

ANÁLISE DE CAUSA RAIZ : TÉCNICAS E APLICAÇÕES

T. Dobashi and F. Corrêa*

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPEN / CNEN-SP
Travessa 'R', 400 - Cidade Universitária
05508-900, São Paulo-SP, Brasil

* Pesquisador associado ao IPEN pelo CNPq

RESUMO

Este trabalho mostra algumas técnicas existentes para a análise de eventos indesejados, tanto em instalações nucleares, como em unidades industriais genéricas, permitindo identificar a mais profunda causa de acidentes ou problemas operacionais, reduzir, remover e prevenir a recorrência destes problemas, trazendo melhoramento na qualidade e produtividade, bem como na redução de custos de processos. O estudo dá alguns exemplos de estudos de caso da literatura especializada. Essas técnicas serão aplicadas a eventos anormais de um reator nuclear de pesquisa numa dissertação de mestrado em andamento sobre este tema.

Palavras-Chave: qualidade e produtividade, garantia da qualidade, causa raiz, investigação ou análise de acidente. prevenirá sua recorrência [4].

I. INTRODUÇÃO

As técnicas de análise de causa raiz têm caráter investigativo no sentido de analisar e identificar as causas mais profundas de ocorrências anormais. Estas técnicas não se limitam em localizar os problemas ou os seus fatores responsáveis, além de efetivamente eliminar o evento indesejado, mas evitar a sua recorrência.

Tem-se percebido que esta ferramenta traz melhorias significativas em relação ao rendimento de processos, sejam nucleares ou não, pelo fato de realmente ajudar a eliminar problemas, simples ou de maiores proporções.

O que traz de positivo de todo o processo da análise, são as reais lições da atitude de descobrir e remover causas, reduzindo ou prevenindo a recorrência de problemas, trazendo melhoramento na qualidade e produtividade, além da redução de custos.

II. ANÁLISE DE CAUSA RAIZ

Definição. É todo o processo sistemático de identificação, análise e correção dos fatores de causa de problemas, englobando uma variedade de técnicas informais e estruturadas.

Causa Raiz. É aquela mais básica razão para uma condição indesejável ou problema na qual, se corrigida,

Cuidado deve ser tomado para distinguir claramente sintomas de causas, bem como causas aparentes de causas raiz. Sintomas são as evidências tangíveis ou manifestações indicando a existência ou ocorrência de alguma coisa errada, ou seja, sintoma não é a causa, mas a manifestação do problema. O sintoma pode ser detectado facilmente, mas não identifica a causa.

Similarmente, análise de causa raiz deve distinguir claramente entre causa aparente e causa raiz. Causa aparente representa a imediata ou razão óbvia para um problema. Claro que a causa aparente pode vir a ser a causa raiz, mas até que isto seja confirmado por análise, esta presunção não pode ser feita [1].

Ligações. A análise de causa raiz é uma das ferramentas de gerenciamento usada para construir uma efetiva melhoria na qualidade e produtividade de produto ou de processo, representando um retorno aos conceitos fundamentais da garantia da qualidade: a garantia da qualidade alcançada e a eliminação de barreiras prevenindo performance "less than adequate". Suas técnicas tem relacionamento com outras ferramentas correntes para alcançar tal melhoria [1].

Modos. Estas técnicas são mais usadas no modo reativo, ou seja, descobrir a razão para problemas que já tenham acontecido. São também recomendadas para o uso pró-

ativo, ou seja, com senso de visão posterior para analisar atividades ou processos com o propósito de prevenir futuros problemas de ocorrência [1].

Benefício. O benefício chave da efetiva análise de causa raiz é reduzir significativamente a severidade e taxa de ocorrência de eventos indesejáveis, mas não se limitando a isto, seus benefícios cobrem melhoramento, no caso de uma usina nuclear, no fator de capacidade, redução da emissão de material radioativo, redução da taxa de erro humano, redução de gastos na operação e manutenção, redução de manutenção preventiva, etc [2].

Atributos. Uma efetiva análise de causa raiz tem os seguintes atributos:

- **Prontidão.** Significa que a análise é realizada no tempo exato, ou seja, o mais rápido possível após a ocorrência do evento a ser analisado. Do contrário, a evidência requerida para diagnóstico posterior é muito difícil de coletar e o cenário do evento é muito difícil de reconstruir.
- **Exatidão.** Implica que o diagnóstico do problema observado tem que ser orientado nos fatos, não baseados em preferência pessoal ou conjectura.
- **Efetividade no custo.** Requer que a análise vá fundo o suficiente sendo que as requeridas causa raiz e fatores contribuintes possam ser determinadas. Como regra geral, quanto mais fundo se vai ao diagnóstico, as ações corretivas são de maior custo efetivo [2].

Dificuldades em estabelecer programas de análise. Algumas dificuldades identificadas precisam ser prevenidas para que o processo tenha sucesso - falta de envolvimento gerencial no programa, a falta de priorização apropriada de problemas que precisam ser analisados, falta de uma cultura de causa raiz na organização e falta de um simples e eficiente processo administrativo que claramente defina as responsabilidades [2].

Dificuldades em realizar a análise. O processo pode ser categorizado em três barreiras:

- Não seguir um processo simples e lógico pode levar à conclusão errada ou apenas selecionar a resposta preferida.
- Falta de conhecimento de escopo amplo: o problema deve ser examinado sob todos os ângulos, diagnosticado de todos os pontos de vista.
- Má seleção de ações corretivas: nem sempre são avaliadas as ações disponíveis e as de custo mais efetivo[2].

III. TÉCNICAS

Propósito da análise: A análise por si só pode ser onerosa e consome muito tempo de trabalho de várias pessoas. No entanto, é importante considerar o quanto a análise é necessária e qual é o propósito da análise. Um deles é obter entendimento - não é sempre óbvio como as coisas funcionam ou o que faz as coisas darem errado. Outro propósito da análise é tomar decisões - a análise pode

ajudar a gerência a selecionar a ação correta ou o curso da ação. Pode ajudá-los a alocar fundos e indicar pessoas, equipamentos ou outros recursos para ter ações que possam ser feitas no tempo certo. Um propósito adicional para a análise é que ela pode ser requerida, por força de leis, normas ou contratos [1] como no caso de acidentes envolvendo aeronaves.

As técnicas de análise aqui descritas podem funcionar para quase qualquer problema, não se limitando à área nuclear. Certas técnicas, no entanto, são mais fáceis de se usar do que outras, em um particular tipo de problema, sob certas circunstâncias, conforme Tabela 1.

TABELA 1. Comparação das Técnicas de Análise de Causa Raiz quanto a Aplicabilidade [1]

Natureza do Problema	AM	AB	AEFC	DA
Organizacional	Boa	Ótima	—	Melhor
Atividade ou Processo	Boa	Ótima	Boa	Melhor
Reorganização	Ótima	Boa	—	Melhor
Atividade nova /reorganizada	Ótima	Melhor	—	Boa
Pessoal	Boa	Ótima	Melhor	—
Acidente ou Incidente	Boa	Melhor	Ótima	Boa

AM - Análise de Mudança

AB - Análise de Barreira

AEFC - Análise de Eventos e Fatores de Causa

DA - Diagramas de Árvore

► AM - Análise de Mudança.

É talvez a mais fácil de se entender e aplicar, pode ser usada e é particularmente útil se houve mudanças recentes ou mudança de pessoal. A mudança, planejada ou não, pode induzir a ocorrência de problemas. A análise de mudança é uma técnica analítica sistemática para a solução do problema por examinar os efeitos da mudança. Basicamente, define-se a causa do evento ou problema pela questão: o que mudou? ou o que está diferente?.

► AB - Análise de Barreira.

Focaliza sistemas administrativos e procedimentais, onde é mais fácil de usar, além de falha humana e de equipamento. Um problema pode ser o resultado de inúmeros elementos facilitadores, os quais podem ou não ser conhecidos; quando esses elementos são suspeitos de serem a causa do problema, proteção ou barreira podem ser instaladas para prevenir sua recorrência. É normalmente usada no modo reativo para solucionar problemas ou

investigar eventos. Pode ser útil no modo pró-ativo para identificar proteção adicional.

► AEFC - Análise de Eventos e Fatores de Causa.

Examina os eventos e as condições que influenciaram o evento principal, construindo e examinando cronologicamente os eventos e condições relacionadas. É baseada na premissa de que os problemas são o resultado de um ou mais eventos sucessivos. Cada evento contribuinte considerado na série é chamado de fator de causa. Os elementos para a análise são a sequência de eventos e fatores de causa ou condições que influenciaram ou contribuíram para estes eventos.

► DA - Diagramas de Árvore.

Funcionam melhor quando há muitos fatores envolvidos e há necessidade de mostrar as relações entre os mesmos, e onde o problema se mostre mais complexo. São indicadas para que se possa ter uma boa visualização das relações envolvidas. Podem ser usadas para ajudar a analisar a probabilidade de ocorrência (árvore de risco ou probabilidade); para investigar acidentes no modo reativo (árvore de falha ou de causa raiz) e para obtenção de metas (árvore positiva).

Existem outras técnicas mais e menos estruturadas, que são variações, combinações ou extensões das citadas [1]. Algumas dessa técnicas são relacionadas a seguir :

► MORT - Management Oversight and Risk Tree.

Mais elaborada, foca na segurança e na investigação de acidente, e se houve grave prejuízo. A premissa básica é que qualquer acidente é devido a descuido gerencial ou omissão, ou a um inadequado risco assumido, que podem causar prejuízo, dano, custos, perda de performance, degradação de programa ou impacto público [5].

► HPE - Human Performance Evaluation.

Define três tipos básicos de situações: consequencial, não consequencial e problemas potenciais, onde cada um envolve ações reais potenciais inapropriadas em termos de performance humana [1].

► Fishbone - Espinha de Peixe ou Diagrama Causa-Efeito.

É uma técnica visual a qual ajuda o processo de definir os elementos do problema ou evento e determinar como provavelmente ocorreu [1].

► SRP - Savanna River Plant Tree Root Cause Analysis Technique.

É mais simples de usar que a árvore MORT e é orientada na direção de tratar problemas. Torna o código de causa raiz (Fig. 1) mais fácil de entender e identifica várias causas importantes de gerenciamento de incidentes [4].

► ASSET - Assessment of Safety Significant Events Team.

Esta metodologia para análise de eventos da Agência Internacional de Energia Atômica-IAEA assume que os

eventos ocorrem sempre por causa de uma falha, devido a um motivo que não foi eliminado a tempo, por causa de deficiências em um programa de gerenciamento, e é realizada passo a passo por meio da aplicação de uma metodologia sistemática, concentrada em cinco áreas:

- seleção do evento a ser analisado: qual é a ocorrência mais significativa;
- identificação da causa direta: qual foi o motivo para que o evento ocorresse;
- identificação da causa raiz: por que o motivo do evento não foi eliminado anteriormente;
- determinação das ações corretivas: quais são as áreas em que se deve melhorar e corrigir; e
- lições gerais aprendidas: quais são as lições a serem aprendidas para evitar futuros incidentes [3].

► AMF - Análise de Modo de Falha.

É um conjunto de procedimentos que permite a determinação da causa da falha tal que ações corretivas ou mudanças no projeto prevenirão a recorrência do modo ou mecanismo de falha. Esta análise envolve muitas técnicas, habilidades, conhecimento e experiência. Metodologia:

- Fase I: confirmação da falha do equipamento; determinar se ele falhou;
- Fase II: determinação do modo de falha; determinar como ele falhou; e
- Fase III: determinação do mecanismo de falha; determinar porquê ele falhou.

Códigos de causa raiz. Quase todo sistema de análise de causa raiz inclui um sistema de codificação para causas, como mostrado na Fig. 1. Elas foram modeladas pelo Institute for Nuclear Power Operations (INPO) - uma organização industrial de proprietários de usinas. Essa codificação é largamente usada na indústria nuclear. No entanto, é reconhecido que talvez tenha limitada aplicabilidade em outras indústrias ou no setor de serviços .



Figura 1. Códigos da análise de causa raiz [6].

Seleção da técnica. A consequência do problema pode ser grande ou pequena. Dependendo, há caminhos mais adequados a seguir, conforme mostra a Fig. 2.

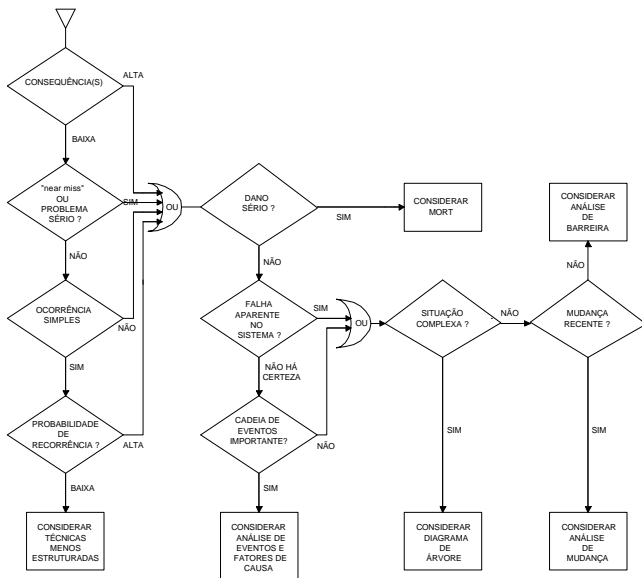


Figura 2. Seleção da técnica de análise de causa raiz [1].

Passos para a solução. Uma discussão preliminar é requerida, tomando como base o método científico:

- 1 - Definir o problema
- 2 - Formular a hipótese
- 3 - Coletar dados
- 4 - Testar a hipótese

5 - Desenvolver conclusões.

Alguns passos básicos para a solução do problema podem ser baseados nos itens anteriores:

- 1 - Familiarizar-se com todos os aspectos do problema
- 2 - Originar um número de tentativas de solução
- 3 - Detalhar até claramente definir o que será necessário para implementar as soluções
- 4 - Avaliar as soluções sugeridas
- 5 - Testar e revisar as soluções
- 6 - Desenvolver uma lista com soluções potenciais [1].

IV. APLICAÇÕES

Exemplificamos a seguir, alguns casos práticos de aplicação de análise de causa raiz:

O detetive da qualidade. Uma certa empresa fabricante de produtos de consumo estava com dificuldades em conseguir uma máquina protótipo para sua linha de produção devido ao excesso de variabilidade no processo de corte. A empresa estava planejando construir sete máquinas adicionais para atender à demanda de produção quando o problema foi detectado. Para tentar solucionar o problema, uma equipe de sete pessoas da própria empresa foi designada. No entanto, após oito meses de tentativas, a causa do problema ainda era um mistério.

O componente principal da máquina era uma correia transportadora de 12m x 10cm x 1cm, na qual era movimentado um produto leve de 15cm. Esta correia tinha várias perfurações para que os produtos pudessem ser fixados, através de vácuo, em sua superfície durante o transporte. Havia um alimentador de produtos numa das extremidades e na outra, uma faca.

O problema de qualidade era o excesso de variabilidade no processo de corte. Se o produto não estivesse na posição correta, no momento exato, o produto sairia fora das especificações. Os funcionários fizeram inúmeras tentativas para solucionar o problema colocando vários sensores foto-elétricos ao longo da correia, estes ligados ao computador para monitoração. O volume de dados foi tão grande que se tornou muito difícil sua manipulação, até que se teve a idéia de contratar uma pessoa que possuísse habilidade para o manejo com dados - um estatístico.

Se os operadores, há 15 anos na função, não obtiveram resultados, o contratado haveria de ter muito trabalho. Na sua primeira incursão, selecionou apenas alguns dados para alimentar seus procedimentos estatísticos. Este foi apenas o início do seu árduo trabalho. Alterando de diversas formas o processo produtivo, fazendo mais experimentos (alterando a quantidade de produtos alimentados, velocidade da correia, produção de vácuo, caixa de engrenagens do motor, tensão na correia), chegou a uma conclusão simples: o material da correia era muito flexível.

Foi redesenhada a correia, resultando em dramática redução na variação de corte do produto, permitindo-se o aumento da velocidade em 50%, além de prover a demanda com menos máquinas, constituindo-se numa enorme economia de capital e aumento da produtividade [7].

Observar que o estatístico, apesar de não utilizar explicitamente nenhum método mencionado, seguiu os passos genéricos de análise de causa raiz para a solução do problema.

Exemplo 2. Um grupo gerador de corrente elétrica direta estava apresentando um sintoma de falha de ondulação alta na saída.

- Fase I : confirmação do problema operacional usando um osciloscópio. Testes de componentes internos identificaram filtros defeituosos de capacitores.
- Fase II: análise destrutiva mostrou que havia ausência de eletrólito nos capacitores.
- Fase III: o modo de falha por idade desse tipo de capacitor é perda do eletrólito por evaporação resultando em perda de capacitância (os capacitores tinham 20 anos de uso e sua vida útil esperada era de apenas 10 anos). Todos os outros capacitores similares estavam em risco a curto prazo. Foi utilizada a técnica AMF na resolução deste problema [2].

Aplicação no reator IEA-R1m do IPEN. É um reator nuclear de pesquisa, do tipo piscina aberta, com potência térmica de 5 MW, servindo para propósitos experimentais diversos. Os REDOs - RELatórios De Ocorrências de eventos anormais deste reator serão analisados e alguns destes eventos escolhidos para aplicação da análise apropriada de causa raiz, ou seja, a técnica a ser utilizada depende do evento anormal a ser selecionado no futuro. Isso fará parte da dissertação de mestrado do autor principal do presente artigo.

CONCLUSÕES

A análise de causa raiz pode ser uma ferramenta de gerenciamento efetiva para achar e resolver a verdadeira ou real causa de eventos, facilitando a ação corretiva e prevenindo a sua recorrência. Como uma ferramenta de gerenciamento, a análise de causa raiz pode ser utilizada com outras técnicas para construir uma base firme para programas de qualidade e produtividade tal como o Programa de Garantia da Qualidade (QAP) inserida no Gerenciamento para a Qualidade Total (TQM), ou seja, faz parte de um sistema especializado e complexo, desde a análise em si até o apontamento da solução, devendo ser adaptada para as necessidades da organização. Como o sucesso requer um certo comprometimento dos envolvidos, todo o pessoal deve entender e estar engajado nos objetivos e interesses em realizar o trabalho, assumindo uma participação positiva. Para uma efetiva análise do

problema, é importante coletar dados relevantes, pois é altamente dependente das informações utilizadas, sendo que o analista deve estar constantemente atento para fatores ocultos, os quais influenciam a análise e que pode encobrir a real causa. Em certas situações, os resultados obtidos utilizando-se de uma das técnicas podem ser usados para correlacionar os achados obtidos por outra técnica. Isto pode ser preciso no caso de problemas sérios ou acidentes. A avaliação da técnica a ser utilizada é influenciada por vários fatores, que inclui entre outros, a natureza do problema e valores organizacionais. A escolha e utilização corretas das várias técnicas é o primeiro passo para a solução do problema, mas é fato que algumas delas tem suas desvantagens e limitações [8]. O critério de avaliação quantitativa em muitas situações não pode ser utilizada; neste caso alguns valores devem ser apontados para o aspecto qualitativo. O fator tempo deve ser considerado pois o espaço temporal requerido para o processo da análise é, às vezes, demorado, e consequentemente oneroso. Como mostrado nos códigos de análise de causa raiz, das várias possíveis fontes de problemas, o erro humano — seja individual ou em conjunto, em certas situações pode ser considerado o mais provável e mais comum [10]. Sendo assim, é nesta base de valores que os esforços para a eliminação de erros e melhoramentos devem ser focalizados; e igualmente importante são as lições aprendidas para a não recorrência dos eventos indesejados.

REFERÊNCIAS

- [1] Wilson, P. F.; Dell, L. D. and Anderson, G. F., **Root Cause Analysis: A Tool for Quality Management**, ASQC Quality Press, Wis., 1993.
- [2] Chiu, C., **How to Perform Effective Root-Cause Analysis**, Transactions of the American Nuclear Society, vol. 61, p 279-280, 1990.
- [3] IAEA-TECDOC-632. **ASSET guidelines**. Vienna, December 1991.
- [4] Paradies, M. and Busch, D., **Using a Cause Coding Tree to Identify Event Root Causes**, Transactions of the American Nuclear Society, vol. 54, p 314-317, 1987.
- [5] Ferry, T. S., **Modern Accident Investigation and Analysis: An Executive Guide**. Ca.: John Wiley & Sons, 1981.
- [6] Wilson, P. F.; Dell, L. D. and Anderson, G. F., **Root Cause Analysis: A Tool for Quality Management - Work Book**, ASQC Quality Press, Wis., 1993.
- [7] Bisgaard, S., **The quality detective: a case study**, Phil. Trans. R. Soc. Lond., vol. 327 A, p 499-511, 1989.

[8] Gano, D. L., **Root Cause and How to Find It**, Nuclear News, vol. 30 - No 10, p 39-43, August 1987.

[9] Nelms, C. R., **Root-cause analysis transforms plant failures into betterments**, Power, vol. 140 - No 7, p 67-70, July/August 1996.

ABSTRACT

This paper shows some of the existing techniques for the analysis of undesired events, at nuclear plants or other plants or systems not related to it, allowing to identify the most deep cause of accidents or operational problems, reducing, removing and preventing its recurrence, bringing improvement in quality and productivity and also reducing the costs of processes. This study was developed taking some examples of case study and will be continued in the analysis of some abnormal events at a research reactor as part of a master thesis research.