



## As Relações entre Estratégias da Manutenção e Sustentabilidade Empresarial: Um Enfoque Reflexivo no Modelo Entrada-Transformação-Saída

J. B. de Souza <sup>a</sup>, J. B. Sacomano <sup>b</sup>, S. L. Kyrillos<sup>c</sup>, F. J. S. Milreu <sup>d</sup>, J. D. B. de Souza <sup>e</sup>

*a. Universidade Paulista, São Paulo, josebarrozo@gmail.com*

*b. Universidade Paulista, São Paulo, sacomano@terra.com.br*

*c. Universidade Paulista, São Paulo, sergiolalupe@greco.com.br*

*d. Universidade Paulista, São Paulo, milreu@uol.com.br*

*e. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, jbarrozo@hotmail.com*

---

### Resumo

Atingir o desenvolvimento sustentável, com foco na sustentabilidade empresarial na produção, requer uma visão holística que abrange tanto o produto e/ou serviço, processos e operações, quanto sistemicamente toda a cadeia, incluindo os sistemas de fabricação do produto em vários ciclos de vida e o sistema de gerenciamento da manutenção. Isso requer modelos melhorados, indicadores para avaliação da sustentabilidade e técnicas de otimização no processo, produto e conhecimento dos níveis do sistema (modelo entrada-transformação-saída). Este artigo apresenta uma visão geral das tendências mais recentes e novos conceitos no desenvolvimento de produtos e sistemas sustentáveis, considerando as relações entre as estratégias da manutenção e sustentabilidade empresarial. Para atender aos objetivos do artigo a pesquisa foi conduzida por um procedimento metodológico combinando duas técnicas para coleta de dados, sendo a saber: a pesquisa bibliográfica e a realização do trabalho de campo, através do envio de e-mails aos pesquisadores e especialistas, quando foram coletadas as suas considerações sobre as relações entre as estratégias da manutenção e sustentabilidade empresarial. Diante desse panorama, o resultado esperado é apresentar uma visão ampla das relações entre as estratégias da manutenção e sustentabilidade empresarial e os reflexos destas relações no modelo entrada-transformação-saída, a fim de contribuir no avanço da evidência da sustentabilidade empresarial como uma fonte de vantagem competitiva.

*Palavras-chave: Manutenção, Sistema produtivo, Sustentabilidade empresarial.*

---

### 1 Introdução

A academia e uma grande parcela da indústria brasileira caminham rumo ao desenvolvimento sustentável, com foco na sustentabilidade empresarial. Esse propósito oferece oportunidades de novos negócios, aumento da capacidade assimilativa dos ecossistemas e da regeneração dos recursos naturais, promovendo por parte da empresa uma apreciável redução da aceleração do desgaste imposto ao meio ambiente.

Nesse contexto, Resende e Santos (2006) destacam que a atenção ao meio ambiente mediante um desenvolvimento sustentável, gera medidas responsáveis, como responsabilidade social, transparência, eco eficiência e eco produtos, propiciando à empresa conciliar viabilidade econômica e ganhos socioambientais.

Nesse sentido, o conceito de desenvolvimento sustentável, focado na sustentabilidade empresarial manifesta-se propondo uma nova visão empresarial, ou seja, nova reconfiguração político-estratégica da organização pelo uso de novas práticas e gestão dos seus ativos físicos, sistemas produtivos, instalações e equipamentos, com elevados níveis de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade.

Corroborando Moubray (1997), Palmer (1999), Takata et al. (2004) e Muller et al. (2008) apontam a importância das estratégias da manutenção na interface do modelo entrada-transformação-saída que se vêm se expandindo, para proporcionar disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade, preservando a função dos ativos e contribuindo para a implementação dos objetivos de desempenho da função produção, e garantir a competitividade da empresa, e muito recentemente, sem agressões ao meio ambiente.

Diante desse panorama, o resultado esperado é apresentar uma visão ampla das relações entre as estratégias da manutenção e sustentabilidade empresarial e os reflexos destas relações no modelo entrada-transformação-saída, para contribuir no avanço da evidenciação da sustentabilidade empresarial como uma fonte de vantagem competitiva.

## 1.1 Estratégias da manutenção

A estratégia de manutenção em longo prazo é geralmente visto da perspectiva de políticas e conceitos de manutenção. Por exemplo, é definido em termos de manutenção corretiva (reativa), preventiva e preditiva (KEVIN e PENLESKY, 1988), (COOKE, 2003). Swanson (2001), explica os três tipos de estratégias de manutenção: estratégia reativa, estratégia proativa (manutenção preventiva e preditiva), e estratégia agressiva (TPM – *Total Productive Maintenance*).

No entanto, a nosso ver, essas políticas de manutenção e os conceitos formam um dos vários elementos das estratégias da manutenção. A lista desses elementos é apresentada na Tabela 1. Assim, as estratégias da manutenção podem ser definidas em um nível de hierarquia funcional.

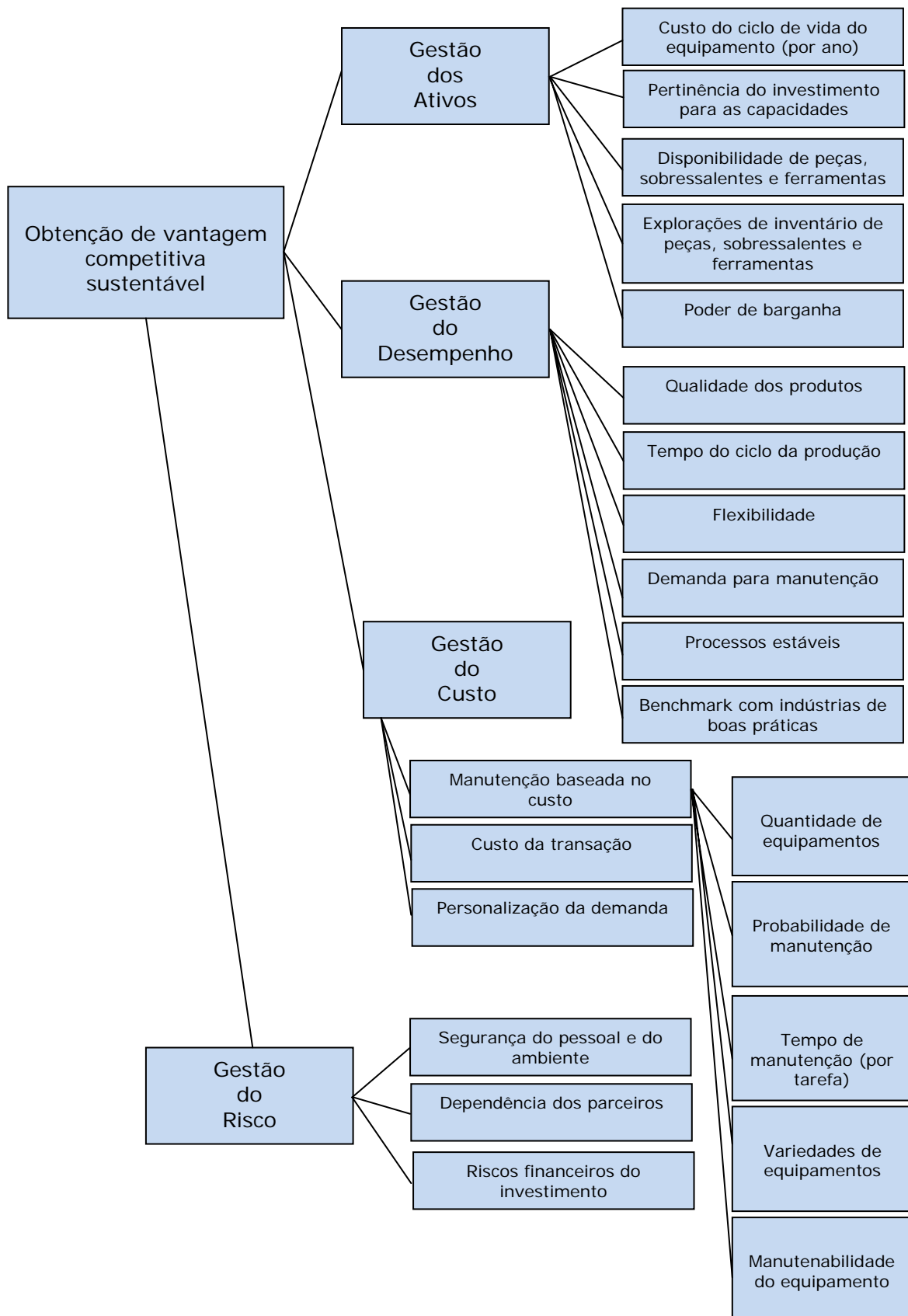
As estratégias podem ser definidas como padrão coerente, unificadora e integradora das decisões em diferentes elementos de manutenção estratégia em congruência com as estratégias de nível de produção, empresas e negócios; determina e revela o propósito organizacional, define a natureza das contribuições econômicas e não econômicas que tenciona fazer para a organização como um todo. Essa definição está baseada na definição dada por Hax e Majluf (1991).

Tabela 1 – O resumo dos elementos de decisão das estratégias da manutenção

Elementos estruturais de decisão da capacidade de manutenção	Capacidade em termos de força de trabalho, supervisão e gestão de pessoal.
Manutenção de instalações	Padrões de deslocamento da força de trabalho, contratação temporária de mão de obra.
Tecnologia da manutenção	Ferramentas, equipamentos, peças sobressalentes, especialização da força de trabalho (mecânicos, eletricitas, etc), localização da força de trabalho.
Integração vertical	Manutenção preditiva ou tecnologia de monitoramento de condição, sistemas especialistas e tecnologia de manutenção (manutenção inteligente). Manutenção versus terceirização e relações com fornecedores.
Elementos de infra-estrutura de decisão	Organização da estrutura (centralizada, descentralizada ou mista) e responsabilidades.
Organização da manutenção	Políticas como a manutenção corretiva, preventiva e preditiva. Conceitos como Manutenção Produtiva Total (TPM),
Políticas e concepções da manutenção	Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM).
Sistemas de Planejamento e Controle da Manutenção	Planejamento da Manutenção e de atividades (tarefas), a programação.
Recursos humanos	Controle de peças de reposição, custos, etc Sistema Computadorizado de Gestão da Manutenção (CMMS).
Modificações da manutenção	As políticas de recrutamento, formação e desenvolvimento da força de trabalho e pessoal. Cultura e estilo de gestão.
Manutenção de sistema, de medição de desempenho de recompensa	Manutenção, modificações, melhorias dos projetos de equipamentos, instalações, de novos equipamentos e suporte ao projeto de nova máquina. Reconhecimento de desempenho, relatórios e sistemas de recompensa

Fonte: S.K. Pinjala et al. / Int. J. Production Economics 104 (2006) 214–229

A forma como esses elementos estratégicos de manutenção são gerenciados ou utilizados pode ter um impacto sobre as dimensões operacionais de custo, sustentabilidade, qualidade e flexibilidade. Uma manutenção eficaz é aquela que satisfaz as necessidades do negócio e dos clientes, cumprindo as regras para a sustentabilidade empresarial do negócio: o gerenciamento de uma empresa com vários equipamentos. Uma diversidade de decisões de manutenção deve ser feita ao longo do tempo (S. K. PINJALA et al. 2006). A Fig. 1 mostra os critérios para avaliar uma estratégia da manutenção.



Fonte: Stefan Gassner (2007)

Fig. 1. Critérios para avaliar uma estratégia de manutenção.

Por exemplo, para garantir a vantagem competitiva sustentável, os critérios e subcritérios são mostrados na Fig. 1, Todavia é necessário abordar os direcionadores do valor do cliente, as capacidades e expectativas das partes interessadas (*stakeholders*), e portanto, representam os principais critérios.

## 1.2 O modelo entrada-transformação-saída

Para nossas aplicações e nossos objetivos, vamos considerar que sistema é um conjunto de elementos inter-relacionados com um objetivo comum, ou seja, todo sistema compõe-se de três elementos básicos: as entradas (*inputs*), as saídas (*outputs*) e as funções de transformação.

Para Martins e Laugeni (2005), os inputs (entradas) são os insumos, ou seja, o conjunto de todos os recursos necessários, tais como instalações, capital, mão de obra, tecnologia, energia elétrica, informações e outros. Eles são transformados em outputs pelas funções de transformação gerando os produtos manufaturados, serviços prestados e informações fornecidas.

Então, qualquer operação produz bens ou serviços, ou um misto dos dois, e faz isso por um processo ou funções de transformação. Por funções de transformação nos referimo-nos ao uso de recursos para mudar o estado ou condições de algo para produzir outputs (saídas). Qualquer atividade de produção pode ser interpretada conforme o modelo entrada-transformação-saída, mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Algumas operações descritas como processo de entrada-transformação-saída.

Operação	Entrada	Transformação	Saída
Linha aérea	Avião Pilotos e equipe de bordo Equipe de terra Passageiros e carga	Transporte de passageiros  Transporte de carga pelo mundo	Passageiros e carga transportados
Gráfica	Impressoras e desenhistas Prensas de impressão Papel, tinta etc.	Projeto gráfico Impressão Encadernação	Material desenhado e impresso
Polícia	Oficiais de polícia Sistema de computador Informação Público (defensores da justiça e criminosos)	Prevenção de crimes Solução de crimes Prisão de criminosos	Sociedade justa Público com sentimento de segurança

Fonte: Slack, N. et al. (2008)

## 1.3 Sustentabilidade empresarial

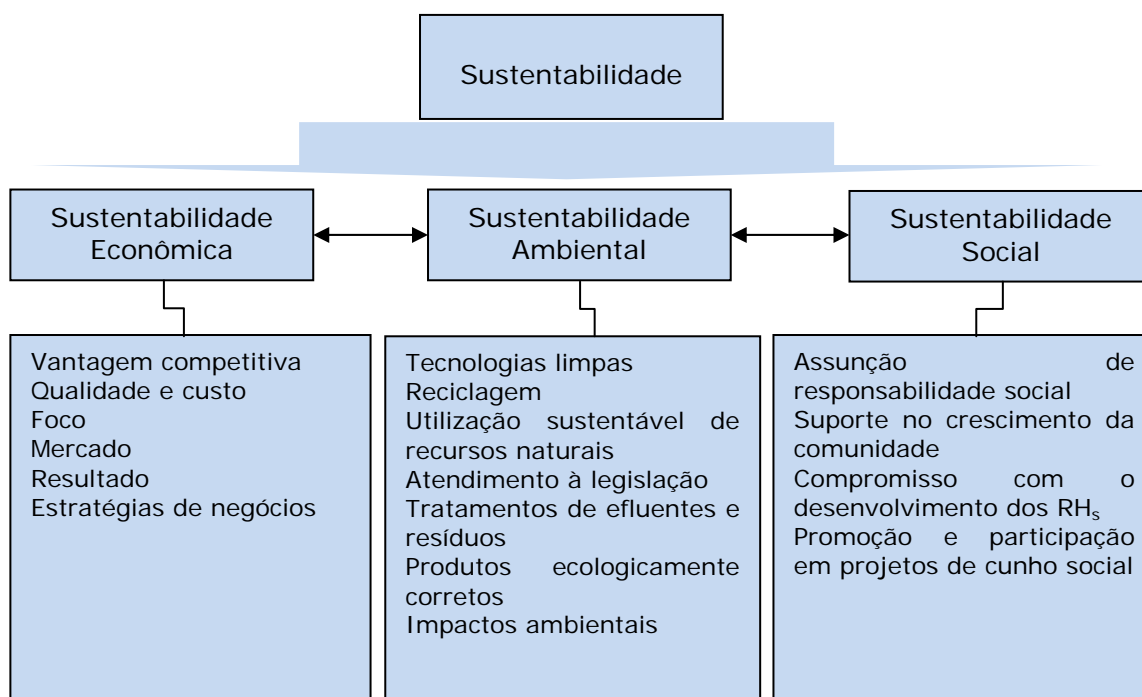
Na concepção desse artigo, entendem-se, por sustentabilidade empresarial, planos que contenham ações e tarefas com o propósito de mitigar os impactos ambientais com o uso de indicadores.

Odum (1998) revela que alcançar a sustentabilidade implica caminhar rumo ao desenvolvimento sustentável. Esse conceito surgiu da constatação de que a capacidade assimilativa dos ecossistemas e da regeneração dos recursos naturais ocorria em índices incompatíveis com o acelerado desgaste imposto à natureza,

inspirando o surgimento de um novo conceito de desenvolvimento, também conhecido como desenvolvimento sustentável.

Segundo WBSCD (2000), a ecoeficiência é um dos conceitos a serem seguidos para alcançar a sustentabilidade empresarial, porém, considera dois dos seus quatro elementos, a economia e a ecologia, não inserindo o componente social e de inovação tecnológica. Portanto, a ecoeficiência por si só não é suficiente, sendo um dos instrumentos a ser utilizado para o desenvolvimento sustentável.

Diante desse panorama, as empresas passam a se reestruturar para se adequar a essa nova percepção. As pressões sociais e restrições impostas fazem que as empresas sejam forçadas a buscar formas de reduzir seu impacto ambiental e a melhorar sua imagem ante a sua responsabilidade social. Nesse sentido, muito tem sido feito para a sustentabilidade do setor produtivo (CORAL, 2002). A Fig. 2 apresenta um modelo de sustentabilidade empresarial.



Fonte: Coral (2002)

Fig.2. Modelo de sustentabilidade empresarial

Segundo Coral (2002) o conceito do tripé da sustentabilidade tornou-se amplamente conhecido entre as empresas e os pesquisadores, sendo uma ferramenta conceitual útil para interpretar as interações extraempresariais e especialmente para ilustrar a importância de uma visão da sustentabilidade mais ampla, além de uma mera sustentabilidade econômica.

## 2 Metodologia e resultados

Para a maioria dos autores, o método científico é uma sequência lógica de procedimentos que se deve seguir para a consecução de um objetivo. Mas, segundo Kuhn (1981), a pesquisa eficaz raramente começa antes que uma comunidade científica pense ter adquirido respostas seguras para perguntas como as seguintes: Quais são as entidades fundamentais que compõem o universo de pesquisa? Como interagem essas entidades umas com as outras e com os sentidos? Que questões podem ser legitimamente feitas a respeito de tais entidades e que técnicas podem ser empregadas na busca de soluções?

Para atender aos objetivos deste artigo a pesquisa foi conduzida por um procedimento metodológico combinando duas técnicas para coleta de dados, a saber: a pesquisa bibliográfica e a realização do trabalho de campo por meio do envio de e-mails aos pesquisadores e especialistas, quando foram coletadas as suas considerações sobre as relações entre as estratégias da manutenção e sustentabilidade empresarial. A metodologia da pesquisa seguiu a definição de um modelo conceitual como referência, conforme mostrado na Fig. 3, oriunda dos resultados obtidos das considerações apresentadas pelos pesquisadores e especialistas durante o trabalho de campo.

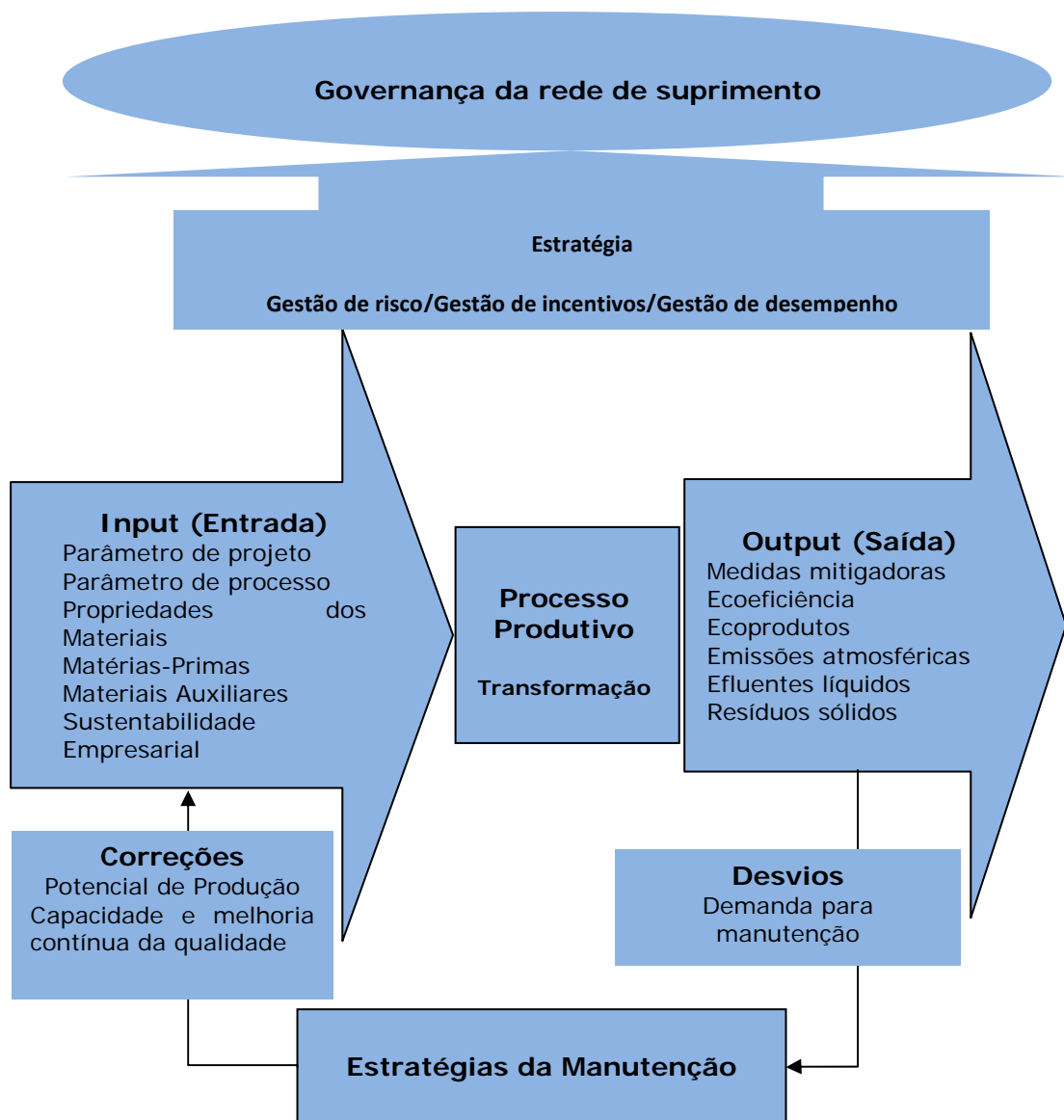


Fig. 3. Visão holística do processo produtivo.

Diante deste panorama, o resultado esperado é apresentar uma visão ampla das relações entre as estratégias da manutenção e sustentabilidade empresarial e os reflexos destas relações no modelo entrada-transformação-saída, como forma de contribuir no avanço da evidenciação da sustentabilidade empresarial como uma fonte de vantagem competitiva.

#### 4 Considerações finais

Com base no processamento e análise dos dados coletados da revisão bibliográfica e, principalmente, nas considerações apresentadas pelos pesquisadores e especialistas consultados, foi possível organizar as considerações finais abaixo descritas.

Neste artigo, procurou-se levantar reflexões diante das possibilidades das estratégias da manutenção de contribuir para a sinergia e para o sucesso da sustentabilidade empresarial. Isso pode ser realizado ao pesquisar e vincular as relações das estratégias da manutenção na interface do modelo entrada-transformação-saída (ver Fig. 3).

Para chegarmos a essas considerações analisamos também as relações das estratégias da manutenção na interface do modelo entrada-transformação-saída, identificando as possibilidades de uma empresa ter nos seus sistemas produtivos altos níveis de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade, isto é, associando estas estratégias da manutenção com a estratégia da produção (ver Fig. 3).

As considerações apresentadas com base no trabalho de campo mostraram que as interfaces se interpenetram e, em muitas situações, as funções analisadas funcionam de forma integrada. A dimensão de trabalho integrado necessita que os parâmetros estruturais, as estratégias e o roteiro de projeto organizacional reflitam também na organização das interfaces.

Neste artigo, apresentamos três políticas de manutenção: a primeira a política reativa (corretiva), a segunda, a proativa e a terceira, a agressiva. Trata-se de políticas baseadas em uma perspectiva do sistema de gestão da manutenção e de seus componentes de valores, metodologias e ferramentas, ou seja, caminhar de um estado reativo para um estado mais proativo da Gestão da Manutenção.

O trabalho de campo revelou, que para aumentar os níveis de relações entre as estratégias da manutenção e a sustentabilidade empresarial é necessário que os gestores tenham conhecimento dos fatores que influenciam o desempenho da Gestão da Manutenção.

Diferentes estratégias da manutenção dentro de um esquema de otimização devem ser avaliadas por objetivos e interesses, normalmente lucro, redução do custo total, confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade do sistema, instalações e equipamentos para a eficácia da Gestão da Manutenção, na interface do modelo entrada-transformação-saída.

Conforme considerações dos pesquisadores e especialistas consultados, sob o aspecto da produção, privilegiar as estratégias de manutenção confiabilidade, disponibilidade e a manutenibilidade do sistema, instalações e equipamentos significa eliminar a disputa pelo equipamento entre a Manutenção e a Operação porque a Gestão da Manutenção está incorporada ao planejamento.

A pesquisa bibliográfica identificou que o nível de degradação do sistema só pode ser conhecido mediante a inspeção periódica. O monitoramento baseado na condição, complementado por uma política de manutenção proativa pode levar a uma solução eficaz do sistema, portanto produzindo medidas mitigadoras e gerando ecoeficiência (ecoprodutos).

O trabalho de campo mostrou que é importante focar a questão dos "*trade-offs*" entre os critérios competitivos, o que se caracteriza por analisar as incompatibilidades entre dois ou mais critérios, ou seja, as situações em que a



melhoria de um critério poderá implicar um impacto negativo sobre o outro.

Um "*trade-off*" entre custo total (desenvolvimento econômico), desenvolvimento sustentável tem de ser alcançado para a obtenção da eficácia ótima da Gestão da Manutenção. Os resultados mostraram que existem relações entre as estratégias da manutenção e sustentabilidade empresarial, pois os indicadores de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade efetivamente são um caminho para a sustentabilidade empresarial de que uma empresa necessita em seus sistemas produtivos, como uma fonte geradora de vantagem competitiva. Portanto, pode ser útil para os gestores na elaboração adequada das estratégias da manutenção em diferentes contextos.

Outro aspecto importante identificado na pesquisa refere-se às práticas sociais sustentáveis, pois a empresa que está planejando a sustentabilidade empresarial não pode negligenciar a prática da responsabilidade social, focada na melhoria contínua da qualidade de vida dos seus colaboradores e da comunidade, bem como a transparência social em todos os níveis da organização.

De forma geral, esperamos que os pontos analisados no presente artigo fossem capazes de subsidiar novos trabalhos, essencialmente aqueles focados aos novos padrões sustentáveis de produção.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio da comunidade de pesquisadores e especialistas que direta ou indiretamente, colaboraram para o desenvolvimento deste estudo.

E com uma deferência muito especial, desejamos reconhecer o excelente e meticuloso serviço prestado pelos *referees* anônimos, o que contribuiu, de maneira expressiva, para a forma final deste artigo.

### **5 Referências**

Cooke, F.L., 2003. Plant maintenance strategy: Evidence from four British manufacturing firms. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 9 (3), 239–249.

Coral, Elisa., 2002. Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial. 282f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

Hax, A. C., Majluf, N. S., 1991. *The Strategy Concept and Process – A Pragmatic Approach*. Prentice-Hall International, Inc., New York.

Kevin, F.G., Penlesky, R.J., 1988. A framework for developing maintenance strategies. *Production and Inventory Management Journal* (First Quarter), 16–21.

Kuhn, T.S., 1981. *A estrutura das revoluções científicas*, São Paulo, perspectiva.

Martins, Petrônio Garcia., Laugeni, P. F., 2005. *Administração da Produção*, 2. Ed. São Paulo.

Moubray, J., 1997. *Reliability-centered maintenance*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Muller, A.; Crespo Marquez, A.; Lung, B., 2008. On the concept of e-maintenance: review and current research. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 93, p. 1165-1187.

Odum, E. P., 1998. Ecologia, Ed. Guanabara.

Palmer, D., 1999 Maintenance planning and scheduling handbook. N.Y.: McGraw-Hill.

Rezende, I.A.C.; Santos, L.S.R. Análise da rentabilidade e performance dos investimentos socialmente responsáveis: um estudo empírico no mercado brasileiro. In: ENANPAD, 30., 2006, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: ANPAD, 2006.

S.K. Pinjala, Liliane Pintelon, Ann Vereecke., 2006. An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies. Int. J. Production Economics 104, 214–229.

Slack N., Chambers S., Johnston R., 2008. Administração da Produção, 2. Ed. São Paulo.

Stefan Gassner., 2007. Deriving maintenance strategies for cooperative alliances – a value chain approach. Germany.

Swanson, L., 2001. Linking maintenance strategies to performance. International Journal of Production Economics 70, 237–244.

Takata, S. et al., 2004. Maintenance: changing role in life cycle management. CIRP ANNUALS – Journal of Manufacturing Technology, v. 53, n. 2, p. 643-655.

WBSCD, 2000. Measuring eco-efficiency – A guide to reporting company performance.