



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI - CIMATEC  
MBA EM GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

**RICARDO BACELAR BASTOS**

**USO DE ANÁLISE DE CAUSA RAIZ PARA BLOQUEIO DE PERDAS DE  
PRODUÇÃO EM PLANTAS INDUSTRIAIS**

Salvador

2013

**RICARDO BACELAR BASTOS**

**USO DE ANÁLISE DE CAUSA RAIZ PARA BLOQUEIO DE PERDAS DE  
PRODUÇÃO EM PLANTAS INDUSTRIAIS**

Artigo técnico apresentado ao Programa de Conclusão de Curso de MBA em Gestão da Manutenção da Faculdade Tecnologia SENAI Cimatec como requisito final para obtenção do título de especialista em Gestão da Manutenção.

Orientação do Professor Me. Sérgio R. C. Barreiro.

Salvador (2013)

**RICARDO BACELAR BASTOS**

**USO DE ANÁLISE DE CAUSA RAIZ PARA BLOQUEIO DE PERDAS DE PRODUÇÃO EM PLANTAS INDUSTRIAIS**

Artigo técnico apresentado ao Programa de Conclusão de Curso de MBA em Gestão da Manutenção.

Orientação do Professor Me. Sérgio R. C. Barreiro.

A Banca Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, submeteu o candidato à análise do Artigo Técnico em nível de Pós - Graduação e a julgou nos seguintes termos:

Prof. Me. Sérgio R. C. Barreiro.

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Ubatan Miranda

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

**MENÇÃO GERAL:**

---

Coordenador do Curso:  
Prof. Dr. Ubatan Miranda

## RESUMO

O trabalho analisa uma abordagem estratégica da manutenção, que amplia o foco da manutenção que passa a ser relativo a todo o processo produtivo, incorporando esforços para evitar perdas de produção. Busca-se com esta estratégia obter e manter a máxima produtividade, focalizando as perdas totais do processo. Uma ação gerencial eficaz passa pelo desenvolvimento e implantação de um sistema que consiga maximizar a relação benefício/custo da atividade de Manutenção através da identificação e quantificação das perdas, sendo útil para auxiliar o processo de análise e melhoria da eficiência interna dos processos produtivos.

A organização pesquisada emprega o Índice de Eficiência Global - IEG como indicador de desempenho de um equipamento, linha de produção ou um sistema operacional em termos de disponibilidade, capacidade e qualidade, resultando numericamente no produto destes três fatores. É, portanto a relação entre o volume de produção especificado obtido e a máxima produção possível, num determinado intervalo de tempo.

Como diretriz da organização, todas as perdas de produção industrial (falhas de equipamentos e processo) demandam uma análise mandatória de causa raiz da falha – Análise RCA, em até 30 dias após a consolidação do evento. A Análise RCA deve identificar todas as causas físicas, humanas e causas latentes dessas falhas de modo a evitar recorrências. Essas análises devem ser realizadas por grupos multidisciplinares envolvendo representantes da manutenção, processo e da produção com foco na confiabilidade.

As análises geram ações de modo a bloquear futuras perdas produtivas pelo mesmo motivo ou motivo similar ao do evento analisado. Para equipamentos, as ações são realizadas fundamentalmente no sentido de aumentar o nível de previsibilidade das ocorrências, uma vez que é senso comum que as ocorrências imprevistas normalmente geram impactos (em custos, produção, segurança e meio ambiente) maiores que as intervenções planejadas. As modificações e melhorias propostas devem eliminar as causas ou minimizar os efeitos das falhas, estender a vida útil e assegurar efetividade e retorno na gestão dos equipamentos.

Palavras-chaves: Índice de Eficiência Global; Análise de Causa Raiz, Manutenção e Confiabilidade.

## ABSTRACT

The article analyzes a strategic approach to maintenance that extends the focus of maintenance. The maintenance process becomes relative to the whole production process, incorporating efforts to avoid production losses. Through this strategy hoping to obtain and maintain maximum productivity, focusing on total losses of the process. An effective management action passes through the development and implementation of a system that can maximize the benefit / cost ratio of maintenance activity by identifying and quantifying the losses.

The company that was studied uses Global Efficiency Index - IEG as an indicator of performance of equipment, production line or of an operating system. The results of the IEG are impacted by availability, capacity and quality. IEG is the ratio between the specified production volume obtained and maximum possible production in a given period of time.

As a guideline of the company, all losses of industrial production (due to equipment failures and process failures) require a mandatory root cause analysis (RCA) of the failure, within 30 days of the official consolidation of the event. The RCA should identify all physical, human and latent causes of this failure in order to prevent reoccurrences. These analyses must be performed by a multidisciplinary group involving representatives of the maintenance, process and production areas of the company with a focus on reliability.

The RCAs generate actions in order to block future production losses due to the same or similar reason as that of the event analyzed. For the equipment, the actions are performed primarily to increase the level of predictability of the events. The proposed modifications and improvements should eliminate the causes or minimize the effects of the failures, extend the life cycle, ensure the effectiveness and guarantee some sort of return for equipment management.

Keywords: Root Cause Analysis, Losses process, maintenance and reliability

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.</b>	<b>Acompanhamento de IEG .....</b>	<b>8</b>
2.1.1.	Considerações.....	8
2.1.2.	Árvore de perdas.....	10
2.1.3.	Referenciais para o IEG.....	10
2.1.4.	Descrição das Etapas do Processo .....	12
2.1.5.	Coleta de Dados e Caracterização de Perdas .....	12
2.1.6.	Análise e Tratamento das Perdas.....	13
<b>2.2.</b>	<b>Análise de Causa Raiz (RCA) – Método PROACT® .....</b>	<b>13</b>
2.2.1.	Metodologia.....	13
2.2.2.	Fluxo de trabalho para análise de RCA - adaptação do Latino (2002). .....	15
2.2.3.	Como o Analista Principal constrói uma análise? .....	16
2.2.4.	O que é um Diagrama de Evento? .....	17
2.2.5.	O que é uma Árvore Lógica?.....	17
2.2.6.	Verificação de hipóteses .....	18
2.2.7.	Alterando o estado das hipóteses .....	19
2.2.8.	Como divulgar Descobertas e Recomendações .....	20
2.2.9.	Acompanhamento dos resultados .....	21
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS ALCANÇADOS.....</b>	<b>22</b>
4.1.	Resumo do processo da planta .....	22
4.2.	Acompanhamento dos ganhos em IEG.....	23
4.3.	Acompanhamento dos ganhos RCA x Perdas IEG .....	24
4.4.	Conclusão .....	26
<b>5.</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>27</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>28</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.1 - Evolução da Abordagem.

Figura 2.1.2 – Exemplo de uma Estrutura de Árvore de Perdas – Parcelas do IEG

Figura 2.1.3 – Ex. de Cálculo de Perdas em IEG – Responsabilidade x Categoria

Figura 2.1.4 – Exemplo de um Processo de Oportunidades Relativas às Perdas de Produção

Figura 2.2.4 – Diagrama de eventos

Figura 2.2.5 – Árvore lógica

Figura 2.2.7 – Árvore lógica com estado definido

Figura 4.1 (1) – Exemplo de produção de eteno (área quente e compressão)

Figura 4.1 (2) – Exemplo de produção de eteno (área fria).

Figura 4.2 (1) – Exemplo de acompanhamento mensal de IEG Planta 1

Figura 4.2 (2) – Exemplo de estratificado pela árvore de perdas IEG

Figura 4.2 (3) – Acompanhamento com meta de perdas Planta (Benchmark)

Figura 4.3 (1) – Relatório de análise de RCA x Perdas

Figura 4.3 (2) – Detalhe do Relatório de análise de RCA x Perdas

Figura 4.4 (1) – Redução de perdas por falhas na planta

Figura 4.4 (2) – Redução de falhas na planta

## 1. INTRODUÇÃO

Em tempos de recursos escassos, as plantas industriais investem na estratégia de confiabilidade em busca de potencializar a máxima capacidade produtiva, assegurando a confiabilidade e disponibilidade requeridas de cada unidade para atendimento ao plano de negócios.

Deve-se eliminar ou minimizar os efeitos da “não confiabilidade”, sejam efeitos econômicos, efeitos em segurança (pessoal e de processo) ou efeitos ambientais.

De acordo com Barreiro (2013), os esforços no sentido de aumentar a confiabilidade podem ser agrupados em três áreas distintas:

- I. Minimização dos efeitos da não confiabilidade nos processos existentes (redução de perdas e custos por falhas);
- II. Modificação ou substituição de equipamentos com problemas crônicos de confiabilidade (alteração de configuração);
- III. Aumento da confiabilidade em novos equipamentos.

Cada uma dessas áreas deverá ser gerenciada através de ações diferenciadas com o propósito de conseguir um máximo efeito relacionado à estratégia de confiabilidade.

Na área de redução de perdas e custo por falhas a manutenção tem papel fundamental no aumento da confiabilidade. Com uso de um acompanhamento sistêmico de indicadores de resultados: para o monitoramento eficaz do desempenho do processo é utilizado o Índice de Eficiência Global - IEG, um indicador abrangente e que traduz de maneira objetiva a excelência da gestão, focando na minimização das perdas de produção devido às causas industriais.

O IEG representa o quanto uma planta está utilizando da sua capacidade máxima para fabricar produtos especificados.

A medição e o acompanhamento sistemático do IEG visam identificar as causas-raízes de toda e qualquer perda da produção, em relação a uma capacidade máxima de referência, e classificá-las pela sua natureza a fim de estabelecer um plano de ação para eliminá-las, mobilizando os recursos com maior eficácia.

Para a manutenção e confiabilidade, o acompanhamento do IEG, conciliado a uma abordagem de análises de causa raiz da falha – análise de RCA para os eventos motivados por falhas em equipamentos são o elo na estratégia voltada à confiabilidade.

As causas das falhas devem ser entendidas para prevenir que ocorram novamente. Análises de falhas efetivas ajudam a entender o como e o porquê das falhas, auxiliando na eliminação das suas causas raíz. Sem análise adequada, mitigação incorreta pode ser implantada e a falha pode ocorrer novamente.

Além de explicar o mecanismo físico que causou a falha, devem ser abordadas todas as causas contribuintes, incluindo falhas nos processos de trabalho e/ou nos sistemas gerenciais. As soluções propostas devem tratar das falhas sistêmicas, humanas e de processos de trabalho para evitar a repetição.

Métodos bem sucedidos de análise de falhas focam na busca detalhada por causas raiz dos problemas e na proposição de soluções definitivas.

A seguir vamos demonstrar os resultados obtidos com essas práticas em uma planta industrial, na redução das perdas motivadas por falhas de equipamentos e os custos associados às falhas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

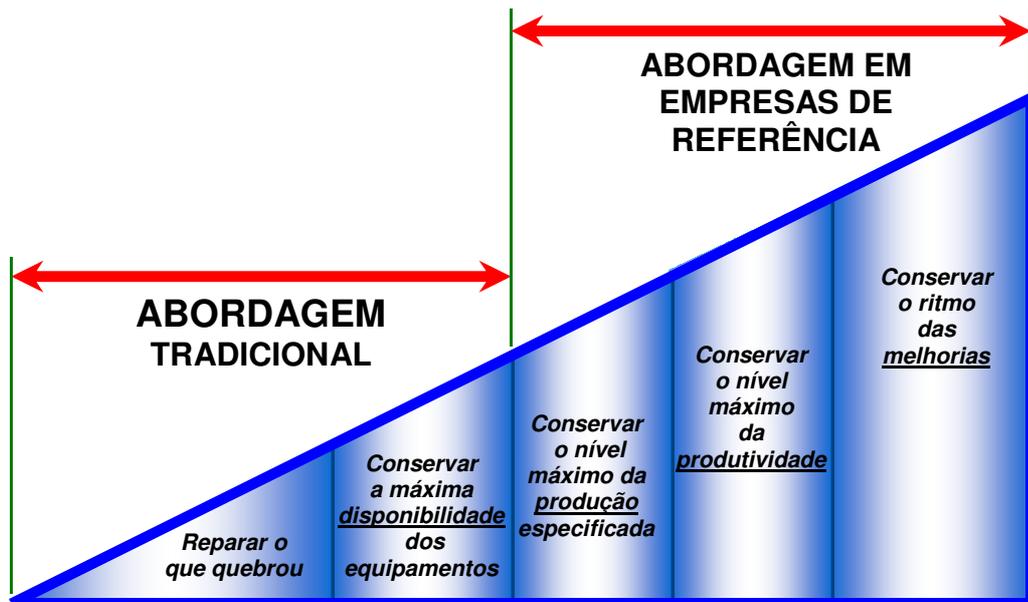
### 2.1. Acompanhamento de IEG

O acompanhamento das perdas relativas ao processo industrial tem como objetivo: descrever as diretrizes para uso das informações relativas à medição e acompanhamento da produtividade (eficácia e eficiência) das unidades industriais e identificação das restrições de produção, de forma integrada, pelas áreas de manutenção, produção, processo, qualidade e produtividade da unidade produtiva.

#### 2.1.1. Considerações

No tocante à gestão de ativos industriais, significa perseguir continuamente a “Perda Zero”, através da eliminação de desperdícios, melhoria da qualidade e produtividade.

Neste ambiente considera-se a ampliação do foco da manutenção que passa a ser relativo a todo o processo produtivo. Significa, portanto, manter a máxima produtividade, focalizando as perdas totais do processo e não apenas a integridade e confiabilidade dos ativos industriais.



**Figura 2.1.1** – Evolução da Abordagem (Fonte: MGMC Braskem)

Diversas empresas empregam o IEG como indicador de desempenho de um equipamento, linha de produção ou um sistema operacional em termos de disponibilidade, capacidade e qualidade, resultando numericamente no produto destes três fatores. É, portanto a relação entre o volume de produção especificado obtido e a máxima produção possível, num determinado intervalo de tempo.

As principais perdas do processo produtivo expressas pelo IEG, são descritas a seguir:

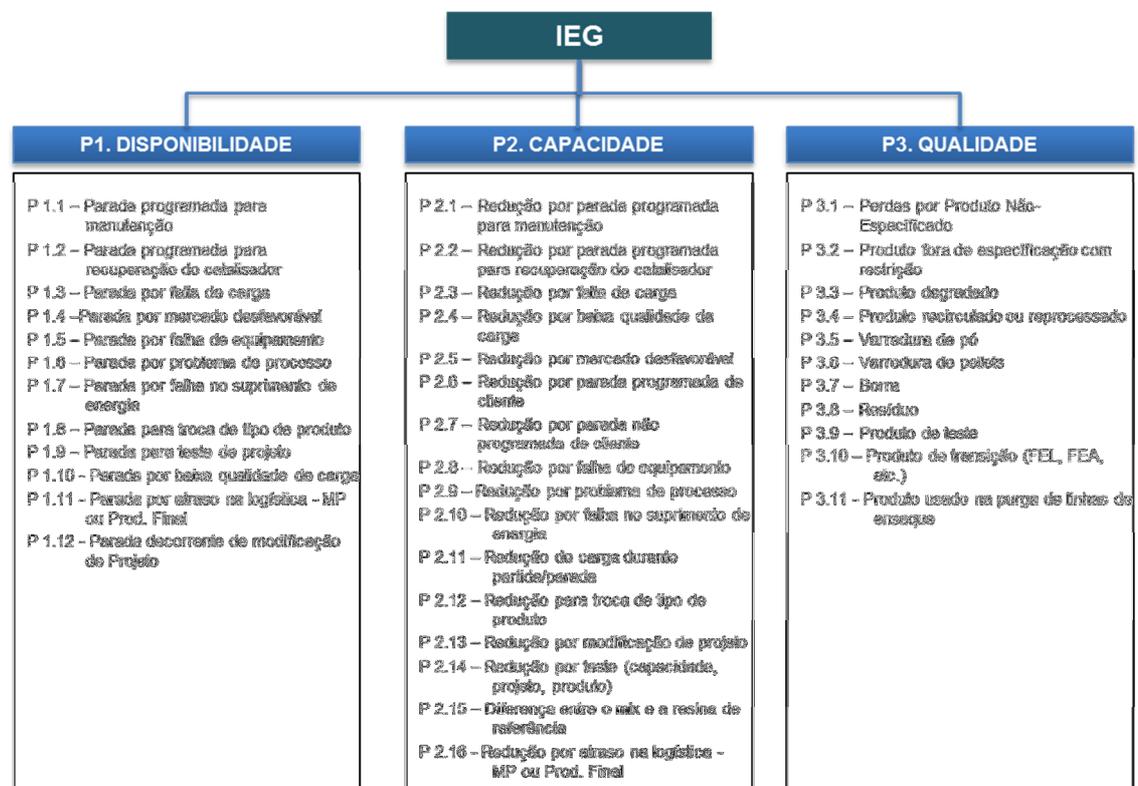
- **Perdas por Indisponibilidade:** consideradas toda vez em que o produto principal da unidade não seja produzido por parada da planta. Sua quantificação é feita tomando-se por base a quantidade de horas da planta parada x capacidade máxima.
- **Perdas por Redução de Capacidade:** consideradas toda vez que a produção máxima da unidade não é atingida. Sua quantificação é feita considerando-se a diferença entre a quantidade real produzida e a quantidade possível na taxa de referência (capacidade máxima por h x tempo de capacidade reduzida).
- **Perdas por Produto Off-Spec:** consideradas toda vez que a capacidade e outros recursos da unidade foram utilizados para produzir off-spec. Sua

quantificação é feita considerando-se a quantidade de off spec real produzida.

### 2.1.2. Árvore de perdas

A sistematização para a captura das oportunidades relativas às perdas de produção (parcelas deslocadas de IEG) passa pela estruturação de uma “Árvore de Perdas” que considere as diferentes categorias de perdas de produção e permita caracterizar adequadamente os eventos reais de perdas reportadas.

A quantificação das perdas assim estabelecida se configura como a base para a priorização dos recursos de Engenharia (Confiabilidade e Processo), que irão atuar para redução das mesmas e captura de oportunidades relacionadas.



**Figura 2.1.2 – Exemplo de uma Estrutura de Árvore de Perdas – Parcelas do IEG**

(Fonte: MGMC Braskem)

### 2.1.3. Referenciais para o IEG

Entre as considerações para a gestão das perdas em cada Planta/ Produto, está à necessidade de:

- Estabelecer a capacidade máxima (máxima produção sustentável);

- Identificar a produção real do período;
- Caracterizar o tipo de perda de produção para cada evento consolidado (de acordo com a Árvore de Perdas);
- Definir os custos associados, incluindo efeitos adversos de rendimento e utilidades.

### Definições sobre Capacidade Máxima

A definição da capacidade máxima de produção é essencial para o cálculo do IEG e também para verificarmos de uma forma coerente ao longo tempo as oportunidades existentes para melhoria do desempenho da planta. Cada organização estabelece regras próprias para definição desta capacidade máxima; o mais corrente é estabelecer a maior produção histórica sustentada num período de 30 dias.

- Industrial – perdas dentro do sistema produtivo;
- Supply – perdas na cadeia de suprimento de insumos, matéria prima e energia;
- Comercial – perdas fora do sistema produtivo.

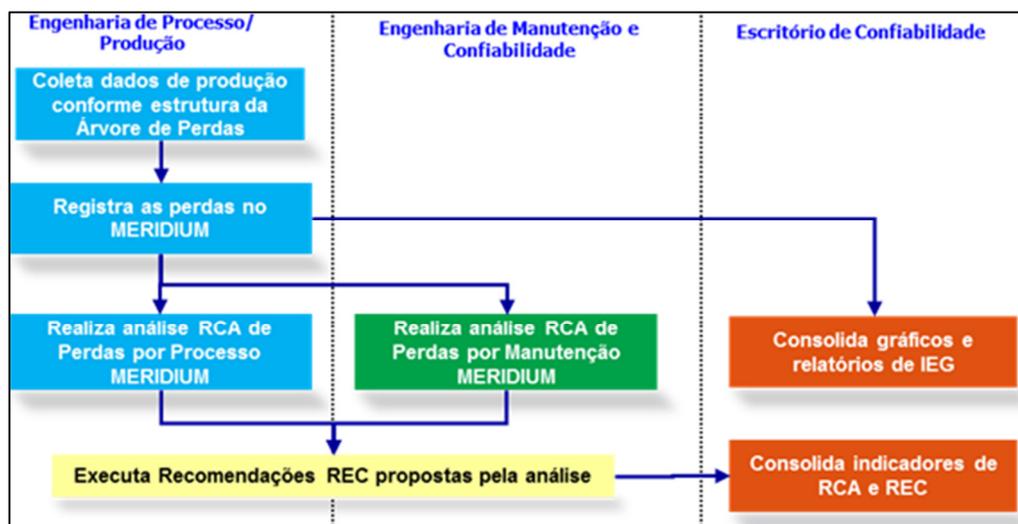
	COMERCIAL	SUPPLY	INDUSTRIAL	
<b>P1</b> DISPONIBILIDADE	Tempo Parada (h) * Taxa Grade Mais Produtivo (t/h)	Tempo Parada (h) * Taxa Grade Mais Produtivo (t/h)	Tempo Parada (h) * Taxa Grade Mais Produtivo (t/h)	
<b>P2</b> CAPACIDADE	Produção de grades que produzem abaixo da carga máxima + transições + paradas/partidas	Redução de carga por falta de MP ou insumos	Redução de carga por problemas de origem industrial (diferença)	
<b>P3</b> QUALIDADE	Off Spec programado	Produção de Off Spec 1ª vez por problemas de Supply	Produção de Off Spec 1ª vez por problemas de origem Industrial (diferença)	

**Figura 2.1.3** – Ex. de Cálculo de Perdas em IEG – Responsabilidade x Categoria (Fonte: MGMC Braskem)

Para a determinação de potenciais de melhoria do IEG, é necessária a disponibilização de referenciais (*benchmarks*) consistentes para efeito de comparação, e identificação de gaps de desempenho.

### 2.1.4. Descrição das Etapas do Processo

O processo típico de registro de eventos, análise de RCA e implantação de ações corretivas, preventivas e melhorias relacionadas a perdas em IEG está resumido no fluxograma a seguir:



**Figura 2.1.4** – Exemplo de Processo de Oportunidades Relativas às Perdas de Produção (Fonte: MGMC Braskem)

### 2.1.5. Coleta de Dados e Caracterização de Perdas

Para que existam informações suficientes que permitam o cálculo e desdobramento das perdas no IEG, é necessário que o acompanhamento diário das ocorrências seja sistemático e padronizado.

Os dados de produção podem ser obtidos diretamente dos sistemas de controle de produção. Tipicamente a Operação das plantas industriais reporta diariamente em “relatórios de turno” e similares, dados de produção e ações tomadas para atingir o nível de produção programado.

As áreas de Engenharia de Produção/ Operação deverão identificar e coletar os dados de perdas a partir destes registros operacionais das plantas, e após consolidação em eventos reportáveis, sumarizar os seguintes dados para seguimento de ações no âmbito das Engenharias (Confiabilidade e Processo):

- Produto;
- Data e Hora de Início do evento;
- Data e Hora de Término do evento;

- Local de Instalação - TAG (onde aplicável);
- Descrição da Ocorrência e Comentários (onde aplicável);
- Categoria e Sub categoria da Perda - conforme Árvore de Perdas Braskem;
- Perda em toneladas.

Cada item de Perda, ao ser registrado deve ser associado a uma das seguintes Áreas de Responsabilidade do evento principal que a motivou:

- Industrial;
- Supply - cadeia de suprimento de insumos, matéria prima e energia;
- Comercial.

Devem ser identificadas e registradas em base de dados todas as perdas reais reportáveis. O objetivo deve ser utilizar essas informações para identificar e direcionar soluções.

#### **2.1.6. Análise e Tratamento das Perdas**

Perdas de produção industrial (falhas de equipamentos e processo) demandam análises de Causa Raiz - RCA, em prazos curtos (até 30 dias após a consolidação do evento) de modo a preservar as condições e evidências que permitam uma avaliação adequada.

Para plantas onde é típica a incidência de muitos eventos de perdas de menor tonelagem, cada planta deve estabelecer um limite inferior a partir do qual se torna mandatória a Análise de Causa Raiz - RCA.

### **2.2. Análise de Causa Raiz (RCA) – Método PROACT®**

#### **2.2.1. Metodologia**

Segundo Latino (2002), PROACT® é uma sigla para uma metodologia que lhe conduz pelos diversos estágios de uma Análise de Causa Raiz (RCA). O PROACT oferece um processo sistemático para determinar as causas básicas de eventos e lhe ajuda a fazer recomendações significativas para eliminar ou reduzir o impacto destas causas.

Estágios da metodologia PROACT para a Análise de Causa Raiz:

- *PReserving Event Data* - Preservação dos Dados de Falha
- *Ordering the Analysis Team* - Ordenamento a Equipe da Análise
- *Analyzing the Data* - Análise dos Dados
- *Communicating Findings and Recommendations* - Divulgação de Resultados e Recomendações
- *Trackings for Results* – Acompanhamento dos Resultados

A chave para o sucesso da metodologia e a aderência e disciplina para as regras acima, com isso é possível evitar milhões em perdas.

**Preservação dos dados de falhas** – Efetuar análise investigativa do fato, como um policial, cientista ou doutor, os passos devem ser colocados em ordem. Não é possível começar uma análise sem dados. Na verificação das evidências, manter a disciplina para preservação do local, identificar o que necessita fazer, o como e quem faz a coleta de dados.

**Ordenamento a equipe da análise** – identificar o líder ou facilitador e a equipe para a análise. É muito importante escolher pessoas experientes e de diversas áreas (manutenção, operação, processo, segurança) para compor a equipe. A efetividade e produtividade da análise dependem da estrutura e direcionamento da equipe.

**Análise dos dados** – somente após a coleta de dados podemos iniciar a análise e escolha da equipe ideal, então colocamos todos juntos para analisar os dados e colocá-los em uma ordem que faça sentido lógico. Imagine uma situação caótica em que você não sabe o que aconteceu? Um evento de princípio de incêndio ou explosão no processo, uma peça que falhou em um equipamento importante. O RCA trata esses casos, colocando ordem no caos. Efetuando uma investigação que comprova que tudo acontece por uma razão e, geralmente, muitos erros ocorrem antes de um resultado indesejável. Com o uso de uma **árvore lógica**, deduzindo através de fatos conhecidos, e o uso de hipóteses para o que pode ter acontecido antes. Posteriormente aprovando ou desaprovando as hipóteses já verificadas. E o processo é concluído com a identificação na árvore lógica das causas físicas, humanas e latentes.

**Causas físicas** – nível componente – tangíveis. Deve passar por validação para provar se de fato é verdadeira;

**Causas humanas** – quase sempre irá desencadear uma causa física. São decisões tomadas que resulta em erros, omissões, etc. Por quê?

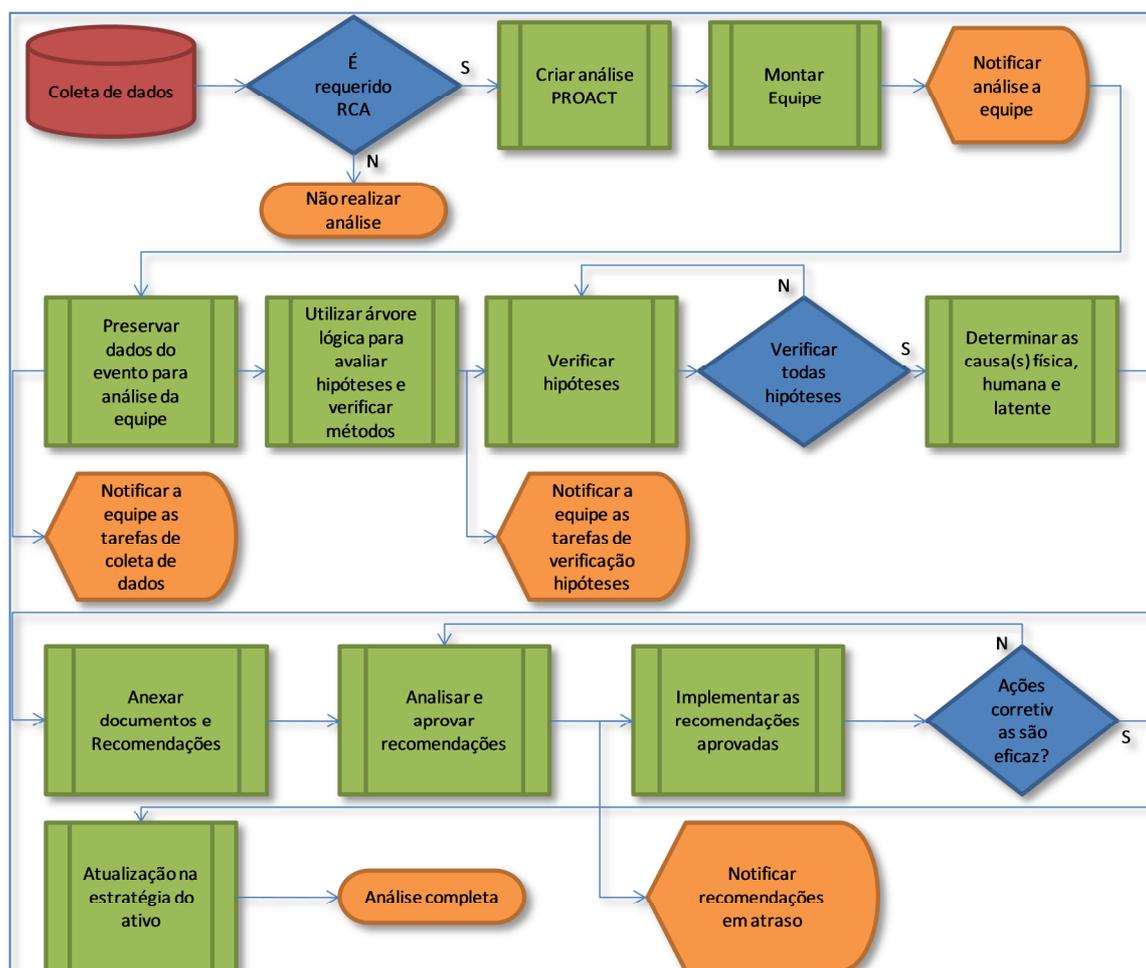
**Causas latentes** – o que as pessoas usam para tomar decisões. Estabelecer o motivo ou o porquê tomou a decisão de fazer algo?

Lembrar que o foco da análise é descobrir o porquê foi tomado à decisão e não quem tomou a decisão.

**Divulgação de resultados e recomendações** – divulgar os resultados encontrados nas verificações para obtenção das causas verdadeiras e as recomendações implementadas. A implantação da recomendação deve garantir correções de deficiência no processo e eliminar o risco de recorrência do evento indesejável.

**Acompanhamento dos Resultados** – a meta para qualquer investigação não é meramente identificar o que deu errado, mas garantir que o risco da recorrência foi eliminado com a implantação das recomendações. Somente quando houver melhora nos indicadores do processo temos a garantia do sucesso da análise.

### 2.2.2. Fluxo de trabalho para análise de RCA - adaptação do Latino (2002).



### 2.2.3. Como o Analista Principal constrói uma análise?

Para construir uma nova análise, o Analista Principal documenta informações sobre o evento que será analisado, assim como a Equipe de Análise e suas metas. O Analista Principal utiliza o Construtor de Nova Análise para criar novas análises PROACT® para Meridium. O Construtor de Nova Análise conduz o Analista Principal pelos estágios seguintes:

- 1) Inserção de informações pertencentes à nova análise, incluindo Nome da Análise, Datas de Início e Término, Tipo de Análise, e Narrativa do Evento
- 2) Especificação do tipo de análise (Equipamento or Não-Equipamento)
- 3) Especificação do Equipamento (ou ítem Não-Equipamento) envolvido no Evento e especificação de informações de Custo e Frequência.
- 4) Especificação dos membros da equipe, incluindo o Analista Principal
- 5) Seleção de Fatores de Sucesso Críticos, ou seja, normas que a equipe seguirá durante a análise do evento
- 6) Inserção de uma Política de Equipe, ou seja, o resultado que a equipe espera atingir com a condução da análise e os objetivos que conduzirão a este resultado.

#### Campos de identificação da nova análise (Meridium):

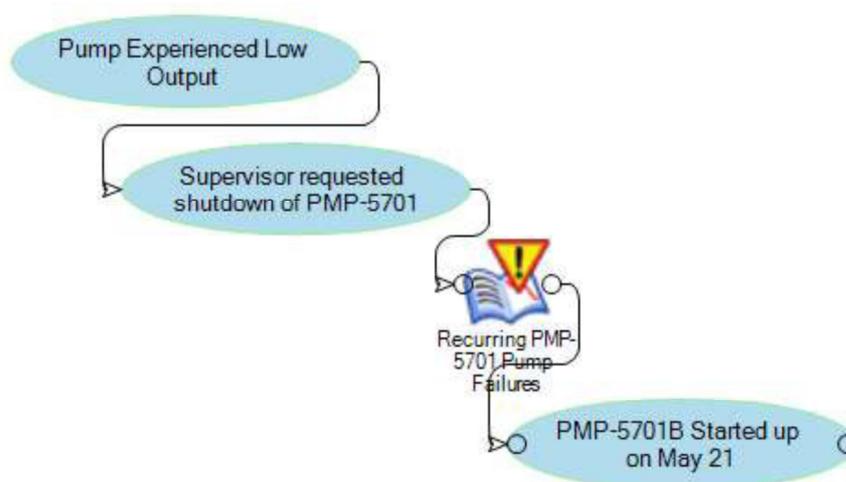
- **Nome da Análise:** Um nome, com até 255 caracteres, que identifique o equipamento e o modo de falha principal;
- **Descrição:** Uma descrição breve da análise;
- **Data de Início:** A data de início da análise;
- **Data de Término:** A data de término projetada da análise;
- **Comentários:** Qualquer comentário adicional sobre a análise;
- **Tipo:** Um de quatro tipos de análise: Mecânica, Operacional, de Qualidade, ou de Segurança;
- **Narrativa do Evento:** Uma descrição da falha, do momento em que foi identificada ao momento que foi isolada e/ou reparada;

- **Data de Publicação:** Indisponível até que a análise seja publicada, momento em que o estado da análise muda de Não-publicada para Publicada e em que este campo é preenchido com a data atual.

#### 2.2.4. O que é um Diagrama de Evento?

Um Diagrama de Evento é utilizado para documentar a cadeia de eventos que conduzem a um Evento de Falha de RCA, assim como a atividades pós-falha.

Diagramas de Evento também podem ser usados para representar uma cadeia de eventos envolvendo falhas múltiplas.

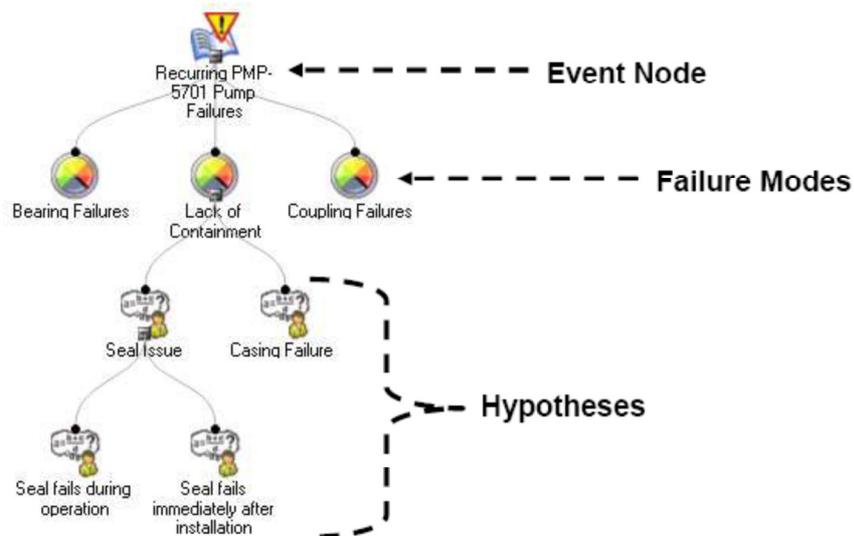


**Figura 2.2.4** – Exemplo de Diagrama de Eventos

#### 2.2.5. O que é uma Árvore Lógica?

Uma Árvore Lógica é uma representação gráfica que estrutura uma Análise de Causa Raiz e ajuda a determinar a causa básica provável de falha. Uma Árvore Lógica geralmente consiste em:

- Um *Event Node* (**Nó de Evento**) – Uma descrição breve da falha. Sempre deve ser um fato.
- *Failure Modes* (**Modos de Falha**) – Fatos relacionados a uma falha. São uma descrição mais detalhada de como o evento ocorreu (fatos). Por exemplo, quando uma bomba falha, é observado que ocorreu uma falha de mancal.
- *Hypotheses* (**Hipótese**) – Quais são as causas prováveis de cada modo de falha? Como pode? Quais os eventos ocorreram antes da falha. Todas as possibilidades. Necessita de verificação para validação.



**Figura 2.2.5** – Exemplo de Árvore lógica

### 2.2.6. Verificação de hipóteses

Após determinar todas as possíveis hipóteses. É necessário adicionar um Método de Verificação para cada hipótese. O Método de Verificação determina quem coletará os dados usados para validar ou não uma hipótese específica, assim como a data de conclusão estimada.

- Método - (campo obrigatório) O método que será utilizado para comprovar ou não a hipótese (ex. Análise de Óleo de Lubrificação, Inspeção Visual, etc.).
- Resultado – Os resultados do método de verificação (ex. resultados de laboratório que comprovam ou não a hipótese em questão). Este campo é preenchido quando o Membro da Equipe Designado completa o processo de Verificação.
- Data de Vencimento – A data em que a Verificação da Hipótese selecionada deve ser concluída.
- Enviar Notificação na Data de Vencimento? – Marque esta opção se quiser que o sistema envie ao Membro da Equipe Designado uma notificação na Data de Vencimento especificada.
- Texto do Email de Notificação – Este campo estará disponível se você marcar a opção no campo Send Notification on Due Date? Insira o texto

desejado da notificação que será enviada ao Membro da Equipe Designado.

- Concluída? – Quando você cria uma Verificação, este campo tem a definição padrão "No". Este campo será preenchido quando o Membro da Equipe Designado conclui o processo de Verificação.

### 2.2.7. Alterando o estado das hipóteses

Finalizando a árvore lógica, após que a equipe verificou todas as hipóteses, deve indicar resultados na Árvore Lógica designando Estados apropriados a cada hipótese.

**Estado:** Por definição padrão, é preenchido com hipóteses. Quando você confirmar uma Hipótese, você poderá alterar seu estado para Causa Física, Causa Humana, Causa Latente, Não-Verdadeiro, Verdadeiro.

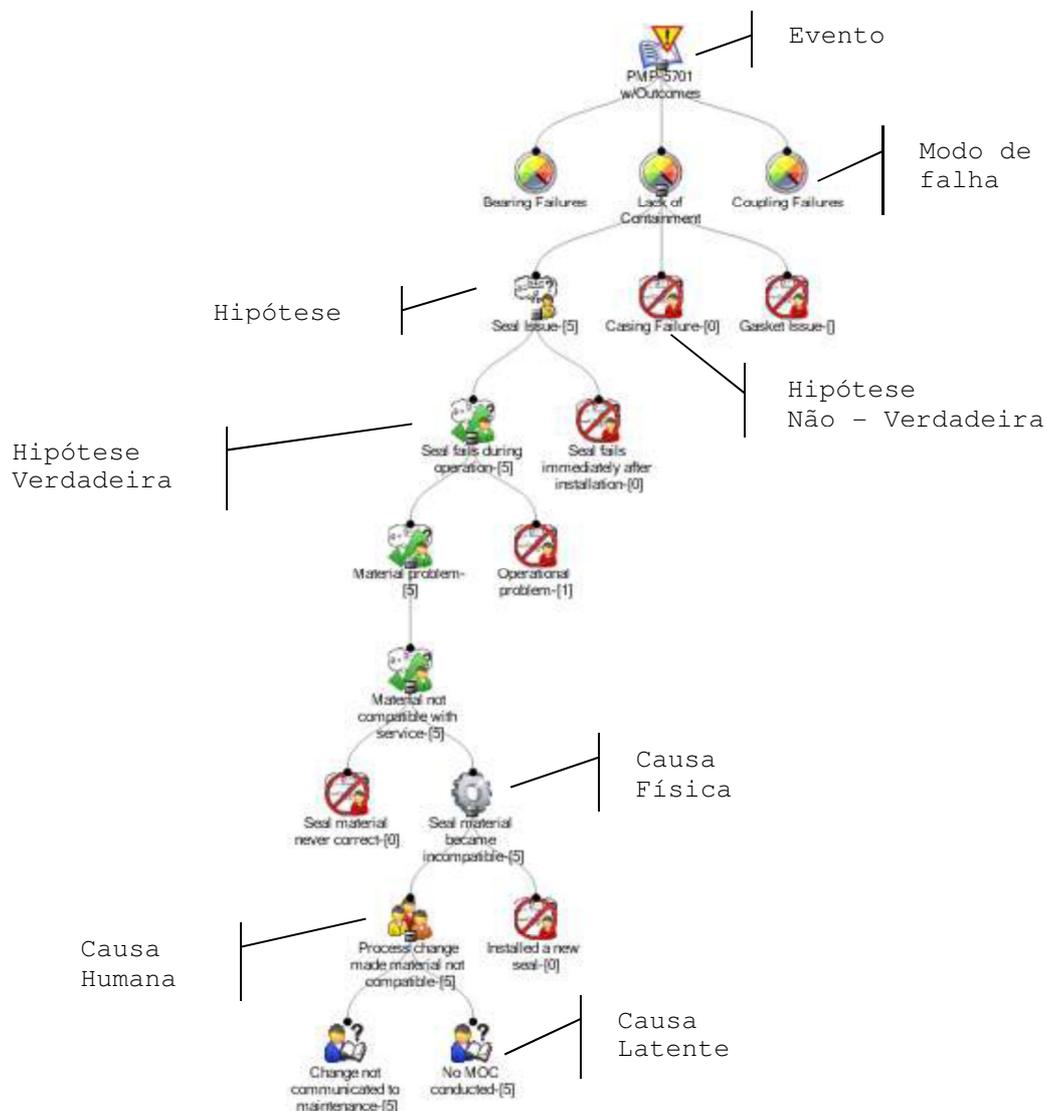


Figura 2.2.7 – Exemplo de Árvore lógica com estado definido

### 2.2.8. Como divulgar Descobertas e Recomendações

Tendo determinado as causas básicas da análise, é momento de efetuar a divulgação das descobertas e recomendações. Sempre utilizar os relatórios já formatados no sistema Meridium.

- Nome da Análise: Preenchido no sistema
- Descrição da Análise: Uma descrição breve da análise, indicando que uma abordagem disciplinar foi utilizada.
- Data de Início: Preenchido no sistema
- Data de Término: Preenchido no sistema
- Comentários: Preenchido no sistema
- Tipo de Análise: Preenchido no sistema
- Narrativa do Evento: Uma descrição breve do evento de falha que esboça a seqüência de eventos que ocorreram do momento em que a falha ocorreu, até o momento em que o evento foi isolado.
- Data de Publicação: Quando a análise é publicada, o sistema irá alterar o estado da análise de “Não-publicada” para “Publicada” e preencherá este campo com a data atual.
- Mecanismo: Uma descrição breve do mecanismo de falha envolvido no evento de falha que você analisou. A descrição deve incluir as causas básicas que foram encontradas como resultado da análise e esboçar a cadeia de eventos que conduziram ao evento indesejável.
- Agradecimentos: Agradecimentos permitem que você reconheça membros que não fazem oficialmente parte da equipe de análise, mas que contribuíram com sua expertise.

#### Lista de critérios de aceitação para as recomendações:

- 1) Eliminar ou reduzir o impacto da causa – nem sempre é possível a eliminação da causa. Nestes casos, podemos trabalhar com metas de redução dos tempos parados (MTTR) e/ou aumento dos tempos entre falhas (MTBF);
- 2) Proporcionar um percentual de retorno do investimento (ROI);

- 3) Não conflitar com projetos em andamento;
- 4) Lista todos os recursos e justificativa de custos;
- 5) Ter sinergia com o todo sistema/ processo.

### **2.2.9. Acompanhamento dos resultados**

Reconhecendo que a metodologia do RCA é pró-ativa, devemos concentrar sobre a forma de medir os efeitos das recomendações implementadas. A seguir exemplos para ajudar a definir as métricas apropriadas:

- Mecânica – utilização de tempo médio entre falhas (MTBF). Mudança de fornecedores de serviço. Novo de tipo de material, exemplo modificação de um selo mecânico em bombas. Alteração de tarefas como lubrificação ou inspeção. Novos procedimentos para reduzir o tempo parado. Todas essas situações podem ser acompanhadas e mostrar a assertividade das recomendações, devem principalmente reduzir custo de manutenção, aumentar MTBF ou diminuir MTTR.
- Operacional – utilização de quantidade de reserviço por problemas operacionais. Redução de produtos fora de especificação. Melhoria nos controles de processos. Todos ligados a ter a produção máxima instalada e diminuição de custos operacionais.
- Atendimento ao cliente – todos ligados a qualidade de produto. Acompanhamento de reclamações de clientes. Prazo de entrega. Foco na satisfação do cliente.
- Segurança – monitoramento das taxas de acidentes pessoais ou materiais. Foco na segurança industrial.

Ter em mente que só podemos melhorar o que é possível medir. Outro ponto importante são as formas de divulgação do trabalho como: Distribuição de relatórios; Jornais internos e corporativos; Apresentação em conferencias; Publicação de artigos; Cases de sucesso.

### 3. METODOLOGIA

Adotada a revisão bibliográfica sobre: estratégias de manutenção, confiabilidade, acompanhamento de IEG, análise de causa raiz metodologia PROACT no sistema Meridium para eliminação de perdas e falhas em equipamentos industriais.

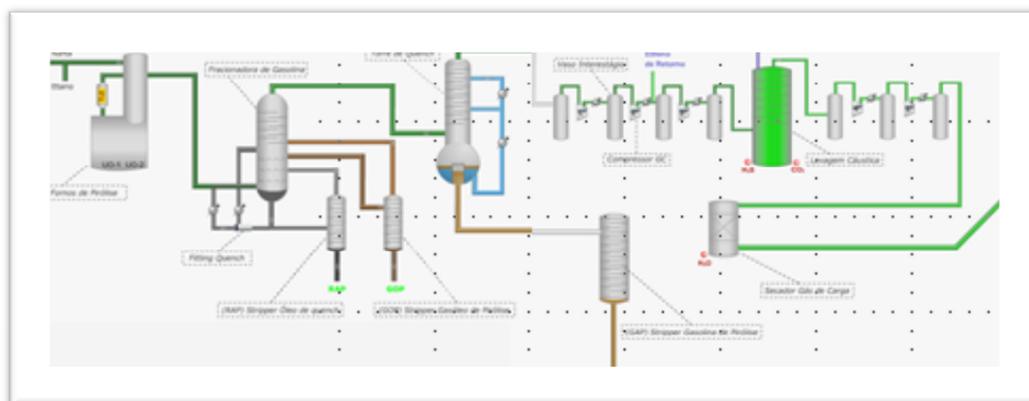
Estudo de caso e análise da metodologia implantada na planta industrial de referencia e comprovação dos resultados alcançados através do acompanhamento de indicadores sobre o tema abordado.

### 4. RESULTADOS ALCANÇADOS

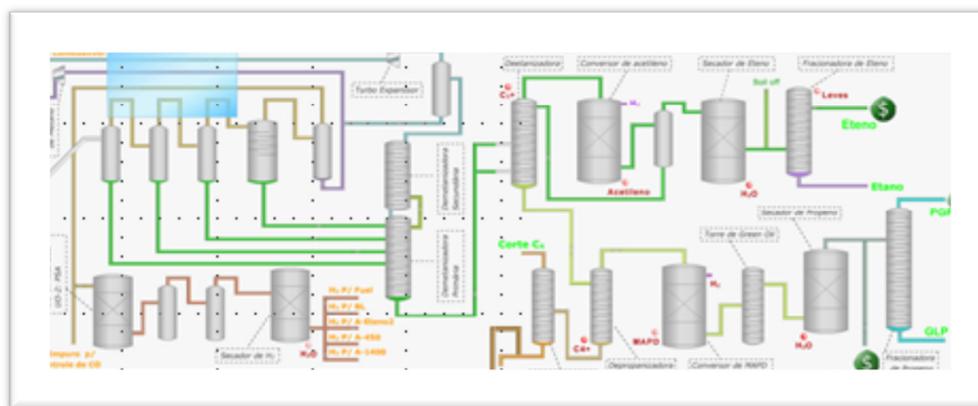
#### 4.1. Resumo do processo da planta

O processo de Produção de Eteno se inicia com a realização de um conjunto de ações que visam ao atendimento à demanda de produção estabelecida pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Como exposto anteriormente, o Processo de Produção de Eteno compreende as operações da Planta de Eteno, de Utilidades e Estocagem e de Tratamento de Efluentes. Tais operações possuem grande interação, isto é, os produtos de uma operação podem constituir a matéria prima de outra, estabelecendo uma relação de fornecedor/cliente interno.



**Figura 4.1 (1)** – Esquema ilustrativo de produção de eteno (área quente e compressão)



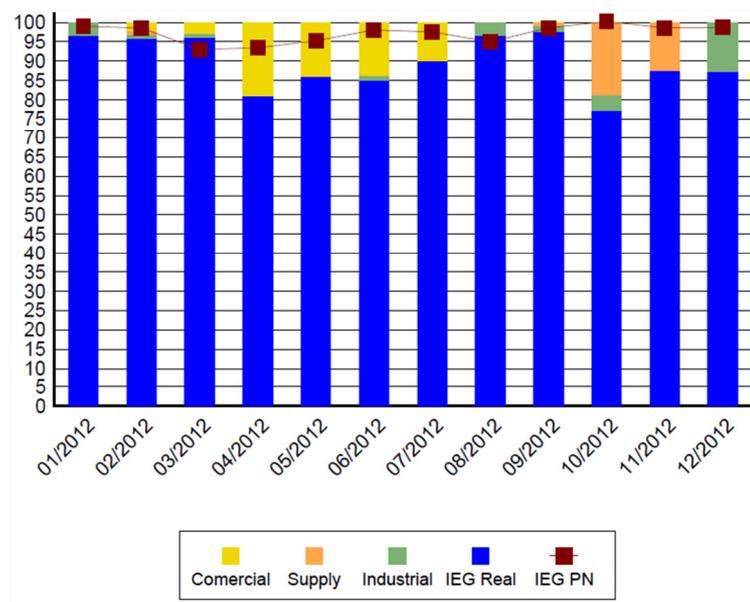
**Figura 4.1 (2)** – Esquema ilustrativo de produção de eteno (área fria).

A operação da Planta de Eteno se inicia com o recebimento das matérias-primas, Etano e Propano, Insumos e Utilidades, e finaliza com o envio de Produtos, Utilidades e Efluentes para os seus respectivos clientes.

Os produtos da operação da Planta de Eteno são as correntes de Eteno, matéria prima para a produção de Polietileno, Hidrogênio de Alta Pureza, Propeno Polímero, Gasolina de Pirólise e C9+.

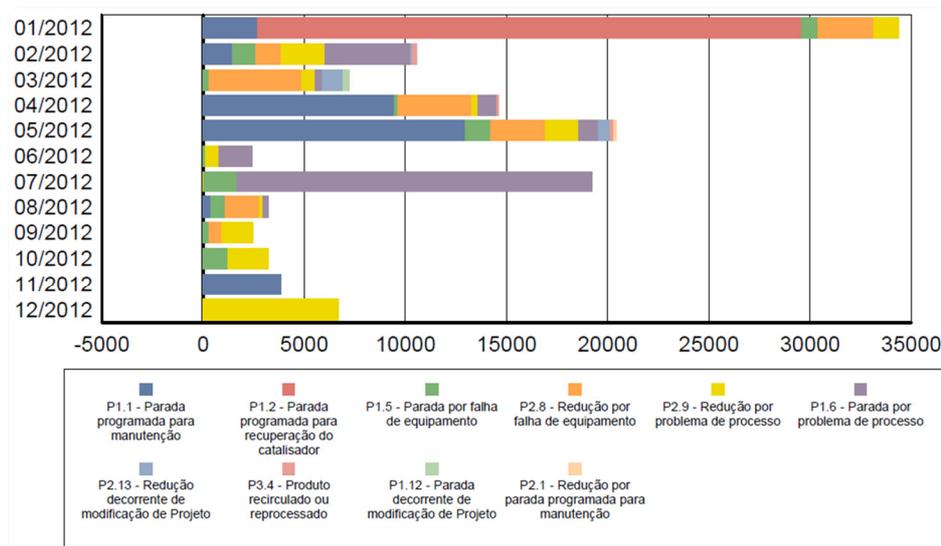
#### 4.2. Acompanhamento dos ganhos em IEG

Estabelecido através de relatório específico, o acompanhamento mensal do IEG para verificação do quanto à planta está utilizando da sua capacidade máxima para fabricar produtos especificados.



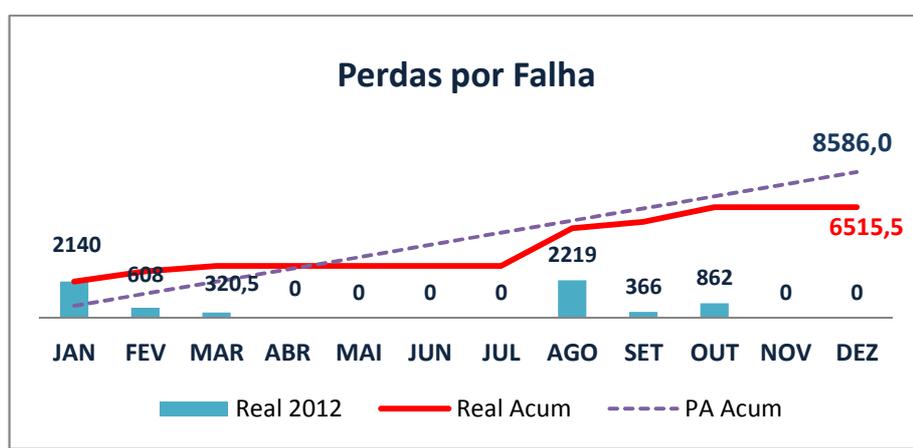
**Figura 4.2 (1)** – Exemplo de acompanhamento mensal de IEG Planta 1 (Fonte: Base de Dados Meridium – Braskem)

Estabelecido através de relatório específico, a estratificação e identificação das perdas motivadas por falha em equipamentos que devem ser analisadas através de análises de causa raiz pela manutenção.



**Figura 4.2 (2)** – Exemplo de estratificação pela árvore de perdas IEG (Fonte: Base de Dados Meridium – Braskem)

Estabelecido o acompanhamento das perdas versus meta definida tendo como referencia o benchmark mundial para plantas com a mesma capacidade instalada.

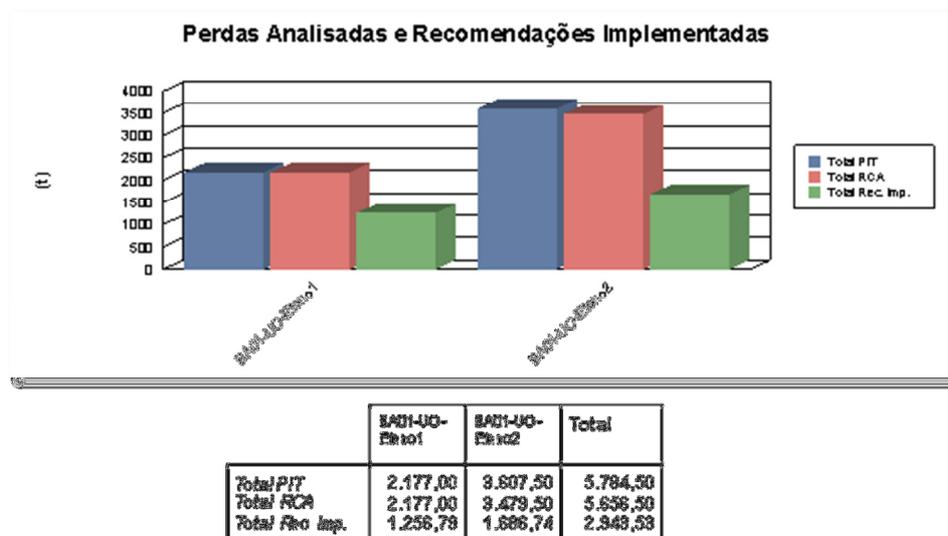


**Figura 4.2 (3)** – Acompanhamento com meta de perdas Planta (Benchmark) (Fonte: Base de Dados Meridium – Braskem)

### 4.3. Acompanhamento dos ganhos RCA x Perdas IEG

Na organização em estudo, todas as perdas de produção industrial (falhas de equipamentos e processo) demandam uma Análise de Causa Raiz - RCA mandatória,

em até 30 dias após a consolidação do evento. A organização faz esse acompanhamento através de relatórios extraídos do próprio sistema de gestão da engenharia Meridium. No exemplo a seguir, mostramos o acompanhamento por tonelada perdida por falhas em equipamento e a relação entre as análises de RCA e suas recomendações implementadas. A organização em estudo tem interesse na implantação das recomendações, pois elas têm como objetivo bloquear futuras perdas de mesma natureza.



**Figura 4.3 (1)** – Relatório de análise de RCA x Perdas (Fonte: Base de Dados Meridium – Braskem)

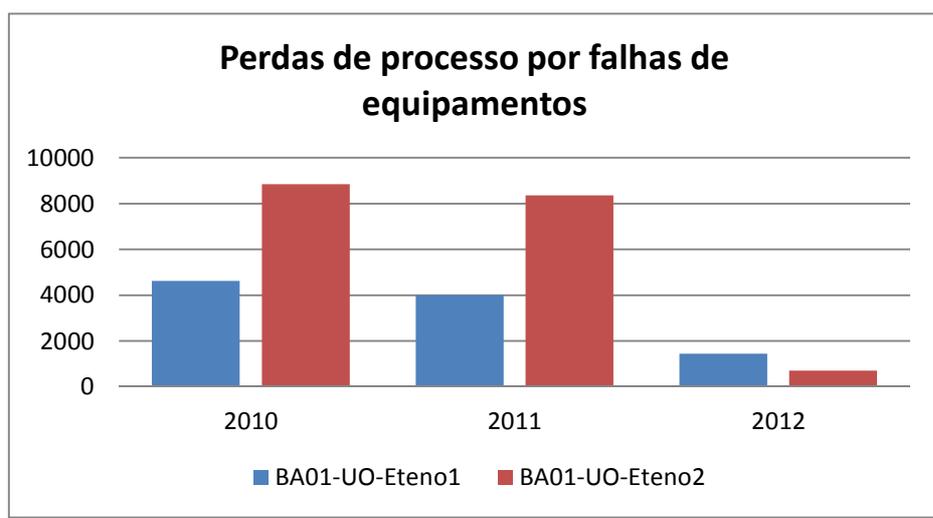
No detalhamento do relatório é possível verificar o impacto na produção (perda reportada), o nome da análise de RCA e suas recomendações com mais detalhes, identificando os responsáveis e prazos garantindo uma auditoria das ações e a sua implantação.

Dt. Início	Produto	Qte(t)	Causa	Nota SAP	Especialidade	Local de Instalação
Dt. RCA	Status	Nome da Análise	Status	Dt. Prev.	Dt. Conc.	Responsável
Nº REC	Título da Recomendação			Responsável	Área Resp.	Prior. Peso(t)
<b>BA01-UC-Evento 1</b>						
21/11/12	BA01-Ibema1	958,80	Queima do motor GA-1101B no dia 22/11/12 às 10:42h com ruptura do fuso S051. Responsabilidade das bombas de óleo de gases GA-1101B e GA-1123A em manutenção durante a parada.	9200000094	ELÉTRICA	BA01-004-1101B
23/12/11	Publicado		BA01-GAM-1101B: Queima do motor durante a parada		Fernando Jose Bastos Silva	
REC-163028	Elaborar teste de resistência de isolamento e resistência ôhmica dos motores elétricos envolvidos em paradas gerais antes da partida da planta		CREATED	30/11/13		Leboa, Getílio HIGH 254,87
REC-163028	Elaborar comissão gratuita, por levantamento, dos motores com quebra de produção ou ruído acima 85db/m		CREATED	31/12/15		Sartre Silva, Fernando Jose MEDIUM 161,76
REC-163047	Elaborar abertura reportória de proteção dos motores com baixo grau de proteção durante o período das paradas gerais		CREATED	25/11/13		Leboa, Getílio MEDIUM 161,76

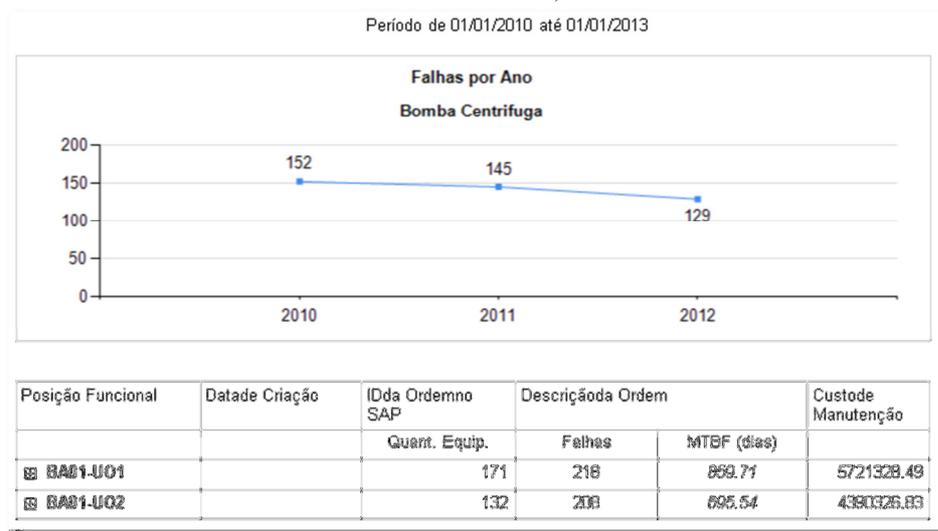
**Figura 4.3 (2)** – Detalhe do Relatório de análise de RCA x Perdas (Fonte: Base de Dados Meridium – Braskem)

#### 4.4. Conclusão

Conforme exposto acima, a metodologia e o processo estão implantados na empresa em estudo. Como exemplo de ganho representado pela prática analisada, nota-se a redução significativa das perdas motivadas por falhas em equipamentos. Temos uma redução de perdas 69% e 92% respectivamente nas plantas Eteno1 e Eteno2. Esses resultados podem ser expressos em ganhos por custo evitado, com benefícios econômicos para a empresa. Outros ganhos identificados dizem respeito a redução de falhas, custos de manutenção corretiva, influenciando na previsão dos gastos fixos.



**Figura 4.4 (1)** – Redução de perdas por falhas na planta (Fonte: Base de Dados Meridium – Braskem)



**Figura 4.4 (2)** – Redução de falhas na planta (Fonte: Base de Dados Meridium – Braskem)

Muito embora os resultados sejam expressivos, sabemos que foram influenciados por um conjunto de outras práticas de confiabilidade adotadas na organização. E no

último ano, foram influenciados por problemas externos que impactaram na produção como parada programada de manutenção e o apagão energético.

Sabemos que as estratégias adotadas levam tempo para serem consolidadas e para a prática mostrar seus ganhos continuados através de indicadores de resultados.

## 5. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Continuidade nas avaliações dos indicadores de modo a segregar a contribuição de cada ação implantada: nos custos de manutenção, disponibilidade e confiabilidade operacional. E complementação da metodologia com outras ferramentas de confiabilidade a fim de assegurar a continuidade operacional com os menos custos de manutenção.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREIRO, Sérgio R. C. *MGMC Manual de Gerenciamento da Manutenção e Confiabilidade*. Arquivo Técnico, Braskem, 2013.

LATINO, Robert & LATINO, Kenneth, *Root Cause Analysis*, 2rd. Edition, CRC press, USA, 2002.

MOUBRAY, John *Reliability-centered Maintenance RCM-II*. Great Britain: Biddles Ltd, 1997

TAVARES, Lorival. *Administração moderna da manutenção*. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 2002.

SUZUKI, Tokutaro *TPM in Process Industries*. Portland, Oregon/USA: Productivity Press, 1994

Materiais de Workshops da Shell Global Solutions