

ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO EM SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE 230KV

Rômulo Fernando Teixeira Vilela
UFPE
e-mail: rvilela@chesf.gov.br
Dayse Duarte
UFPE

ABSTRACT

A Electric Substation, is very important system in distribution and transmission of electrical energy. A Fire in a Substation could be switch off the system for some times. The goal of this paper is to organize and describe the firesafety performance evaluation in a substation's main room, in a manner that decisions can be made more easily and performance expectations can be communicated more clearly. The method to get on the goal have been developed in Worcester Polytechnic Institute – EUA, by Dr. Robert Fitzgerald .

KEYWORDS

Firesafety, Electric Substation, Building Firesafety Engineering Method

1. INTRODUÇÃO

Um sistema elétrico de potência é composto basicamente de três partes importantes. O parque gerador com as usinas de geração de energia elétrica, as linhas de transmissão que levam a energia gerada aos locais de consumo e as subestações que permitem a regulação do sistema e representam o elo de ligação com a distribuição de energia elétrica. Utilizando o método de Engenharia desenvolvido pelo Dr. Robert Fitzgerald, faremos uma aplicação deste, analisando o comportamento de um incêndio a partir do seu início dentro da sala de comando da subestação de Mirueira de 230KV parte integrante do sistema de transmissão da Companhia Hidroelétrica do São Francisco.

2. METODOLOGIA

O Building Firesafety Engineering Method, é um método desenvolvido no campo da Pesquisa Operacional e Avaliação de Risco pelo Dr. Robert Fitzgerald na Worcester Polytechnic Institute – EUA. No método de Engenharia, o raciocínio lógico é estruturado a partir de diagramas lógicos chamados de Continuous Value Network (CVN) que, descrevendo o comportamento de um incêndio através de uma sequência de eventos conectados pela sua ordem de acontecimentos e, Single Value Network (SVN), que permite parar um determinado evento e analisar seu comportamento para um dado tamanho de incêndio, trás uma nova maneira de comunicar este comportamento, permitindo que pessoas não especializadas possam Ter um bom entendimento. Vamos introduzir alguns dos conceitos do método que iremos utilizar nesta análise.

2.1. A sala de origem.

A Subestação (SE) de Mirueira é uma instalação de 230Kv, sendo parte integrante do Sistema de Transmissão da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. A SE Mirueira como toda subestação do Sistema Elétrico de Transmissão pode ser vista como sendo composta por duas partes: o pátio onde estão localizados os equipamentos com tensões elevadas (230Kv, 69Kv), cabanas de reles etc. e, o edifício de comando, composto de salas de escritórios, salas de equipamentos de telecomunicações, sala de baterias, copa,

banheiros e a sala de comando, onde estão lotados 24 horas por dia em turnos de 6 horas os operadores do sistema. O primeiro passo do Método de Engenharia é a escolha de uma sala onde o início de um incêndio poderá causar maiores danos. A escolha da sala deverá tomar como base a vulnerabilidade sob o ponto de vista da continuidade operacional e a perspectiva de danos a integridade física dos ocupantes (Fitzgerald 1998). Neste trabalho escolhemos a sala de comando como sendo a sala de origem por entendermos que representa a mais importante do edifício de comando.

2.2. Domínio do crescimento da chama

Durante o crescimento de um incêndio, a chama não se desenvolve através de um processo único. Ou seja, a chama apresenta estágios de crescimento cada qual com características particulares. Quando os parâmetros que afetam seu comportamento descritos acima estão presentes, o incêndio poderá desenvolver-se até atingir o estágio seguinte. Os estágios de desenvolvimento de um incêndio são:

Ponto de aquecimento: é o instante em que um aumento de temperatura é verificado em algum objeto combustível presente.

Ponto de ignição: neste instante ocorre uma pequena chama auto sustentável.

Ponto de radiação: é o ponto em que a chama atinge o tamanho selecionado para o início da análise de incêndio (em torno de 25cm ou 20kW), ou seja, é o momento em que ocorre o estabelecimento de uma chama.

Ponto limite: neste ponto a altura da chama poderá atingir 150cm e uma potência de 400kW.

Ponto no teto: é o tamanho da chama quando esta alcança o teto. A potência do incêndio neste ponto pode ultrapassar 800kW.

Ponto de envolvimento: é o momento em que a chama envolve todo o espaço que está sendo analisado.

2.3. Auto extinção – curva ST (self termination)

A curva de auto extinção ST, descreve a relação entre o tamanho do incêndio e a crença que este se auto extinguirá. A curva ST nos dá a medida da expectativa do comportamento do incêndio para um cenário específico, para salas nas quais o flashover é o mecanismo de alcance do FRI – Full room involved.

Os eventos no gráfico apresentados na figura 1 são todos de probabilidades condicionais (Fitzgerald 1998).

Considerando desde o EB – Established Burning Até o FRI, os eventos críticos são

- Ponto limite (E) Enclosure Point
- Ponto de teto (C) Ceiling Point
- Ponto de envolvimento do Ambiente (R) Room Fire Point

Para se determinar as probabilidades condicionais destes pontos devem ser respondidas as seguintes questões :

1. Dado o EB, qual é a probabilidade que o incêndio alcançará o ponto definido como ponto limite (ST_E) ?
2. Dado que o incêndio para este cenário alcança o ponto E, qual a probabilidade de este vir a alcançar o ponto de teto (ST_C) ?
3. Dado que o incêndio deste cenário alcance o ponto C, qual a probabilidade que este venha a alcançar o ponto de envolvimento do ambiente (ST_R) ?

O propósito das CVN – Continuous Value Networks é contar uma história que descreva a performance para um determinado cenário. Além disso, a CVN serve de guia para se calcular os resultados cumulativos. A plotagem destes resultados é a curva ST (fig 7). Trata-se de um processo prático que mostra a eficiência e clareza na comunicação com outras pessoas com respeito aos fenômenos envolvidos, facilitando discussões posteriores com respeito ao degree of believe permitindo que haja racionalidade na sua identificação.

2.4. Supressão automática por sprinkler – curva A (automatic sprinkler suppression)

A curva de supressão automática por sprinkler, mostra uma plataforma que pode ser usada para avaliar a qualidade de um sistema de sprinkler e a probabilidade de sucesso no controle ou extinção de um incêndio na sala de comando da subestação de Mirueira. Com o conhecimento de que não existe sistema de sprinkler na sala de comando da subestação simplificará nossa análise pois a probabilidade de sucesso no controle ou extinção de um incêndio na sala de comando é zero. A plataforma para descrever a operação de um cenário de supressão por sprinkler é mostrada pela CVN na figura 2. Esta network começa com a condição de um incêndio que não se auto-extinguiu conforme a curva ST estudada anteriormente. Os eventos descritos na CVN da figura 2 são respectivamente, as probabilidades do sistema de sprinkler controlar ou não o incêndio com um sprinkler A1, ou o sistema controlar ou não o incêndio com dois sprinklers A2 e assim por diante, Até que se atinja o evento de que o sistema automático de sprinkler controlou o incêndio A ou que não controlou o incêndio A. A plotagem dos dados probabilístico avaliados através da CVN, será o gráfico A (fig 7) que irá nos auxiliar na composição da CVN para construção da curva do limite do movimento da chama na sala de origem – curva L. Esta curva L para ser construída necessita do conhecimento das curvas ST (ou I), da curva A e da curva de supressão manual pelo corpo de Bombeiros local – curva M que veremos a seguir.

2.5 Supressão manual pelo Corpo de Bombeiros – curva M (fire service manual suppression)

A curva M, avalia a probabilidade que o corpo de bombeiros local, extinga o incêndio na sala de origem. Entretanto a curva M não avalia o corpo de bombeiros local isoladamente, pois é também sua função entender e identificar as influências do local físico da sala de comando, sua arquitetura e a efetividade dos dispositivos de supressão de incêndio disponíveis. Para a construção da curva M deveremos estabelecer simplificadamente os três passos a seguir:

1. Avaliar o tamanho do incêndio quando poderá ocorrer a aplicação do agente. Até este ponto o valor da curva será zero.
2. Selecionar um tamanho de incêndio apropriado, para avaliar a probabilidade de sucesso na supressão manual. Para salas pequenas ou moderadas (que é o nosso caso) é comum se adotar o tamanho de incêndio do FRI (Drysdale 1999) . A justificativa adotada é porque após o FRI, normalmente a sala é destruída (Fitzgerald 1998).
3. Plotar o ponto zero para a aplicação do agente, e o valor do tamanho do incêndio no FRI. Conectar estas duas coordenadas e desenhar uma linha horizontal para o restante da curva. Esta simplificação representa uma curva M mais conservativa.

A plataforma para descrever a operação de um cenário de supressão manual é mostrada pela CVN na figura 3. Esta network começa com a condição de um incêndio em uma sala de origem e segue até que o corpo de bombeiros possa ou não extinguir o incêndio antes que este atinja o FRI nesta sala de origem.

Os eventos descritos na CVN da figura 3 são respectivamente, as probabilidades do corpo de bombeiros extinguir ou não o incêndio antes que ele atinja o tamanho M1, ou as probabilidades de o corpo de bombeiros extinguir ou não o incêndio antes que ele atinja o tamanho M2 e assim por diante, Até que se atinja o evento de que o extinguiu ou não o incêndio antes de ele atingir o FRI na sala de origem. A plotagem dos dados probabilístico avaliados através da CVN, será o gráfico M (fig 7) que irá nos auxiliar na composição da CVN para construção da curva do limite do movimento da chama na sala de origem – curva L, que veremos a seguir.

2.6. O limite do movimento da chama na sala de origem – curva L (the limit of flame movement in the room of origin)

The Limit of Flame Movement descreve a extensão e severidade dos danos causados por um incêndio. Seu gráfico, chamado de curva L (fig.7), identifica a probabilidade de extinção de um incêndio de um dado tamanho Até o FRI em uma sala de origem dado o EB. Os procedimentos para o cálculo e construção da curva L, são simples e diretos. Algumas discursões adicionais são providas de conceitos e princípios que se baseiam na avaliação e na influência de seus três componentes, as curvas I, A e M.

A curva ST pode ser a base para a seleção da curva I. A curva I pode ser a mesma curva ST desde que haja um entendimento que uma condição particular de ST, representa o risco de crescimento do incêndio na qual a análise de performance possa ser baseada. No nosso caso, como simplificação, iremos utilizar a curva I como sendo a curva ST para a sala de origem selecionada.

Depois que foram plotadas as curvas I, A e M, para a sala de origem selecionada, elas podem ser combinadas para produzir a curva L. Conhecendo-se os valores de I, A e M para valores específicos de tamanho do incêndio, as coordenadas da curva L podem ser calculadas para estes tamanhos de incêndio, usando a SVN da figura 5, e assim podemos plotar estes valores para construir a curva L.

3 . A análise

Vamos aplicar a metodologia apresentada no item anterior, para a sala de comando da SE Mirueira. Os valores de probabilidades apresentados neste trabalho representam o julgamento subjetivo individual de como seria o comportamento do incêndio. Nosso objetivo não é apresentar a precisão das probabilidades e sim descrever uma nova maneira de pensar sobre as incertezas envolvidas no gerenciamento dos riscos de incêndio em uma sala de comando de uma subestação de energia elétrica.

3.1. A sala de origem.

A sala de comando da SE Mirueira, tem um volume total de 307 m^3 , com um pé direito de 2,8m e possui painéis de comando, controle e medição do sistema de potência. Estes painéis são confeccionados em gabinetes metálicos com componentes elétricos e eletrônicos, confinados, além de cabos elétricos. Além destes painéis a sala de comando possui uma mobília mínima para utilização dos operadores. A escolha da sala de comando como sendo a sala de origem, foi feita baseado na vulnerabilidade operacional do sistema, pois se perdermos a sala de comando, perdemos toda a subestação e por ser a única sala do edifício em que existem pessoas permanentemente no local.

3.3. Auto extinção – curva I (self termination)

De acordo com Drysdale, para salas com volumes da ordem de 100 m^3 , que são consideradas salas pequenas ou moderadas, já que ele considera largos espaços maiores que 1000 m^3 , o mecanismo para se atingir o FRI é o flashover (Drysdale 1999). Já Fitzgerald não define um número em volume, alegando que as dimensões não são críticas e limita-se a afirmar que em pequenas salas o mecanismo é o flashover e em grandes salas é o spreadover. Fitzgerald afirma também que o mecanismo para se atingir o FRI, depende do tamanho, forma, construção da sala, quantidade, tipo de material combustível, seu arranjo físico e a ventilação presente. (Fitzgerald 1998). Considerando o pé direito da sala de comando de apenas 2,8m e o arranjo físico dos painéis seqüencialmente juntos, podemos assumir que o mecanismo de se passar do EB para o FRI na sala de comando da SE Mirueira é o flashover. A CVN da figura 1 é apropriada para descrever o fenômeno. Dado o EB, a probabilidade que o incêndio venha a crescer e alcançar o ponto E é muito grande, assim como o sucesso na auto extinção do incêndio é o foco, assumimos como esta probabilidade $P(ST_E) = 0,10$.

O tamanho do incêndio estimado para o ponto E é 400KW. A probabilidade que o incêndio não se auto extinga é o complemento e assim será 0,90.

Dado que o incêndio alcança o ponto E, a probabilidade que ele cresça e atinja o ponto C é ainda maior. Assumimos o valor $P(ST_C) = 0,05$ e o seu complemento 0,95. O tamanho estimado do incêndio neste ponto é 800KW. Dado que o incêndio alcance o ponto C, a probabilidade que este alcance o FRI é praticamente certa, assim $P(ST_R) = 0,00$, e o seu complemento 1,00. O tamanho estimado do incêndio neste ponto é de 1000MW.

Agora podemos com os valores calculados na CVN da figura 2 plotar o gráfico da curva I (fig 7).

3.4. Supressão automática por sprinkler – curva A (automatic sprinkler suppression)

A sala de origem não possui dispositivos de supressão automática de incêndio. A curva A é uma reta horizontal ao eixo do tamanho do incêndio no ponto de probabilidade zero (fig 7). A CVN abaixo é apropriada para descrever o fenómeno:

3.5 Supressão manual pelo Corpo de Bombeiros – curva M (fire service manual suppression)

Para a construção da curva M deveremos estabelecer simplificadaamente os três passos a seguir:

1. Avaliar o tamanho do incêndio quando poderá ocorrer a aplicação do agente. Até este ponto o valor da curva será zero. Neste caso consideraremos como 400KW o tamanho do incêndio.
2. Selecionar um tamanho de incêndio apropriado, para avaliar a probabilidade de sucesso na supressão manual. No nosso caso adotaremos o tamanho de incêndio do FRI. A justificativa adotada é porque após o FRI, normalmente a sala é destruída. Adotaremos 800KW o tamanho do incêndio acima do qual ocorrerá o FRI.
3. Plotar o ponto zero para a aplicação do agente, e o valor do tamanho do incêndio no FRI. Conectar estas duas coordenadas e desenhar uma linha horizontal para o restante da curva. Esta simplificação representa uma curva M mais conservativa (fig 7).

A plataforma para descrever a operação de um cenário de supressão manual é mostrada pela CVN da figura 5. Esta network começa com a condição de um incêndio em uma sala de origem e segue Até que o corpo de bombeiros possa ou não extinguir o incêndio antes que este atinja o FRI nesta sala de origem. Agora podemos com os valores calculados na CVN da figura 3 plotar o gráfico da curva M (fig 7)

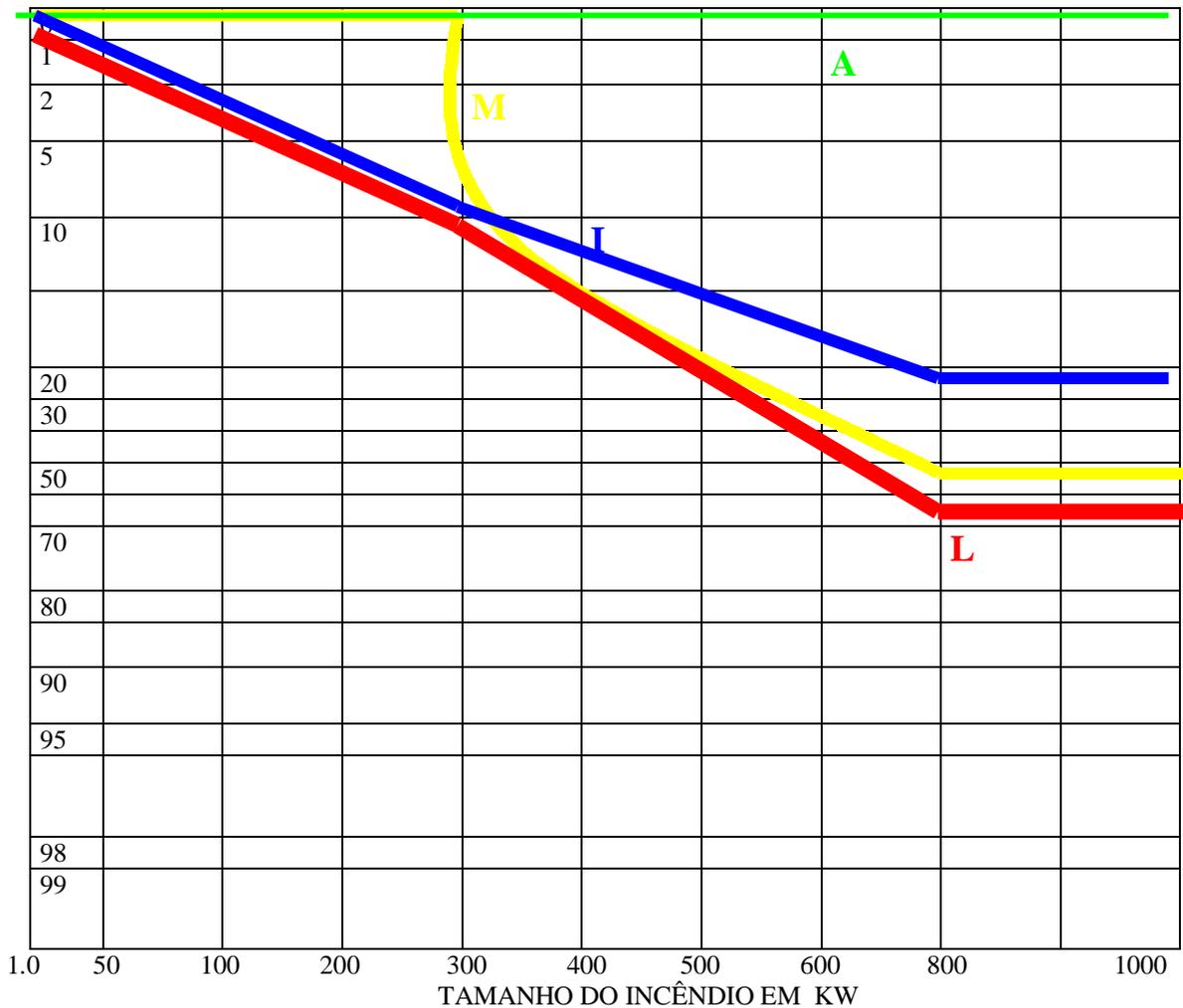
3.6. O limite do movimento da chama na sala de origem – curva L (the limit of flame movement in the room of origin)

Os procedimentos para o cálculo e construção da curva L, são simples e diretos (fig 7). Depois que foram selecionadas as curvas I, A e M, para a sala de origem selecionada, elas podem ser combinadas para produzir a curva L. Conhecendo-se os valores de I, A e M para valores específicos de tamanho do incêndio, as coordenadas da curva L podem ser calculadas para estes tamanhos de incêndio, usando as SVN das figuras 4,5 e 6, e assim podemos plotar estes valores para construir a curva L.

Desta forma montamos a seguinte tabela para plotarmos a curva L

Tam. Incêndio	Curva I	Curva A	Curva M	Curva L
300KW	0,1	0	0	0,1
800KW	0,145	0	0,5	0,645
1000KW	0,145	0	0,5	0,645

Assim vamos construir a curva L que é uma composição das três curvas e, descreve de forma clara e direta a probabilidade de extinção de um incêndio de um dado tamanho até o FRI na sala de comando da SE Mirueira dado o EB (fig 7).



Esta curva L mostra claramente que temos 64,5% de chance de que dado o EB o incêndio chegue ao FRI.

4 . Conclusao

Este trabalho representa apenas um ponto de partida para uma nova maneira de pensar sobre os riscos de incêndio em uma sala de comando de uma subestação de energia elétrica. Adicionalmente poderão ser estudados o alastramento para as salas vizinhas através de um estudo de barreiras.

5 . Referências

- DUARTE, D. Gerenciamento dos riscos do Processo : Uma nova maneira de pensar - Produção e Competitividade – Aplicações e inovações . Editora UFPE 2000
- DRYSDALE, D. An introduction to fire dynamics. Second edition. Jonh Wiley and Sons, 1999.
- FITZGERALD, R. The anatomy of building fire safety. To be published.
- WEBB D. Why can ´t we manege safety? Chapter 9 – Risk Assesment and Manegement Handbook 1997

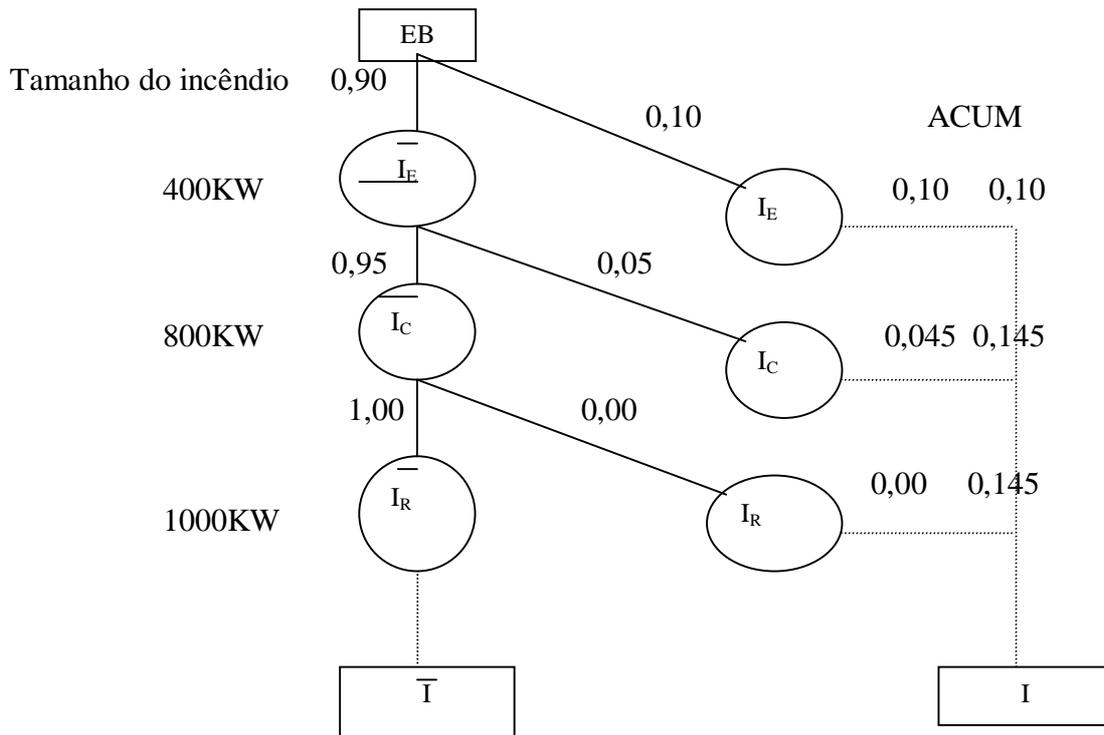


Figura 1

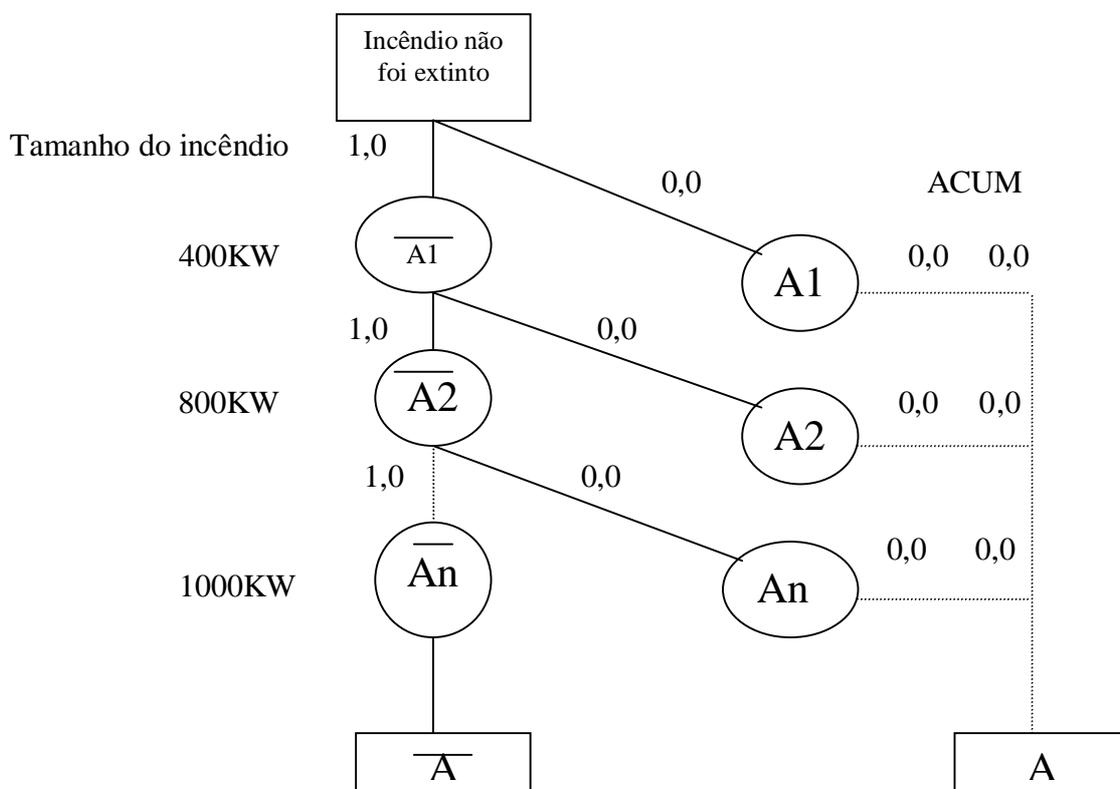


Figura 2

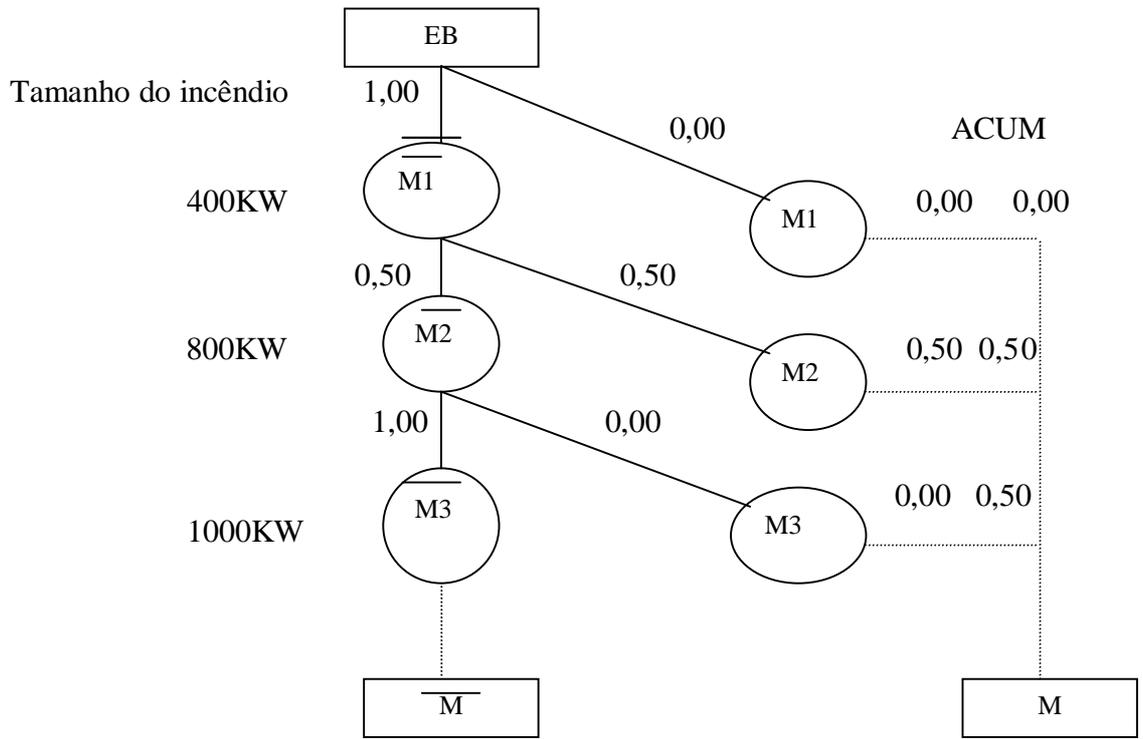


Figura 3

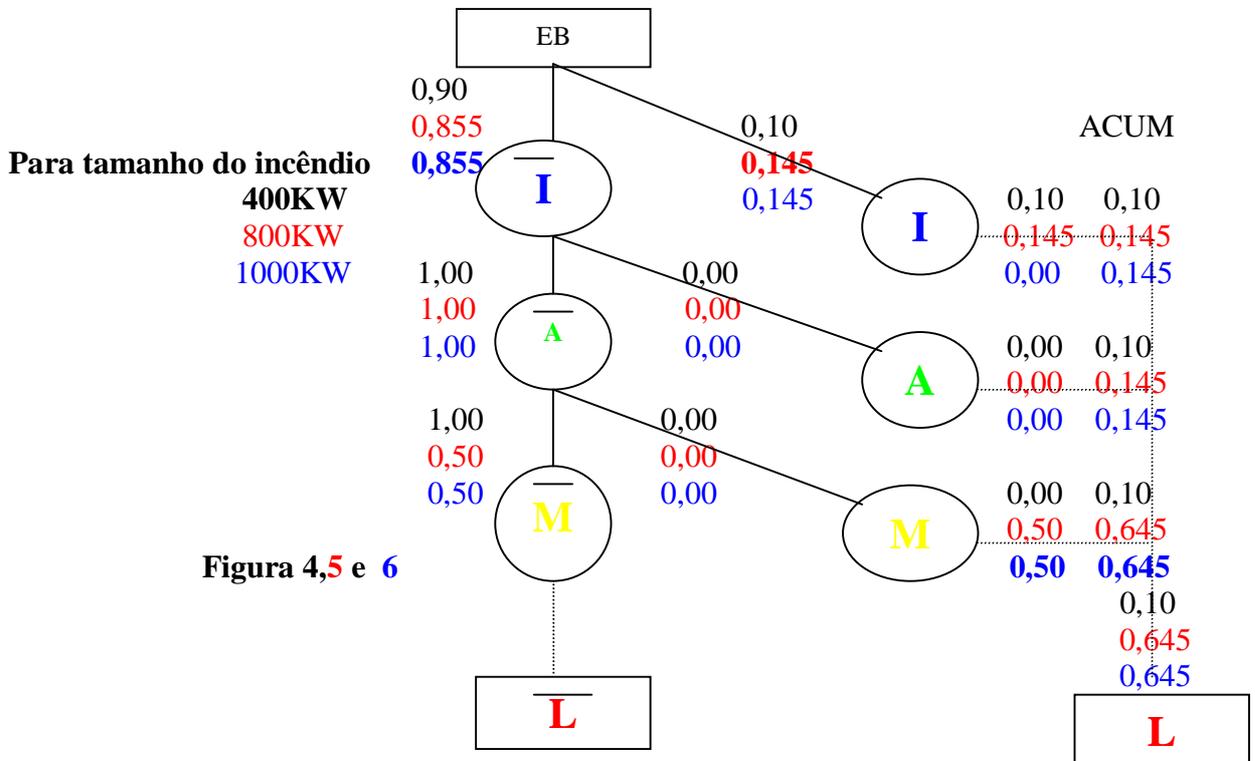


Figura 4,5 e 6