

**Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio realizado em Softwares com tecnologia BIM****Fire Prevention and Fighting Project carried out in Software with BIM technology**

DOI:10.34117/bjdv6n8-472

Recebimento dos originais: 03/07/2020

Aceitação para publicação: 21/08/2020

**Calvin Mariano Rêgo Crispim**

Mestrando em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília - UNB

Instituição: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Endereço:707/907 - Campus Universitário, SEPN-Asa Norte, Brasília-DF, 70790-075

E-mail: calvin.mariano@gmail.com

**Honório Assis Filho Crispim**

Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília - UNB

Instituição: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Endereço:707/907-Campus Universitário, SEPN - Asa Norte, Brasília-DF, 70790-075

E-mail: hcrispim@gmail.com

**Ariadny Rodrigues Cirino**

Arquiteta

Instituição: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Endereço:707/907 - Campus Universitário, SEPN-Asa Norte, Brasília-DF, 70790-075

E-mail: ariadny.rcirino@gmail.com

**RESUMO**

O presente trabalho destina-se a mostrar os passos necessários para execução de um projeto de prevenção e combate a incêndio com base nas exigências do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e nas normas seguidas por ele. Para esse trabalho especificamente, foi utilizado o Software QiBuilder – Incêndio, bem como o Eberik V10 para verificação da estrutura em situação de incêndio. Neste estudo são apresentados os requisitos normativos mínimos para cada tipo de projeto, assim como os cálculos necessários. Todos os cálculos foram embasados nas normas regentes. Por fim, o projeto de incêndio foi exportado para o padrão IFC/BIM e compatibilizado com as demais disciplinas no programa Navisworks da Autodesk.

**Palavras-chave:** Projeto, QiBuilder, Incêndio, BIM.

**ABSTRACT**

The present work aims to show the steps necessary for the execution of a fire prevention and fire prevention project based on the requirements of the Federal District Fire Brigade and the norms followed by it. Using the software: QiBuilder to carry out the projects of fire, gas and SPDA; Eberik for a selection of structure in a fire situation. In addition, calculations are not common to software results. The work presented as new laws and as norms that regulate the projects of prevention and fire fighting in the Federal District and that serve as the main basis of this work.

**Keywords:** Project, QiBuilder, Fire, BIM.

## 1 INTRODUÇÃO

A prevenção e combate a Incêndios passa a existir desde quando o homem descobriu e começou a utilizar o fogo na pré-história, para as mais variadas atividades: aquecimento, preparo de alimentos, têmpera de metais entre outros. No decorrer de sua evolução, foi constatado que os seres humanos procuravam sempre dominar as forças da natureza. Com tudo o fogo que tantas utilidades faz ao homem, quando fora de controle possui uma capacidade imensa de destruição, através dos denominados incêndios. Seus efeitos são devastadores, na forma de perdas humanas e também patrimoniais (Mazon, 2018).

Com o escopo de se proteger, várias medidas de prevenção e combate a incêndios foram sendo adotadas, tais como o desenvolvimento de novos equipamentos, novas técnicas, novas legislações e constantes atualizações das mesmas. Lamentavelmente, foram necessárias a perda de muitas vidas para que legislações de prevenção contra incêndio fossem criadas e muitas outras ainda foram necessárias para que tais normas fossem exigidas. Pode-se ter como exemplo o recente incêndio na Boate Kiss, em Santa Maria, que deixou como legado uma maior exigência dos órgãos fiscalizadores e um crescimento da importância a essa prevenção em todo o país (Atiyeh, 2012).

Existem atualmente uma grande quantidade e variedade de normas e leis, tanto em nível Federal como estadual e até mesmo municipal, sobre todos os tipos de edificações, que detalham todos os equipamentos necessários, tipo de hidrante, sinalização, manutenção, bem como cuidados especiais na elaboração de projetos e na construção. E é nesse momento que entra a nossa contribuição para a sociedade como profissionais, quando se assume a responsabilidade de realizar um projeto eficiente de Prevenção e Combate a Incêndio, buscando ao máximo prevenir qualquer incidente e, no caso de o mesmo ocorrer, minimizar as perdas materiais e evitar as perdas humanas.

Para realização desses projetos eficientes e com intuito de aumentar a qualidade dos projetos, várias empresas têm adotado a tecnologia BIM (Building Information Management), a “AltoQi Software para Engenharia” tem se destacado nesse ramo aqui no Brasil, ela produziu programas capazes de exportar no formato IFC, adotado mundialmente para essa tecnologia.

O Building Information Modeling (BIM) é um dos desenvolvimentos mais promissores nas indústrias da arquitetura, engenharia e construção (Eastman et al, 2014). Ele é um processo focado em projetar, construir e operar um empreendimento ou um conjunto de empreendimentos através do desenvolvimento de uma representação digital das características físicas e funcionais do projeto. É também uma plataforma de compartilhamento de informações sobre o empreendimento, o que oferece

uma base de informações confiáveis para a tomada de decisões durante todo seu ciclo de vida (National Institute for Building Sciences – NIBS, 2008).

As vantagens do BIM relacionadas à compatibilização de todas as especialidades que envolvem um projeto são bastante promovidas, pois sabe-se o reflexo direto que elas têm na redução do desperdício de recursos. Porém, como dito anteriormente, o BIM engloba não somente a fase de desenvolvimento do projeto, mas também as demais etapas do ciclo de vida da construção, incluindo, também, o planejamento. Por todas as vantagens e com o intuito de aprender melhor sobre BIM os projetos desse trabalho serão realizados nos softwares QiBuilder e Eberik V10.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Calcular e dimensionar um projeto de prevenção e combate a incêndio seguindo todas as normas para aprovação no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal usando programas que possuem tecnologia BIM integrada. Também serão calculados no método tradicional o projeto de hidrantes e os resultados comparados com os do software.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Dimensionar e calcular os diversos sistemas de prevenção e combate a incêndio adotando as Normas Técnicas utilizadas no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal;
- Definir fogo, incêndio e seus respectivos tipo de propagação e extinção;
- Aprender quais são os passos necessários para a realização de um projeto de prevenção e combate a incêndio;
- Constatar quais foram as dificuldades para execução e compatibilização dos projetos;
- Realizar os projetos no QiBuilder – Módulos Incêndio;
- Realizar a verificação da estrutura em situação de incêndio no Eberik;
- Conceituar BIM e apresentar suas principais vantagens e desvantagens;
- Calcular os hidrantes mais desfavoráveis manualmente e comparar com os resultados do QiBuilder Incêndio;

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 APRESENTAÇÃO**

Esta pesquisa tem como objetivo confrontar os cálculos canônicos de elementos arquitetônicos, estruturais, elétricos e hidráulicos com relação aos respectivos softwares da empresa

AltoQI, bem como exportar os mesmos no formato IFC e confrontar as disciplinas no NavisWorks a fim de detectar e corrigir interferências indesejáveis entre os diversos projetos.

Para tal, foi desenvolvida a arquitetura específica de um edifício, que foi usada para esse trabalho e os demais que compõem um projeto integrado.

Por fim, as classificações abaixo serão realizadas principalmente com base em Antônio Cargos Gil (2010).

## 3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

### 3.2.1 Quanto a finalidade

Quanto à finalidade, a presente pesquisa será classificada como aplicada, uma vez que produzirá informações que poderão ser empregadas em projetos futuros e correlatos.

### 3.2.2 Quanto ao método de abordagem

Quanto ao método de abordagem, será uma pesquisa dedutiva que parte do aspecto geral para o particular. Assim, a partir de informações e dados do projeto analisam-se uma série de situações que ao longo da pesquisa serão comparados com os modelos canônicos que já fazem parte das Normas e literaturas clássicas da área.

### 3.2.3 Quanto à natureza dos objetivos

Quanto à natureza dos objetivos a pesquisa será em parte exploratória e em parte descritiva. Exploratória por proporcionar maior familiaridade com as idiosincrasias das Normas Federais e Locais que tratam o assunto e descritiva porque visa descrever as características de integração dos diversos projetos.

### 3.2.4 Quanto a natureza das variáveis

Quanto à natureza das variáveis não existe quantificação. Os tratamentos estatísticos, quando houver, serão oriundos de análises básicas e imediatas sobre resultados simples e de consequências administrativas.

### 3.2.5 Quanto aos procedimentos

Quanto aos procedimentos a serem utilizados esse estudo será composto pelas pesquisas bibliográfica, documental e normativas.

Segundo Severino (2017), a pesquisa bibliográfica é aquela que realizada a partir dos trabalhos



registrados anteriormente, conseqüentemente de pesquisas do mesmo assunto, em publicações impressos, como livros, artigos, teses etc. Utiliza-se de dados ou de argumentos teóricos já analisados por outros pesquisadores e devidamente publicados.

A pesquisa documental, tem como fonte documentos no sentido mais generalizado, quer dizer, documentos impressos, mas publicações diferenciadas, como jornais, fotos, filmes, gravações, documentos legais. Nestas situações os conteúdos dos textos ainda não tiveram seu devido tratamento, são fontes primarias de pesquisa, que a partir da qual o pesquisador vai desenvolver sua pesquisa e análise.

## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **4.1 CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO**

Para a classificação de uma edificação, devem ser consideradas as atividades realizadas naquele espaço, bem como o tipo de material da estrutura e os materiais de acabamento já existentes ou definidos em projeto, área construída e altura. A norma utilizada para classificação dessa edificação foi a Norma Técnica N° 01 /2016-CBMDF que é baseada na Norma Brasileira 14432.

A figura mostra a maquete eletrônica do prédio. O edifício Reserva BIM possui uma quadra de esportes, um pavimento de estacionamentos, nove pavimentos tipo e cobertura.

Figura 1: Maquete eletrônica edificio reserva BIM



Fonte: acervo particular

A tabela 1 classifica a edificação quanto o seu tipo de ocupação, apesar da edificação possuir um pavimento e parte de outro destinados a garagem a edificação é classificada como residencial multifamiliar.

Tabela 1: Classificação das edificações quanto à sua ocupação

Ocupações/usos	Grupo	Descrição	Exemplos
Residenciais	01	Residenciais unifamiliares	-casas térreas ou assobradas, isoladas ou não
	02	Residenciais multifamiliares	-condomínios verticais de apartamentos -condomínios horizontais de residências unifamiliares
Garagens	26	Garagens em geral	-garagens automáticas e não automáticas, sem abastecimento -showrooms automotivos
	27	Oficinas	-oficinas de concerto de veículos, borracharia -oficinas de máquinas agrícolas e rodoviárias, retificadoras de motores -postos de lavagem e lubrificação
	28	Hangares	-hangares e helipontos

A edificação foi caracterizada no grupo E<sub>2</sub> como mostra a tabela, pois ela possui onze pavimentos de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 Classificação das edificações quanto à altura e número de pavimentos

Tipo de edificação	Código	Altura	Número de pavimentos
Edificação alta	E <sub>1</sub>	$h \geq 30$ m	A partir do 10º pavimento
	E <sub>2</sub>	$h \geq 60$ m	A partir do 20º pavimento

Na classificação quando as dimensões de planta o prédio foi caracterizado com uma área total grande (H<sub>2</sub>) e com grande pavimento (M), pois possui uma área total com mais de 6000 m<sup>2</sup> e seu maior pavimento tem aproximadamente 1500 m<sup>2</sup>.

Tabela 3: Classificação das edificações quanto às dimensões em planta

Natureza do enfoque	Código	Classe da edificação	Parâmetros
Quanto à área total construída ( $S_t$ )	F	Com área total muito pequena	$S_t < 750 \text{ m}^2$
	G <sub>1</sub>	Com área total pequena	$750 \text{ m}^2 \geq S_t < 1.000 \text{ m}^2$
	G <sub>2</sub>		$1.000 \text{ m}^2 \geq S_t < 2.000 \text{ m}^2$
	G <sub>3</sub>		$2.000 \text{ m}^2 \geq S_t < 3.000 \text{ m}^2$
	H <sub>1</sub>	Com área total grande	$3.000 \text{ m}^2 \geq S_t < 5.000 \text{ m}^2$
	H <sub>2</sub>		$5.000 \text{ m}^2 \geq S_t < 7.000 \text{ m}^2$
	H <sub>3</sub>		$7.000 \text{ m}^2 \geq S_t < 10.000 \text{ m}^2$
	I	Com área total muito grande	$S_t \geq 10.000 \text{ m}^2$
γ	Quanto à área do maior pavimento ( $S_p$ )	L	Com pequeno pavimento $S_p < 750 \text{ m}^2$
		M	Com grande pavimento $S_p \geq 750 \text{ m}^2$

#### 4.2 CÁLCULO DA RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO

A Reserva Técnica de Incêndio foi calculada com base na NT nº 04/2015 Sistema de Proteção por Hidrantes e deve ter o volume de água mínimo estabelecido de acordo com a tabela 4.

Tabela 4: Volume RTI

Classe de Risco	Volume (l)
A	4.200
B1	<b>6.600</b>
B2	9.000
C1	15.000
C2	22.500

A tabela 6 é aplicável a edificações que possuam área construída de até 2.500m<sup>2</sup> (dois mil e quinhentos metros quadrados).

Para edificações com área construída superior a 2.500m<sup>2</sup> (dois mil e quinhentos metros quadrados), a cada 100m<sup>2</sup> (cem metros quadrados) a mais, ou fração, deve ser acrescida na RTI a quantidade de água especificada na tabela 5.

Tabela 5: Volume RTI

Classe de Risco	Volume (l)
A	100
<b>B1</b>	<b>120</b>
B2	140
C1	180
C2	220

$$6698 \text{ m}^2 - 2500 \text{ m}^2 = 4198 \text{ m}^2$$

$$4198 \text{ m}^2 / 100 = 42 \times 120 = 5040 \text{ L}$$

$$\text{Total} = 6600 + 5040 = 11640 \text{ litros}$$

#### 4.3 CÁLCULO NOS HIDRANTES MAIS DESFAVORÁVEIS

Para a realização dos cálculos foi considerado uso de dois hidrantes em uso simultâneo, vazão de 220 litros por minuto e pressão mínima de 10 mca como previsto em norma. As fórmulas e o passo a passo estão na revisão bibliográfica.

- Cálculo da pressão para adquirir a vazão mínima determinada por norma de 220 l/m.

$$220 = 0,2046 * 16^2 * \sqrt{H_{min}}$$

$$H_{min} = 17,642 \text{ m. c. a.}$$

- Velocidade no esguicho jato sólido

$$V_{esg} = \sqrt{2 * 9,81 * 17,642}$$

$$V_{esg} = 18,604 \text{ m/s}$$

- Perda de carga no esguicho

$$hp_{esg} = 0,1 * \frac{18,604^2}{2 * 9,81}$$

$$hp_{esg} = 1,764 \text{ mca}$$

- Perda de carga unitária na mangueira 38mm

$$hp_{unit} = \frac{10,65 * 0,00366^{1,85}}{140^{1,85} * 0,038^{4,87}}$$

$$hp_{unit} = 0,2923 \text{ m/m}$$



- Perda de carga total na mangueira

$$\Delta hp_{mang} = 0,2923 * 30$$

$$\Delta hp_{mang} = 8,769 \text{ mca}$$

- Perda de carga unitária na canalização do hidrante

$$hp_{unit} = \frac{10,65 * 0,00366^{1,85}}{120^{1,85} * 0,065^{4,87}}$$

$$hp_{unit} = 0,0284 \text{ m/m}$$

- Perda de carga nas conexões do hidrante

Os valores dos comprimentos equivalentes foram tirados da tabela 6.

Tabela 6: Comprimento equivalente

Quantidade	Conexão	Comprimento equivalente	Comprimento total
1	Registro angular 2.1/2"	10	10
1	Redução 2.1/2" x 1.1/2"	0,71	0,71
1	Tê passagem lateral 2.1/2"	4,3	4,3
-	<b>Comprimento equivalente total</b>		<b>15,01 m</b>

- Perda de carga total na canalização do hidrante

$$\Delta hp_{can} = (15,01 + 0,45) * 0,0284$$

$$\Delta hp_{can} = 0,439 \text{ mca}$$

- Cálculo da pressão no ponto A, em m.c.a.

$$P''_{A''} = 17,642 + 8,769 + 0,439 + 1,764$$

$$P''_{A''} = 28,614 \text{ mca}$$

Visto que a pressão necessária no ponto A para atingir a vazão mínima exigida por norma é muito maior do que a diferença de nível entre o fundo do reservatório e o hidrante, será necessário utilizar uma bomba para atingir os padrões determinados pelo CBMDF.

## 4.4 CALCULO COM A BOMBA DE REFORÇO

A norma técnica nº 04 Sistema de Proteção por Hidrantes define a vazão mínima de 220 litros por minuto para esse tipo de edificação, classe de risco B1.

- Determinação do fator de vazão para K do ramal

$$k_a = \frac{Q_{h1}}{\sqrt{Pa}}$$

$$k_a = \frac{220}{\sqrt{28,614}}$$

$$k_a = 41,1276 \text{ l/min/mca}^{1/2}$$

- Vazão no trecho Reservatório- H1

$$Q = 2 * Q_{h1}$$

$$Q = 2 * 220$$

$$Q = 440 \text{ l/min}$$

- Perda de carga unitária Reservatório- H1

$$hp_{unit} = \frac{10,65 * 0,00733^{1,85}}{120^{1,85} * 0,065^{4,87}}$$

$$hp_{unit} = 0,103 \text{ m/m}$$

- Perda de carga nas conexões Reservatório - H1

Tabela 7: Comprimento equivalente

Quantidade	Conexão	Comprimento equivalente	Comprimento total
1	Entrada de borda	1,9	1,9
1	Registro de gaveta 2.1/2"	0,4	0,4
1	Válvula de retenção 2.1/2"	8,1	8,1
4	Cotovelo 90° 2.1/2"	2	8
-	<b>Comprimento equivalente total</b>		18,4 m

- Perda de carga total trecho Reservatório- H1

$$hp_{res-h1} = 0,103 * (18,4 + 2,6 + 1,62 + 2,1 + 1,77 + 2,7 + 0,9 + 3,9)$$

$$hp_{res-h1} = 3,5 \text{ mca}$$

- Nova pressão no ponto A

$$P_A' = Pa + hp_{res-h1}$$

$$P_A' = 28,614 + 3,5$$

$$P_A' = 32,11 \text{ mca}$$

- Perda de carga unitária trecho A-B

$$hp_{unit} = \frac{10,65 * 0,00733^{1,85}}{120^{1,85} * 0,065^{4,87}}$$

$$hp_{unit} = 0,103 \text{ m/m}$$

- Perda de carga nas conexões A-B

Tabela 8 Comprimento equivalente

Quantidade	Conexão	Comprimento equivalente	Comprimento total
1	Tê de passagem direta 2.1/2"	1,3	1,3
-	<b>Comprimento equivalente total</b>		1,3 m

- Perda de carga total trecho A-B

$$hp_{A-B} = 0,103 * (1,3 + 3)$$

$$hp_{A-B} = 0,443 \text{ mca}$$

- Pressão no ponto B

$$P_B = P_A' + hg_{A-B} + hp_{A-B}$$

$$P_B = 32,11 + 3 + 0,433$$

$$P_B = 35,54 \text{ mca}$$

- Vazão no hidrante h2

$$Q_{h2} = k_A * \sqrt{P_b}$$

$$Q_{h2} = 41,13 * \sqrt{35,54}$$

$$Q_{h2} = 245,20 \text{ l/min}$$

- Determinação da altura mínima para o reservatório

$$h_{min} = P_A' - h_{res-A}$$

$$h_{min} = 32,11 - 3,9$$

$$h_{min} = 28,21 \text{ mca}$$

- Determinação da bomba

Para altura manométrica de **28,21 mca** e a vazão de **440 l/min** ou **26,4 m³/h**.

Tabela 9: Tabela de bombas Schneider

MODELO	Potência (cv)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS									
		Altura Manométrica Total (m.c.a.)									
		22	23	24	25	26	27	28	29	30	
		Vazão em m³/h válida para sucção de 0 m.c.a.									
BPI-21 R 2 1/2 (123 mm)	3	16,3									
BPI-21 R 2 1/2 (133 mm)	4	30,5	28,8	26,9	24,6	22,1	19,1	15,6			
BPI-21 R 2 1/2 (141 mm)	5	36,9	35,5	34,1	32,6	31,0	29,3	27,3	25,2	22,8	
BPI-21 R 2 1/2 (145 mm)	5	*	*	*	*	*	*	*	31,7	29,8	
BPI-21 F 2 1/2 (123 mm)	3	16,3									
BPI-21 F 2 1/2 (133 mm)	4	30,5	28,8	26,9	24,6	22,1	19,1	15,6			
BPI-21 F 2 1/2 (141 mm)	5	36,9	35,5	34,1	32,6	31,0	29,3	27,3	25,2	22,8	
BPI-21 F 2 1/2 (145 mm)	5	*	*	*	*	*	*	*	31,7	29,8	

De acordo com a tabela de bombas da fabricante Schneider o modelo escolhido foi o **BPI-21 F 2 ½ (145 mm) 5 cavalos**.

#### 4.5 CÁLCULO DOS HIDRANTES MAIS DESFAVORÁVEIS NO SOFTWARE

Resultados foram obtidos como a realização projeto no software QiBuilder módulo incêndio. As tabelas são referentes aos cálculos de vazão e pressão nos dois hidrantes mais desfavoráveis em um simultâneo.



## Hidrantes analisados

Tabela 10: Hidrantes analisados

	Peça	Pavimento	Nível geométrico (m)	Vazão (l/s)	Pressão (m.c.a.)
Hi1	Incêndio Hidrante - mangueira 1.1/2 - 2x15m Requinte 1.1/2 - 16 mm	Pavimento Tipo 9	31.30	3.72	18.18
Hi2	Incêndio Hidrante - mangueira 1.1/2 - 2x15m Requinte 1.1/2 - 16 mm	Pavimento Tipo 8	28.30	3.90	19.97

Processo de cálculo: Hazen-Williams

## Tomada d'água:

2.1/2" x 2.1/2" - 6.0CV R153 (Bomba Hidráulica - Incêndio)

Nível geométrico: 33.10 m

Pressão na saída: 32.47 m.c.a.

Tabela 11: Trecho de recalque

Trecho de recalque												
Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Conduto	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	7.62	60	2.69	0.43	0.00	0.43	0.1490	0.06	33.10	0.00	32.47	32.41
2-3	7.62	60	2.69	0.21	5.20	5.41	0.1490	0.81	33.10	0.00	32.41	31.60
3-4	7.62	60	2.69	2.10	2.40	4.50	0.1490	0.67	33.10	-2.10	29.50	28.83
4-5	7.62	60	2.69	1.77	2.40	4.17	0.1490	0.62	35.20	0.00	28.83	28.21
5-6	7.62	60	2.69	2.76	2.40	5.16	0.1490	0.77	35.20	0.00	28.21	27.44
6-7	7.62	60	2.69	0.95	2.40	3.35	0.1490	0.50	35.20	0.00	27.44	26.94
7-8	7.62	60	2.69	2.20	2.40	4.60	0.1490	0.69	35.20	2.20	29.14	28.46
8-9	7.62	60	2.69	1.70	0.01	1.71	0.1490	0.25	33.00	1.70	30.16	29.90
9-10	3.72	60	1.32	0.45	3.40	3.85	0.0395	0.15	31.30	0.00	29.90	29.75
10-11	3.72	60	1.32	0.00	20.00	20.00	0.0395	11.58	31.30	0.00	29.75	18.18

Tabela 12: Trecho de sucção

Trecho de sucção												
Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Conduto	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	7.62	60	2.69	2.65	1.90	4.55	0.1490	0.68	35.75	2.65	33.71	33.04
2-3	7.62	60	2.69	0.44	2.40	2.84	0.1490	0.42	33.10	0.00	33.04	32.61
3-4	7.62	60	2.69	0.54	0.40	0.94	0.1490	0.14	33.10	0.00	32.61	32.47
4-5	7.62	10	96.99	0.00	0.00	0.00	918.4682	0.00	33.10	0.00	32.47	32.47

Tabela 13: Comprimento equivalente dos trechos

Altura manométrica (m.c.a.)							Vazão de projeto (l/s)	NPSH disponível (mca)	NPSH requerido (mca)	Potência efetiva (CV)
Recalque				Sucção		Total				
Altura	Perda	Mangueira	Esguicho	Altura	Perda					
1.80	5.31	9.04	1.75	2.65	1.24	31.06	7.62	11.50	1.56	5.75
Trecho de recalque										
Conexões									L equivalente(m)	
Material	Grupo						Item	Quant.	Unitária	Total
BH	2.1/2" x 2.1/2"						6.0CV R153	1	0.00	0.00
F°G°	Válvula de retenção horizontal c/ F°G°						2.1/2"	1	5.20	5.20
F°G°	Cotovelo 90						2.1/2"	5	2.40	12.00
F°G°	Junção p/ união						2.1/2"	1	0.01	0.01
F°G°	Te						2.1/2"	1	3.40	3.40
	Hidrante - mangueira 1.1/2 - 2x15m						requinte 1.1/2 - 16 mm	1	20.00	20.00
Trecho de sucção										
Conexões									L equivalente (m)	
Material	Grupo						Item	Quant.	Unitária	Total
F°G°	Tomada água p/ caixa de concreto 150mm						2.1/2"	1	1.90	1.90
F°G°	Cotovelo 90						2.1/2"	1	2.40	2.40
F°G°	Registro bruto de gaveta industrial						2.1/2"	1	0.40	0.40

## 4.6 LISTA DE MATERIAIS

Para a realização da lista de matérias foi utilizado o QiBuilder módulo incêndio.

Tabela 14: Lista de Materiais

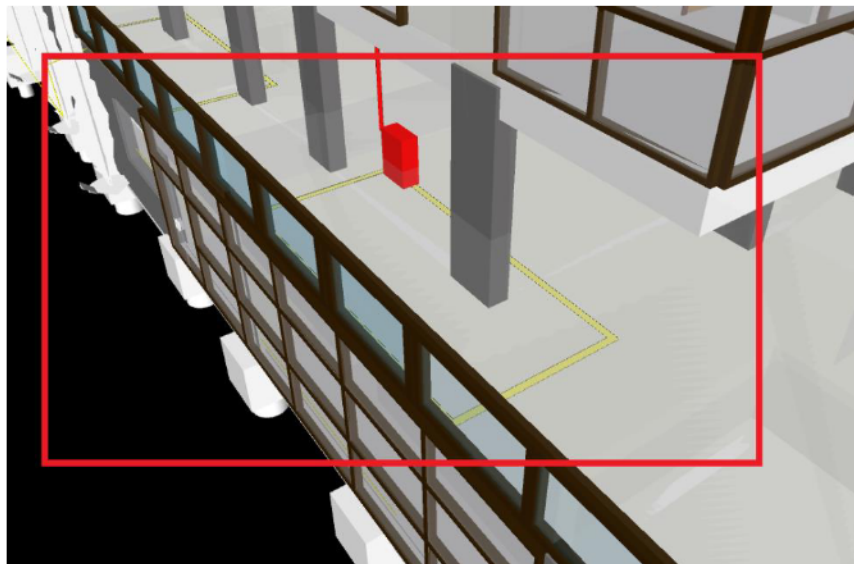
<b>Bomba Hidráulica - Incêndio</b>		
Bombas FAMAC		
F960-IN-BL 153mm 6,0CV		1 pç
<b>Ferro maleável classe 10</b>		
Adapt. p/ cx. d'água de concreto 150 mm		
2.1/2"		1 pç
Cotovelo 90		
2.1/2"		19 pç
Junção p/ união		
2.1/2"		11 pç
Niple duplo		
2.1/2"		2 pç
Tubo de aço galvanizado		
65 mm - 2.1/2"		163.2 m
Tê		
2.1/2"		13 pç
União ass. de ferro conico macho-fêmea		
2.1/2"		4 pç
<b>Incêndio</b>		
Adaptador storz - roscas interna		
2.1/2"		13 pç
Caixa para abrigo de mangueiras		
70 x 50 x 25 cm		13 pç
Chave para conexão de mangueira tipo storz engate rápido		
Dupla - 1.1/2" x 1.1/2"		13 pç
Esguicho játo sólido		
1 1/2" 16 mm		13 pç
Mangueiras		
1.1/2 " 15 m		26 pç
Niple paralelo em ferro maleável		
2.1/2"		13 pç
Redução giratória tipo Storz - bronze ou latão		
2.1/2" x 1.1/2"		13 pç
Registro globo		
2 1/2" 45°		13 pç

Tampão cego com corrente tipo storz		
1.1/2"		13 pç
<b>Metais</b>		
Registro bruto de gaveta industrial		
2.1/2"		1 pç
Válvula de retenção horiz c/ portinhola		
2.1/2"		2 pç

## 4.7 ANÁLISE CLASH DETECTION

Os conflitos entre a estrutura e as instalações foram realizados no software Navisworks da empresa Autodesk. Durante o processo foram identificados alguns problemas de incompatibilidade entre algumas vigas e os dutos do sistema de hidrantes como podemos observar na figura 9.

Figura 2: Clash Detection – Problema

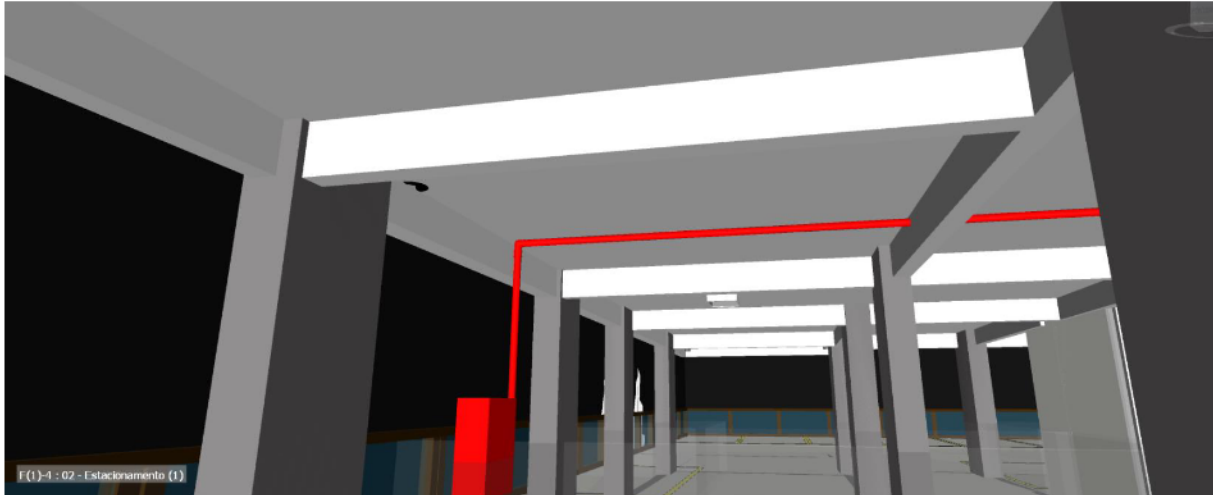


Fonte: acervo particular

O problema foi resolvido mudando o hidrante 20 cm para frente para que os dutos não passassem dentro da viga como é possível observar na figura 10.



Figura 3: Clash Detective-Resolução



Fonte: acervo particular

#### 4.8 CÁLCULO DO SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO DA ESCADA DE EMERGÊNCIA

Para o cálculo do sistema de pressurização foi utilizado uma planilha no Excel para o cálculo da vazão, cálculos manuais para pressão estática e o programa da empresa Torin Ventiladores para o dimensionamento do ventilador.

Será utilizado o método de cálculo e as bases de dados preconizadas pela NBR 14880-01/2014:

- Número Total de Portas que comunicam os vários pavimentos com a escada de segurança = 12;
- Número de Portas Abertas a ser considerado no cálculo para a situação de incêndio = 1 (conforme NBR 14880-01/2014);
- Fator de segurança de 50% para dutos de alvenaria.

A tabela abaixo mostra o cálculo da vazão para o dimensionamento do ventilador.

Tabela 16: Cálculo da vazão para o ventilador

Portas fechadas	
	QTD
Portas de Saídas	1
Portas de Entradas	11
Total	12
Área de escape de ar pelas Portas de Entrada:	0,03 m <sup>2</sup>
Área de escape de ar pelas Portas de Saída:	0,04 m <sup>2</sup>

Para Portas de entradas	0,33
Para Portas de Saída:	0,04

Total	0,37
-------	------

Acréscimo Para duto Metálico	15%
------------------------------	-----

Acréscimo Para duto Alvenaria	25%
-------------------------------	-----

Adotado acréscimo na vazão de ar de 25% em dutos alvenaria.

$$A = 0,4 \times 1,5 = 0,56$$

A=	0,56	m <sup>2</sup>
----	------	----------------

N=	1,6
----	-----

P=	60	Pa
----	----	----

### Cálculo do Suprimento de AR

$$Q = 0,827 \times A \times P^{(1/N)}$$

Q=	5,93	m <sup>3</sup> /s
----	------	-------------------

**2ª Situação:** Portas abertas (0,89 x 2,10 m). Área Porta: 1,68 m<sup>2</sup>

Área da Porta	1,89	m <sup>2</sup>
---------------	------	----------------

Largura:	0,90	m
----------	------	---

Altura	2,10	m
--------	------	---

Frestas: =1,89 + 0,4 =	2,26	m <sup>2</sup>
------------------------	------	----------------

Compensação: A= 2,26 x 1,5 =	3,39	m <sup>2</sup>
------------------------------	------	----------------

**Velocidade adotada na última Porta: 2 m/s**

$$Q = V \times A$$

V=	2	m/s
----	---	-----

A=	3,39	m <sup>2</sup>
----	------	----------------

Q=	6,78	m <sup>3</sup> /s
----	------	-------------------

Ou seja 6,78 x 3600 =	24408,00	m <sup>3</sup> /h
-----------------------	----------	-------------------

**OBS:**

\* Foi considerado diferencial de pressão de 60 Pa

\* A velocidade adotada no caso de porta aberta é de 2 m/s

\* A vazão encontrada e aplicada para esta edificação será de 6,78 m<sup>3</sup>/s

ou seja 24408,00 m<sup>3</sup>/h

\* Conforme a vazão encontrada segue em anexo a seleção do ventilador da marca TORIN

- **Cálculo das Perdas de Carga Globais para Determinar a Pressão Estática do Ventilador de Pressurização**

As perdas de carga foram adquiridas em tabelas do fabricante Torix Brasil.

Perda na Admissão(veneziana)	40 Pa
Perda do Filtro de Admissão de Ar	60 Pa
Perda do Duto de Admissão de Ar	40 Pa
Perda no Damper de Sobre-pressão	70 Pa
Perda no Duto de Insuflamento	15 Pa
Perda do Canal de Pressurização	103 Pa
Perda na Grelha de Insuflamento	10 Pa
Pressurização Máxima na Escada	50 Pa
Sub-Total	388 Pa
Folga (20% de 388 Pa)	78 Pa
<b>Total</b>	<b>466 Pa</b>

Valor adotado 470 Pa.

- **Escolha do ventilador**

O dimensionamento do ventilador foi executado no software Ventiladores Torin. E o modelo escolhido foi o que atende a vazão de 24400 m<sup>3</sup>/h e a pressão estática de 47 mmca. As especificações do ventilador como modelo, potência estão no apêndice II.

#### 4.9 VERIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

A verificação da estrutura do prédio a 90 minutos em situação de incêndio foi realizada no programa da AltoQi o Eberik V10. Não foram realizados cálculos manuais pois esse não era o objetivo da pesquisa. Foi observado na verificação do software que nenhuma laje do pavimento Estacionamento passou na verificação como mostra a tabela.

Tabela 17: Tabela de erros Eberik V10

Laje	Tipo Vinculação (Incêndio)	h (cm)	c1 (mm)	ec (cm)	c1n (mm)	en (cm)	Aviso
L2	Nervurada Apoiada	-	-	6.0 (min = 8.5)	-	10.0 (min = 12.0)	Erro I05
L3	Nervurada Apoiada	-	-	6.0 (min = 8.5)	-	10.0 (min = 12.0)	Erro I05
L4	Nervurada Apoiada	-	-	6.0 (min = 8.5)	-	10.0 (min = 12.0)	Erro I05

A tabela 18 mostra a verificação dos pilares do mesmo andar, todos os pilares da estrutura passaram nessa verificação.

Tabela 18: Verificação pilares Eberik V10

Pilar	u,fi	b' (cm)	e (mm)	c1 (mm)	Lef,fi (cm)	As/Ac (%)	TRF (min)	Aviso
P1	0.20	36.0 (min = 19)	155.2 (max = 45)	56.3 (max = 80)	300.0 (max = 600)	0.41 (max = 4%)	228.9 (min = 90)	Ok
P2	0.15	36.0 (min = 19)	116.4 (max = 45)	56.3 (max = 80)	300.0 (max = 600)	0.48 (max = 4%)	239.3 (min = 90)	Ok
P3	0.25	36.0 (min = 19)	132.0 (max = 45)	56.3 (max = 80)	300.0 (max = 600)	0.41 (max = 4%)	219.0 (min = 90)	Ok

## 5 CONCLUSÃO

É possível concluir através deste trabalho que apesar das diferenças nos resultados dos cálculos o software QiBuilder módulo incêndio é de extrema confiança e utilidade. A diferença dos resultados surgiu por pequenos fatores um deles é o coeficiente de Coeficiente de Chézy onde valor adotado pelo programa é ligeiramente maior do que o adotado no cálculo manual, outros fatores que também interferiram nessa diferença do cálculo das pressões, vazões e consequentemente na escolha da bomba foi o comprimento equivalente de cada peça. A diferença entre as bombas foi de aproximadamente 1 cavalo e ela é totalmente aceitável considerando que podem ser bombas de fabricantes diferentes. A altura manométrica e as vazões tiveram uma diferença de aproximadamente 10% e isso é facilmente explicado pelos coeficientes de majoração que o software utiliza a fim de priorizar a segurança.

A utilidade e do QiBuilder é incontestável, ele auxilia o dimensionamento do projeto, calculando as vazões, pressões, perdas de carga e também aponta se é necessário a utilização de uma bomba de reforço e se sim o programa já mostra a que atenderia melhor as exigências do projeto.



Além disso pode-se exportar o projeto finalizado para o padrão IFC e integra-lo a outros projetos utilizando o poder da tecnologia BIM.

Quanto a Tecnologia BIM, foi concluído que é de extrema importância para a construção civil, pois a compatibilização de projetos possibilita a realização de análises de conflitos antes de começar o processo construtivo, o que acarreta a uma economia de dinheiro e tempo, levando em conta que todos os problemas de possíveis incompatibilidades são solucionados antes de chegar ao canteiro de obra.

**REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432**: Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14880**: Sairas de Emergência em Edifícios Escadas de Segurança – Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

ATIYEH, Bishara. Desastre na boate kiss, Brasil. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 27, n. 4, p. 502-502, 2012.

CORPO DE BOMBEIROS DO DISTRITO FEDERAL. **NT 01: Medidas de segurança contra incêndio**. Brasília, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS DO DISTRITO FEDERAL. **NT 04: Sistema de proteção por hidrante**. Brasília, 2000.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Bookman Editora, 2014.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

MAZON, Vagner. Sistemas de prevenção e combate à incêndio. **Engenharia Segurança do Trabalho-Florianópolis**, 2018.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (WASHINGTON). **HAZUS MH Estimated Annualized Earthquake Losses for the United States**. FEMA, 2008.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017.