

Propuesta de un método de evaluación de las condiciones de prevención de incendios en edificios públicos



Franz, Luis Antonio dos Santos

Departamento de Ingeniería de Producción/ Universidad de Minho /
Campus Azurém / 4800-058 Guimarães, Portugal /
franz@producao.ufrgs.br



Silva, Marcelo Pereira da

Departamento de Ingeniería de Producción/ Universidad Federal de Rio Grande do Sul / Av. Osvaldo Aranha, 99 – 5a / 90040.020 Porto Alegre, RS, Brasil / mpsergo@producao.ufrgs.br



Camaratta, Letícia Lusani

Departamento de Ingeniería de Producción/ Universidad Federal de Rio Grande do Sul / Av. Osvaldo Aranha, 99 – 5a / 90040.020 Porto Alegre, RS, Brasil / le_camaratta@hotmail.com

ABSTRACT

Los incendios pueden causar un elevado número de víctimas si ocurren en edificios públicos que contienen un gran número de personas. Sin embargo, los costos, la complejidad y la cantidad de acciones preventivas en estos lugares llevan a la necesidad de priorizar los puntos más importantes, que pueden ser obtenidos por el uso de recursos del área de calidad. En este trabajo es desarrollado un método para la evaluación de las acciones de mejora prioritarias en la prevención de incendios en edificios públicos, a través del uso de tablas de priorización. La aplicación del método demostró mejoras inmediatas y de bajo costo, que hasta entonces no eran identificadas.

Keywords

Seguridad de los edificios públicos, fuego, tablas de priorización.

INTRODUCCIÓN

La historia de la humanidad está marcada por tragedias, que resultan en un gran número de víctimas, además de pérdidas económicas. En Brasil, se tuvo el caso del Edificio Joelma, localizado en São Paulo que, en 1974, resultaron 189 muertes provocadas por el incendio [9] y el Edificio Andorinhas, en Rio de Janeiro, en 1986, con 20 víctimas fatales y cerca de 50 heridos [2]. Un caso más reciente, en el cual no hubieron víctimas pero sí daños materiales es el del edificio del rectorado de Universidad Estatal de Rio de Janeiro, en Septiembre de 2007 [8]. Tales hechos evidencian la gravedad de los incendios producidos en edificios por donde pasan una gran cantidad de personas. En este sentido, el uso de métodos específicos para la prevención de tales siniestros puede contribuir para su disminución.

Según Duarte, Leite e Pontes [6], la urgencia de desarrollar un método para la evaluación de riesgos de incendios en edificios es inminente. Esto es más evidente al considerar que los códigos y normas relativos a incendios son prácticamente inexistentes en la legislación brasileña. La revista brasileña Incendio, por ejemplo, estima que ocurren cerca de 60 mil casos de incendios estructurales por año en Brasil, resultando en aproximadamente 500 muertos y más de 1.500 heridos. Así, considerando la falta de cuidado existente y el hecho de que los datos estadísticos relacionados a los incendios son escasos y poco confiables en Brasil,

podemos inferir que los niveles de pérdidas debido a los incendios son mayores. Tales aspectos apuntan a la necesidad de realizar trabajos que contemplen medidas de mejoras y levantamientos de datos estadísticos sobre el sistema prevención de incendio.

En contrapartida al panorama presentado, existen diversos ejemplos de iniciativas dirigidas a las mejoras con enfoque preventivo [5] [4] [10]. En Porto Alegre [10], por ejemplo, fue presentado un amplio programa de prevención contra incendio, el cual es más completo que la Norma Reguladora 23 (NR-23) [3], dedicada a la protección contra incendios. En otros trabajos, como [4], se cuenta con un sistema de *checklist* tanto para incendios, como para otros factores, como son: lesiones físicas, confort ambiental y accesibilidad. Neto en 1995, realizó un estudio para ayudar a los encargados de proyectar establecimientos de salud en cuanto a las normas de seguridad contra incendio. Todos los métodos citados presentan la posibilidad de mejoras, como por ejemplo: el desarrollo de un método dedicado exclusivamente a la verificación de las condiciones de seguridad contra incendios en edificios públicos, con aplicaciones simples y económicas; y la posibilidad de aplicaciones que orienten a la planificación de acciones de mejoras prioritarias.

En este trabajo se pretende desenvolver un método para la evaluación de la seguridad de edificios, con énfasis en la prevención de incendios, que permita evaluar la situación y los riesgos de seguridad, permitiendo entregar acciones de mejora prioritarias. La evaluación de forma simplificada y la generación de registros, puede permitir la construcción de un historial de la evolución de la seguridad contra incendios, analizando los resultados y fallas. También puede generar datos para la elaboración de estudios estadísticos sobre el tema.

METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación fue dividido en tres etapas, las cuales fueron precedidas por una revisión bibliográfica, donde se investigaron: registros estadísticos de incendios en Brasil, estudios sobre evaluación de seguridad contra incendios en edificios y normas específicas para garantizar la seguridad contra estos siniestros. Inicialmente, se realizó la selección y evaluación de los factores de riesgo de incendio, a ser incluidos en el método. De esta manera se determinaron los factores prioritarios, extraídos de las normas Reguladoras del Ministerio del Trabajo y Empleo (MTE) Brasileiro.

A continuación, fue preparado un cuadro de evaluación de las condiciones de seguridad contra incendios en edificios, con la descripción de los factores y un sistema de clasificación con el objetivo de medir el Índice de Gravedad (IG) y el Índice de Facilidad de Adecuación (IF) para cada ítem avaluado. En este trabajo, el índice IG mide cuánto contribuye la falta de adecuación del ítem con la norma en el agravamiento del siniestro o cual es la contribución de esta falla para tal acontecimiento. Además de esto, el índice IF selecciona los ítems que demandan menos esfuerzos y menos costos para su adecuación. Para mejorar la comprensión de la atribución de valores en cada uno de estos índices fue utilizada una escala similar a la utilizada en FMEA [7], con adaptaciones de Cardella [5] para ayudar a la selección de las acciones prioritarias para el presente estudio. La atribución de los índices presenta una escala de 1 a 10, donde 10 es atribuido para el mayor IF y el mayor IG, conforme a la Figura 1.

La tercera etapa consistió en la aplicación y evaluación crítica del método. Para esto, fue escogido uno de los edificios de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), en la ciudad de Porto Alegre, Brasil. El edificio construido en el año 1959, presenta un flujo aproximado de 4000 personas por día. En el mismo, están instalados 2 departamentos administrativos, varios laboratorios, 1 biblioteca, 6 auditorios y 24 salas de clases distribuidas en sus ocho pisos. La edificación posee aproximadamente 11.000m² de área construida. Para realizar la verificación de los ítems fueron realizadas visitas, entrevistas con funcionarios de la recepción y seguridad, y también con el

administrador del establecimiento. El análisis de los planos arquitectónicos o de diseño de los ocho pisos ayudó en la verificación de los ítems, principalmente los que se referían al ancho y longitud de las instalaciones y a la disposición del equipamiento.

Gravedad			Facilidad de Adecuación		
Muy baja o Despreciable	1 2	Precisa medidas de bajo impacto en la prevención, sin víctimas y pérdida de material baja	Muy difícil	1 2	Altísimo costo, largo período de ejecución, proyecto específico realizado por profesionales especializados.
Baja	3 4	Precisa medidas de medio impacto en la prevención, sin víctimas y pérdida de material media.	Dificultad alta	3 4	Alto costo, período medio de ejecución, proyecto específico realizado por profesionales especializados
Media	5 6	Inexistencias de medidas puede generar víctimas con lesiones leves y pérdida de material media	Dificultad baja	5 6	Costo elevado, período medio de ejecución, requiere orientación de profesionales especializados en el área
Elevada	7 8	Inexistencias de medidas, puede generar víctimas con lesiones graves y pérdida de material alta	Facilidad media	7 8	Costo elevado, bajo tiempo de ejecución, requiere orientación de profesionales del área
Fatal	9	Inexistencias de medidas, puede generar bajo número de víctimas, algunas muertes y pérdidas altísimas	Muy fácil	9	Bajo costo, bajo tiempo de ejecución, puede ser ejecutado por cualquier persona.
Catastrófica	10	Inexistencias de medidas, puede generar un gran número de muertes y pérdidas altísimas.	Extremamente fácil	10	Bajísimo costo, ejecución inmediata, ejecutadas por cualquier persona

Figura 1 Definición de La escala, adaptado de Cardella [5]

SELECCION DE LOS FACTORES DE RIESGO DE INCENDIOS

La NR-23, posee 18 secciones que abarcan desde disposiciones generales, características de la construcción, sistemas de extinción de fuego, hasta señalización y sistemas de alarma. Al desglosar las secciones en ítems, el número de factores de riesgo que son evaluados llega a 76, los cuales son evaluados de forma de obtener si o no como resultado. El manual de la ayuntamiento de Porto Alegre [10], por ser extenso y por su forma, no representa mucha facilidad de aplicación en evaluaciones, como es el caso de la NR-23. El cuerpo de bomberos de esta ciudad también posee un sistema informal y rudimentario de checklist que lo utilizan en evaluaciones rápidas, pero que no contribuirán para lo objetivos del presente trabajo. De esta forma, entre las posibilidades existentes, se optó por utilizar los ítems provenientes de la NR-23. Para esto, los textos originales presentes en dicha norma fueron resumidos y adecuadamente dispuestos en la columna (1) de la Figura 2.

CUADRO DE EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD.

CONDICIONES MÍNIMAS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO							
NORMAS REGULADORAS – NR – Nº 3.214/78 do MTE – BRASIL							
NR-23 – Protección Contra Incendios (123.000-0)							
(1)	(2)		(3)		(4)	(5)	(6)
Item de la norma	Existe		Adecuado		Observaciones	IG	IF
	Si [1]	No [0]	Si [1]	No [0]			

Figura 2 – Estructura del cuadro de evaluación

La Figura 2 presenta los encabezados de la tabla de evaluación. La columna (1) contiene los ítems de la norma NR-23 de protección contra incendios. La columna (2) evalúa el cumplimiento del ítem verificando su existencia, pudiendo estar de acuerdo con la especificación o no. La columna (3) verifica la adecuación a la situación. La columna (4) sirve para registrar observaciones que serán útiles en la elaboración del plano de acción. La columna también es necesaria, debido a que existen ítems que pueden presentar variaciones en relación a la existencia y adecuación. La columna (5) puntúa cada ítem en relación al Índice de Gravedad

(IG), midiendo su relevancia en la prevención de un siniestro y también en la ayuda de una posible contención del incendio. La columna (6) evalúa cada ítem en función de su Índice de Facilidad de Adecuación (IF) a la norma, tomando en consideración el tiempo y costo necesario para su aplicación. Esa clasificación es abierta, permitiendo mayor flexibilidad para la utilización del método en construcción, que abarca diferentes tipos de funciones y que puede obtener diferentes tipos y niveles de riesgo.

APLICACIÓN

La verificación de los ítems en relación a su existencia y adecuación en el edificio, fue realizada a través de visitas donde cada ítem fue analizado. Para los ítems que no podían ser evaluados visualmente, fue necesaria la realización de entrevistas con el responsable de mantenimiento de la infraestructura del edificio o los funcionarios que tuviesen conocimiento sobre dicha materia. Eventuales observaciones fueron registradas en la columna (4). El siguiente paso consistió en rellenar las columnas (5) y (6). Cada ítem recibió un valor para su IG y otro para su IF, de acuerdo con los parámetros pre-establecidos en la Figura 1.

Con todas las columnas rellenas, se realizó el tratamiento de los registros para la obtención de los resultados. El primer resultado proveniente del tratamiento de los registros fue el valor de IPA, obtenido por la Ec. 1. En la Tabla 2 es presentada parte de los ítems evaluados, ya en orden decreciente con base en el valor de IPA (Índice de Prioridad de Acción). En el caso de valores iguales, aquel ítem que poseía mayor IG era colocado en la posición superior de la tabla en relación al otro ítem. El reordenamiento de los ítems no significa que solo los ítems con mayor valor de IPA deben sufrir acciones de mejoramiento. Todos los ítems de la norma, en diferentes niveles, poseen importancia para la prevención de incendios y seguridad de usuarios del edificio. Sin embargo, el IPA orienta las acciones inmediatas en el caso de los ítems que obtuvieron mayores valores.

$$\text{Ec. 1 } \text{IPA} = \text{IG} \times \text{IF}$$

$$\text{Ec. 2 } \% \text{Adec} = \text{Si} / (\text{Si} + \text{No})$$

El segundo resultado es obtenido con la evaluación e identificación de qué subgrupos de la norma presentaban un porcentaje menor de adecuación. Con este dato es posible entender de forma genérica, qué aspectos de la protección contra incendios son más deficientes en el edificio. El porcentaje de adecuación de los subgrupos (%Adec) fue obtenido a través de la relación entre el número de ítems que se ajustaban a las especificaciones de la norma (Si) y aquellos que pudieran ser evaluados (Si+No), conforme la Ec. 2.

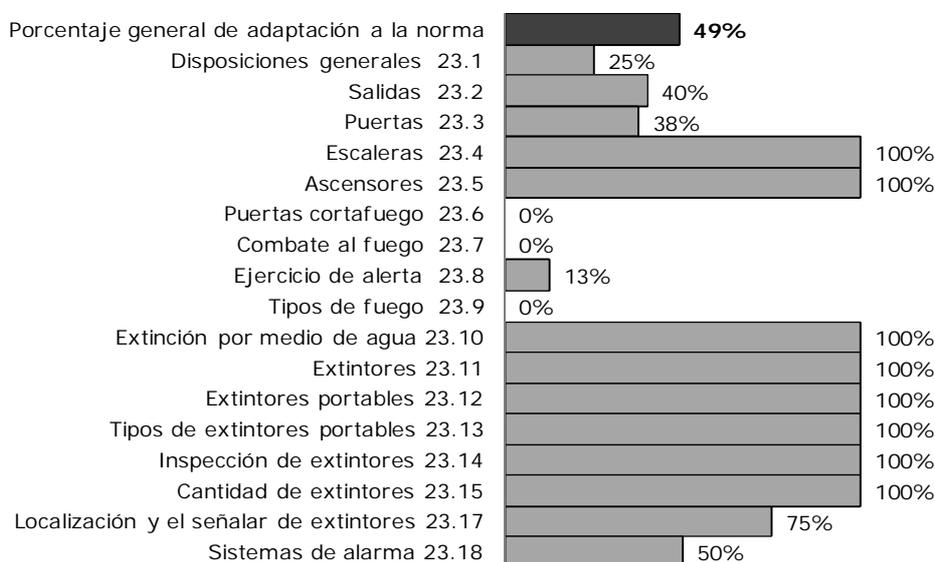


Figura 3 – Porcentaje de adecuación a la NR-23

Algunos ítems no fueron evaluados por que no existían en el edificio, ya que no eran exigidos en la época de su construcción. Un ejemplo es el ítem 23.10.5, "Los rociadores automáticos (*splinklers*) se encuentran siempre abiertos y solo son cerrados en caso de mantención o inspección, con orden del responsable por la mantención o inspección". En estos casos se atribuye un valor 1 al IF, dado que demandan modificaciones arquitectónicas profundas en la edificación. Para la obtención del porcentaje general de adaptación a la norma, también fue utilizada la Ec. 2. La Figura 3 presenta los porcentajes de adecuación a la norma NR-23.

En la clasificación de los resultados fue obtenido un ranking de los subgrupos que presentan menor porcentaje de adecuación. La Tabla 1 presenta parcialmente la tabla de evaluación con los principales resultados obtenidos, o sea, los ítems que deberán sufrir acciones de mejoramiento inmediatas para adecuarse a la norma en el edificio de Ingeniería de la UFRGS.

Tabla 1 – Clasificación de los ítems en relación a su grado de prioridad

CONDICIONES MINIMAS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO									
NORMAS REGULADORAS – NR – Nº 3.214/78 do MTE – BRASIL									
NR-23 – Protección Contra Incendios (123.000-0)									
(1)	Ítem de la norma	(2)		(3)		(4)	(5)	(6)	(7)
		Existe		Adecua do					
		Si	No	Si	No				
23.10.3	Los puntos de captación de agua y las tomas de alimentación son experimentadas, frecuentemente, para evitar la acumulación de residuos. (123.034-4 / 12)					Segun informaciones de algunos funcionarios.	10	9	90
23.18.3	Las campanas o sirenas de alarma emiten un sonido distinto en tonalidades y altura, de todos los otros dispositivos acústicos del establecimiento. (123.064-6 / 11)		X			Según entrevistas con funcionarios.	9	10	90
23.15.1.1	Independientemente del área ocupada, existía por lo menos 2 (dos) extintores para cada piso o nivel. (123.053-0 / 12)		X				9	10	90
23.18.1	En los establecimientos de riesgo elevado o medio, deberá haber un sistema de alarma capaz de dar señales perceptibles en todos los lugares de la construcción. (123.062-0 / 13)	X		X		Según entrevistas con funcionarios.	9	9	81

El grafico de la Figura 5 presenta 20% de los ítems evaluados por la NR-23, los cuales obtuvieron mayores valores de IPA. Se puede verificar fácilmente que los subgrupos más críticos de la norma son las secciones 23.3, 23.14, 23.18 e 23.13, los cuales representan, Puertas, Inspección de los extintores, Sistemas de alarma y Tipo de extintores portátiles. Observando individualmente los ítems en el gráfico se aprecia que acciones de mejoramiento prioritarias podrán ser efectuadas en los locales referentes a los ítems de la norma 23.10.3, 23.18.3 e 23.15.1.1, respectivamente, puntos de captación de agua, campanas o sirenas de alarma y la existencia de por lo menos dos extintores para cada piso o nivel. Estas representan las 3 acciones de mejoramiento más inmediatas y que ofrecen mayores beneficios para disminuir la gravedad.

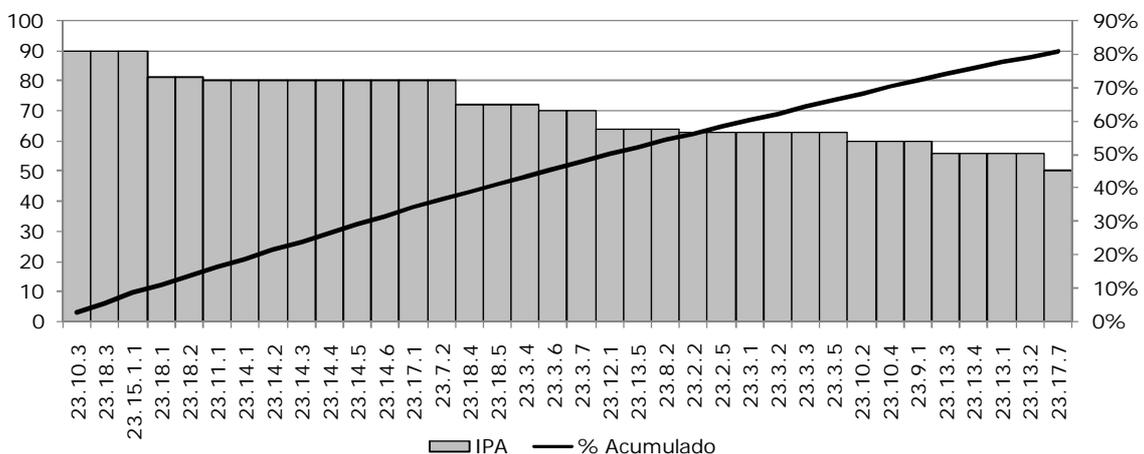


Figura 4 – Ítems que deben sufrir acciones de mejoramiento inmediatas

La evacuación del edificio, en caso de siniestro sería bastante precaria, debido a que no son realizados cursos de formación a los funcionarios, y visitantes sobre los procedimientos que deberían realizarse en caso de incendio. Podían ser proveídos informaciones a los usuarios de la correcta utilización de los equipamientos de combate del fuego, acciones para que la evacuación del edificio sea realizada en orden, evitando el pánico, y los diferentes significados de las señales de alarma, en el caso que existiesen. Otra agravante para la evacuación del edificio, en caso de incendio, es el hecho de que no posee un sistema de alarmas. Debido al flujo de personas, al tamaño del edificio, y la disposición de los ambientes, sería fundamental un sistema de alarmas perceptible en todos los lugares del edificio, y con un número suficiente de puntos de accionamiento en cada piso.

Fue constatado que en todos los pisos había un número insuficiente de mangueras para el combate del fuego. El edificio no posee una señalización adecuada (placas o señales luminosas) indicando la dirección de las salidas. Algunas puertas son abiertas hacia el interior del lugar de trabajo, obstruyendo vías de circulación y dificultando de esta manera una posible evacuación del edificio. Además de eso, algunas puertas son cerradas con llave durante el periodo de trabajo. Todas estas fallas son graves, considerando que el edificio apenas posee una escalera para la evacuación de los ocho pisos, y tres ascensores que no son de material incombustible. Por lo tanto, la cantidad correcta de equipamiento, una señalización adecuada, facilidad de acceso a los locales de trabajo y vías desobstruidas son imprescindibles para garantizar, no sólo una mayor seguridad contra incendios, sino también agilidad en el combate del fuego y rapidez en la evacuación del edificio.

Los extintores existentes en el local presentan deficiencias en relación a la inspección, localización y señalización. Éstos no son inspeccionados mensualmente, para verificar su aspecto externo, los sellos y los manómetros. Además de eso, algunos extintores están mal localizados y obstruidos por bancos o por plantas, dificultando su acceso y visualización. No existe un área delimitada abajo del extintor que garantice el libre acceso al equipamiento. Con el número de unidades extintoras existentes en el local se cumplen las exigencias en cuanto a cantidad, tipo, fecha de vencimiento y conformidad con la NR-23 o reglamento técnico del Instituto Nacional de Metrología, Normalización y calidad Industrial – INMETRO.

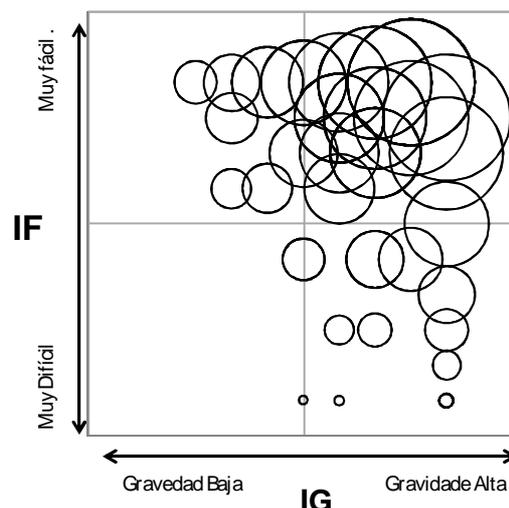


Figura 5 – Valores del IPA relacionados con IG y el IF

Aunque la mayor parte de las deficiencias puedan ser categorizadas como de alta gravedad, como se puede observar en el gráfico de la Figura 5, en su mayoría exigen acciones de mejoramiento de fácil implementación. En este gráfico los ejes presentan el índice de Facilidad de Actuación y el índice de Gravedad asociado a cada ítem. Cada uno de los círculos representa un ítem de la norma y sus diámetros representan el IPA asociado a cada ítem.

CONCLUSIÓN

El presente trabajo tuvo por objetivo proponer un medio de evaluación y ordenamiento de los puntos críticos para la prevención de incendios en edificios públicos. Esta propuesta fue parcialmente lograda, visto que además de la evaluación de conformidad con la NR-23, el método también permitió obtener un ordenamiento de las prioridades para las acciones de mejoras en las condiciones del local. Con todo lo realizado, el método todavía presenta posibilidades de mejoras. Por ejemplo, la evaluación tiene como parámetro apenas la NR-23, lo que torna el método vulnerable a posibles deficiencias inherentes a esa norma. Además de eso, la utilización de métodos para la evaluación de edificios con características constructivas o funcionales específicas, como por ejemplo el Hospital Universitario, necesitaría de adaptaciones en los parámetros normativos.

Otro punto importante que puede ser mejorado en aplicaciones futuras es la escala, que ya siendo simplificada, todavía puede sufrir alteraciones para simplificar el trabajo del evaluador. Además de eso, se comprendió que el índice IF podría ser dividido en más índices como, por ejemplo, un índice de costos y un índice de tiempo, lo que tornaría ese punto de análisis más objetivo y cuantitativo.

En contrapartida, el método también presenta características positivas, como la evaluación de forma rápida y simplificada. Además de eso, el método se mostró eficiente en la generación de registros que pueden servir como factor de decisión para la aplicación de recursos financieros y su uso optimizado. No obstante, se puede llegar con los registros a un conjunto de conclusiones útiles para comparar locales con mayores riesgos existentes en un mismo sitio que posea varias edificaciones, como es el caso de las universidades.

REFERENCIAS

1. ARAUJO, S.M.S., SOUZA, V.C.M., GOUVÊIA, A.M.C. (2005, Maio). *Análise de risco de incêndio em cidades históricas brasileiras: a metodologia aplicada à cidade de Ouro Preto*. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestrutura Civil; 5(1):55-67.
2. BRASIL (2003). Corpo de Bombeiros. *Conhecendo o CBMERJ: Resumo histórico do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro. 30/11/2003. Encontrado en: <http://www.cbmerj.rj.gov.br/modules.php?name=Content&file=print&pid=32>, 02/01/2008.
3. BRASIL (2007). *Ministério do Trabalho e Emprego. Legislação: normas regulamentadoras*. Encontrado en: <http://www.mte.gov.br/Empregador/SegSau/Legislacao/Normas>, 23/03/2007.
4. BURMANN, L.S., BIASSOLI, P.K., AMARAL, F.G. (2006, Octubre) *Condições de saúde e segurança em laboratórios de ensaios de materiais elétricos: uma ferramenta de análise*. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil.
5. CARDELLA, B. (1999). *Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística*. São Paulo: Editora Atlas, 1 ed.
6. DUARTE, D., LEITE, M.S., PONTES, R. (1998). *Gerenciamento dos riscos de incêndios*. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Engenharia Mecânica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.
7. HELMAN, H., ANDERY, P.R.P. (1995). *Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Prática da prevenção de acidentes: ABC da segurança do trabalho*. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de engenharia da UFMG.
8. KOMATSU, A (2007). *Incêndio atinge Universidade Estadual do Rio de Janeiro*. O Estado de São Paulo. São Paulo. 30/09/2007. Encontrado en: http://www.estadao.com.br/cidades/not_cid58580.0.htm, 02/01/2008.
9. PASSIVA (2007). Encontrado en: http://www.usp.br/fau/ensino/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0188/Seguranca_Passiva.pdf, 02.04.2007.
10. PORTO ALEGRE (2006). *Lei complementar n° 420/98 do município de Porto Alegre: código de proteção contra incêndios*. CORAG assessoria de publicações técnicas. 6 ed.