

As evidências da pesquisa de campo sobre a importância da utilização dos indicadores da função manutenção, considerando o conjunto de indicadores de desempenho, usados para avaliação da eficácia das tarefas da manutenção em três aciarias podem ser resumidos da seguinte forma:

- Uma tentativa foi feita neste estudo de múltiplos casos para estudar e identificar os indicadores de desempenho da manutenção relevantes para avaliação da eficácia das tarefas da função manutenção;
- Os resultados mostraram que ainda há uma complexidade na integração entre a função manutenção e os processos e operações;
- Analisando o perfil apresentado no Quadro 3 ficou visível a ênfase dada pela função manutenção aos indicadores utilizados para a disponibilidade dos equipamentos;
- Conseqüentemente, devido à probabilidade de falhas no sistema produtivo a confiabilidade é também uma prioridade dos gestores;
- Em nossa opinião, muitas outras plantas industriais que dedicam muitos recursos para a manutenção dos equipamentos e instalações da organização poderiam se beneficiar com este tipo de programa de avaliação da manutenção, apresentado nos quadros conceituais da Figura 1 e 2, propiciando o conhecimento dos resultados da realização de sua manutenção e, em seguida, tomar medidas para melhorá-la, se necessárias, ou seja, reduzindo os custos gerais da manutenção e melhoria da sua eficácia.

Os gerentes estão tão cientes das implicações de desempenho de diferentes estratégias, que podem entender algumas das práticas necessárias para apoiar cada uma das estratégias, e, por conseguinte alcançar o desempenho desejado na unidade de produção (aciaria).

No caso da estratégia proativa, por exemplo, as tarefas da função manutenção (preventiva e ou preditiva) devem acompanhar os equipamentos por monitoramento e análise e, conseqüentemente, mitigar ao máximo a estratégia reativa (emergencial), com isso alcançar um alto nível de disponibilidade dos equipamentos e uma confortável confiabilidade dos sistemas produtivos.

As conclusões geradas nos relatórios sobre o desempenho também podem ajudar a justificar o uso dessas estratégias. Como afirmado anteriormente, as abordagens proativa e agressiva (Figura 1) exigem aumento dos níveis de treinamento e capacitação, mudança de cultura e recursos de integração.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foram apresentados dois quadros conceituais, o primeiro quadro mostrado na Figura 1 que fornecem orientações para a implantação de um Sistema de Indicadores da Manutenção-SIM, através do alinhamento dos objetivos da produção e os objetivos da manutenção e o segundo quadro na Figura 2 utilizado para avaliação do desempenho da função manutenção. Que podem ser útil para os gestores no planejamento das estratégias da função manutenção de forma mais adequada em diferentes contextos industriais.

Os quadros conceituais apresentados são gerais e podem ser aplicados em muitos outros campos da engenharia industrial, particularmente naqueles com atividades que dedicam muitos recursos para a manutenção dos equipamentos, instalações e também naqueles que as atividades de manutenção não são frequentes, mas são críticas, com possibilidades do crescimento competitivo e gerando sinergia para o desenvolvimento sustentável da organização.

Esta pesquisa demonstra que os indicadores de desempenho da manutenção não são definidos de forma isolada, mas deve ser o resultado de uma análise cuidadosa da interação da função manutenção na interface do modelo entrada-transformação-saída (aciaria) e com outras funções organizacionais, tais como diretoria operacional e de projetos técnicos, gerentes, inclusive considerando as empresas que conduzem o processo de terceirização.

Conforme a hipótese de investigação, neste artigo, a pesquisa teve como foco as relações entre as duas variáveis: independente (causa) – indicadores de desempenho da função manutenção e a dependente (efeito) – eficácia dos processos e operações.

Por fim, o artigo mostrou um nível de reciprocidade entre a utilização dos indicadores de desempenho da função manutenção com a eficácia das tarefas da função manutenção, notadamente com relação à disponibilidade dos equipamentos, qualidade do produto e retorno de investimentos.

Este artigo contribui para o desenvolvimento operacional fundamentado nas estratégias proativas da função manutenção, bem como confirma a importância dos indicadores de desempenho, como mostrado por Muchiri *et al.* (2011), a partir do quadro conceitual da Figura 2, particularmente quando os mesmos são definidos dentro de uma filosofia de integração entre todas as funções organizacionais, principalmente a integração entre manutenção, processos e operações.

Corroborando com as conclusões do artigo, em um estudo recente, Huynh *et al.* (2012) mostram que a execução de reparação mínima (mitigar a política reativa da função manutenção) é útil em muitas situações, para melhorar o desempenho das operações da função manutenção, ou seja, torná-las mais proativas.

O artigo mostrou que a implementação de indicadores de desempenho pode ser considerada uma ferramenta importante na investigação da gestão de desempenho dos processos e operações, tendo em vista que a unidade de produção (aciaria) pode contribuir para o sucesso empresarial siderúrgico.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio dos gerentes da unidade de produção (aciaria) das três usinas siderúrgicas integradas que colaboraram para o desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALSYOUF, I. “**Cost effective maintenance for competitive advantages**”, Ph.D. dissertation (Tero-technology), School of Industrial Engineering, Växjö University Press, Acta Wexionensia, Växjö. 2004.
- ALVES, R. **Filosofia da ciência**: Introdução ao jogo e suas regras. 21. ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BITITCI, U. S.; MENDIBIL, K.; MARTINEZ, V.; ALBORES, S. Measuring and managing performance in extended enterprises. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25 n. 4, p. 333-353, 2005.
- BRANCO FILHO, G. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.
- BREWER, P. C.; SPEH, T. W. Using the balanced scorecard to measure supply chain performance, **Journal of Business Logistics**, v.21, n. 1, p.75–93. 2000.
- CARNEVALLI, J. A.; MIGUEL, P. A. C. Desenvolvimento da pesquisa de campo, amostra e questionário para realização de um estudo tipo survey sobre a aplicação do QFD no Brasil. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, **Anais**, 17 a 19 de outubro de 2001.
- CHAN, F. T. S. Performance measurement in a supply chain, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.21, n. 7, p. 534–548. 2003.
- COOKE, F. L. Implementing TPM in plant maintenance: some organizational barriers. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.17 n. 9, p.1003–1016. 2000.
- DAVID, F. Subjective Priors for Maintenance Models, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 2004.
- HUYNH, K. T.; CASTRO, I. T.; BARROS, A.; BÉRENGUER. Modeling age-based maintenance strategies with minimal repairs for systems subject to competing failure modes due to degradation and shocks. **European Journal of Operational Research**, v. 218, p.140 – 151. 2012.
- JOHNSON, H. T.; KAPLAN, R. S. **Relevance lost**: the rise and fall of management accounting. Boston: Harvard Business School Press, 1987.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **The balanced scorecard** — measures that drive performance, Harvard Business Review (January–February 1992), p. 71–79.
- KELLY, A. “**Maintenance and its management**”, Conference Communications, Monks Hill, England, 1989.
- KRAUTH, E.; MOONEN, H.; POPOVA, V.; SCHUT, M. Performance measurement and control in logistics service providing, *In*: CHEN, C. S.; FILIPE, J.; SERUCA, I.; CORDEIRO, J. (Eds.). **Proceedings of Seventh International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS**, pp. 239–247, 2005.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI. M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- LIAN, L. Evaluation of Plant Maintenance Base on Data Envelopment Analysis, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 10, p. 203-209. 2004.

- MADU, C. Competing through maintenance strategies. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.17, n. 9, p.937–948. 2000.
- MARTORELL, S.; SERRADELL, V.; SANCHEZ, A.; MUNÓZ, A.; ROLDAN, J.; SOLA, A. Follow-up maintenance effectiveness within a reliability centered maintenance living program. *In: Proc. Probabilistic Safety Assessment and Management. ESREL'96-PSAM III Conference.*, Creta, June 24–28, Springer, v.3, p. 1759-1764. 1996.
- MARTORELL, S.; SERRADELL V.; SANCHEZ, A.; MUNÓZ, A.; PITARCH, J. L.; CARLOS, S. **Metodologia de seguimiento de La efectividad del mantenimiento**. Department of Chemical & Nuclear Engineering, Polytechnic University of Valencia, 1997.
- MESELHY, K. T.; ELMARAGHY, W. H.; ELMARAGHY, H. A. A periodicity metric for assessing maintenance strategies. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v.3, p. 135–141. 2010.
- MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MUCHIRI, P.; PINTELON, L. G.; LUDO, M. H. Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. **International Journal Production Economics**, v.131, p.295–302. 2011.
- PINJALA, K. S. **Dynamics of Maintenance Strategy**. Katholieke Universiteit Leuven. Belgium. Doctoral Thesis. 2008.
- PINTELON, L.; VANPUYVELDE, F. **Maintenance Decision Making**. Leuven, Belgium, Acco. Set. 2006 ISBN: 9789033462511.
- POPOVA, V.; SHARPANSKYKH, A. Formal modelling of organisational goals based on performance indicators. **Data & Knowledge Engineering**, v.70, p. 335-364. 2011.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. R.; LUCIO, P. B. **Metodologia de pesquisa**. São Paulo: Mc Graw Hill, 2006.
- SKINNER, W. Manufacturing – Missing Link in Corporate Strategy. **Harvard Business Review**, v. 47, n. 3, 1969.
- SLACK, N.; JONHSTON, R.; CHAMBERS, S.; **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- SLACK, N.; LEWIS, M. **Estratégias de Operações**, Editora Bookman, RS, 2009.
- TEZZA, R.; BORNIA, A. C.; VEY, I. H. Sistemas de medição de desempenho: uma revisão e classificação da literatura. **Gestão & Produção.**, São Carlos, v. 17, n. 1, p. 75-93, 2010.
- TOSHIO, N. Note on Optimal Partition Problems in Reliability Models, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v.10, n.4, p.282-287. 2004.
- TSANG, A. H. C. A strategic approach to managing maintenance performance. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v.4. n. (2), p. 87–94 (8). 1998.
- VAIDYANATHAN, V. A framework for evaluating third-party logistics. **Communications of the ACM – New York, USA**, v.48, n. (1) (2005) p. 89–94.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2009.

