

ELABORAÇÃO DE PLANILHA ELETRÔNICA PADRONIZADA PARA O DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO EM CONFORMIDADE COM A IN07/2014/DAT/CBMSC.

Luiz Henrique Cardoso Lumertz (1), Nestor Back (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1) *hique_lumertz@hotmail.com*, (2) *nrbk@unesc.net*

RESUMO

Sob fiscalização e elaboração do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, as Normas de Segurança Contra Incêndio e pânico visam padronizar os procedimentos e requisitos mínimos para a proteção de pessoas e seus bens. A instrução normativa 01, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, de 2015, determina os trâmites para aprovação do projeto preventivo contra incêndio, dentre eles apresenta a exigência das planilhas de dimensionamento do sistema hidráulico preventivo, quando houver. O objetivo deste estudo visa a elaboração de uma ferramenta capaz de facilitar o dimensionamento do sistema hidráulico preventivo em conformidade com a instrução normativa 07, do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, de 2014. Assim, para tornar esta ferramenta mais acessível aos usuários, definiu-se a elaboração de uma planilha eletrônica padronizada, através do Microsoft Office Excel. Desta forma a planilha deve apresentar uma linguagem facilmente compreendida pelos usuários e com a comprovação da funcionalidade atestando o correto dimensionamento do sistema. A elaboração da planilha eletrônica padronizada, segue os critérios e requisitos mínimos indicados pela normativa, para o correto dimensionamento do sistema hidráulico preventivo. Atestando a funcionalidade desta ferramenta ao comparar os resultados obtidos pelo dimensionamento da edificação modelo via planilha eletrônica padronizada, e o dimensionamento através do método de cálculo simplificado indicado pela instrução normativa 07. Com as características da edificação já definidas, os dados a serem incluídos na planilha já estão determinados basta aplicá-los. Assim a medida que a edificação é caracterizada na planilha, o dimensionamento vai sendo realizado de forma instintiva. Concluindo que a planilha elaborada, possui um roteiro de cálculo único, sendo possível o dimensionamento de sistemas abastecidos por reservatório superior ou por castelo d'água. Sendo que, após a simples inclusão dos dados exigidos, o dimensionamento é efetuado de forma automática apresentando resultados precisos e confiáveis.

Palavra-chave: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Dimensionamento, Planilha eletrônica padronizada, Sistema Hidráulico Preventivo.

1. INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina, através de sua legislação, confere atribuições legais ao Departamento de Atividades Técnicas (DAT), do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), para instituir as normas e os requisitos mínimos para a prevenção e segurança contra incêndio e pânico em imóveis situados no estado.

Por tanto, sob fiscalização e elaboração do CBMSC, as Normas para a Segurança contra Incêndios e Pânico (NSCI) englobam diversas Instruções Normativas (IN), cada qual para determinados sistemas e atuações. As normativas visam padronizar os procedimentos e requisitos mínimos para a proteção de pessoas e seus bens.

A análise do Projeto Preventivo Contra Incêndio (PPCI), no estado de Santa Catarina, atesta a concordância entre o projeto apresentado com as exigências dos sistemas e medidas de segurança previstos nas NSCI. Desta forma a IN01/2015/DAT/CBMSC, através do seu Art. 122, especifica quais sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico são exigidos em função dos seguintes parâmetros do imóvel:

- a) Tipo de ocupação;
- b) Altura ou número de pavimentos;
- c) Área construída;
- d) Capacidade de lotação;
- e) Risco de incêndio (carga de incêndio);
- f) Riscos especiais.

A normativa ainda estabelece os tramites necessários para a análise, e posterior aprovação do PPCI.

Segundo a IN07/2014/DAT/CBMSC, o sistema hidráulico preventivo (SHP) é constituído por uma rede de tubulações que tem a finalidade de conduzir água de uma Reserva Técnica de Incêndio (RTI), por meio da gravidade ou pela interposição de bombas, permitindo o combate do princípio de incêndio através da abertura de hidrante para o emprego de mangueiras e esguichos e/ou o emprego do mangotinho.

Conforme o manual do curso de formação de combate a incêndio, do CBMSC, o sistema hidráulico preventivo de uma edificação tem três objetivos definidos:

- a) Permitir que o usuário da edificação efetue o combate do princípio do fogo;
- b) Permitir que o corpo de bombeiros possa utilizar a canalização para bombear água para o sistema;
- c) Abastecer as viaturas do Corpo de Bombeiros para utilização em incêndios em edificações vizinhas.

A normativa cita que o abastecimento do sistema poderá ser feito por reservatório superior, por reservatório inferior, ou por castelo d'água. Destes apenas o reservatório inferior evidencia a obrigatoriedade de utilização de bombas. Para os

reservatórios do tipo superior e castelo d'água, o sistema será abastecido por adução através da ação da gravidade, ou seja, o reservatório deverá possuir altura suficiente para fornecer as vazões e pressões mínimas requeridas. Entretanto, admite-se a instalação de uma bomba de reforço caso esta altura não ofereça pressão suficiente ao hidrante menos favorável.

Para aprovação do PPCI de edificações com necessidade de implantação do SHP, a IN01/2015/DAT/CBMSC, exige a apresentação de planilha de dimensionamento do sistema. Este dimensionamento segue critérios e concepções relatadas pela IN07/2014/DAT/CBMSC, referenciada pela NBR 13714/2000, e sendo constituído pela determinação do caminhamento das tubulações, dos diâmetros, dos acessórios, da perda de carga na tubulação, conexões e mangueiras, da pressão dinâmica mínima e vazão.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho visou a elaboração de uma ferramenta capaz de facilitar o dimensionamento do SHP, seguindo a IN07/2014/DAT/CBMSC, destinado a projetistas e responsáveis técnicos de PPCI. Desta forma, para melhor acessibilidade, através do editor de planilhas Microsoft Office Excel idealizou-se a elaboração de uma planilha eletrônica padronizada, buscando apresentar uma interface rápida e de fácil entendimento por parte dos usuários.

A comprovação da funcionalidade desta ferramenta atestará o correto dimensionamento do SHP, assim será adotado uma edificação modelo com dimensionamento seguindo as premissas da IN07/2014/DAT/CBMSC.

3. METODOLOGIA

A planilha eletrônica padronizada, elaborada através do editor de planilhas Microsoft Office Excel, será editada para que ocorra o correto dimensionamento do SHP, em conformidade com as NSCI de Santa Catarina. Sobre o dimensionamento, a planilha eletrônica padronizada foi elaborada seguindo as indicações apresentadas na IN07/2014/DAT/CBMSC, e na NBR 13714/2000, assim como pesquisas relacionadas ao tema no que diz respeito as fórmulas para os cálculos da vazão, velocidade, e perdas de cargas. Conforme apresenta o item 3.1 deste estudo.

A edificação modelo utilizada, possui abastecimento por reservatório superior, com adução gravitacional, sem a utilização de bomba de reforço. Tendo sua caracterização, e dimensionamento, descritos no item 3.2 deste artigo.

Assim, será realizado o dimensionamento desta edificação modelo, utilizando a planilha eletrônica padronizada elaborada neste estudo. Desta forma, será possível atestar a funcionalidade desta planilha ao comparar os resultados obtidos entre o dimensionamento via planilha eletrônica padronizada e o dimensionamento da edificação modelo apresentado pela IN07/2014/DAT/CBMSC.

3.1. DIMENSIONAMENTO DO SHP, CONFORME IN07/2014/DAT/CBMSC

Os critérios exigidos pelas normativas, indicam uma pressão dinâmica mínima a ser respeitada no hidrante menos favorável de acordo com sua classe de risco, o qual deve ser dimensionado através da IN03/2014/DAT/CBMSC. Segundo o Art. 80, da IN07/2014/DAT/CBMSC, a pressão dinâmica no hidrante hidráulicamente menos favorável, medido no requinte, não poderá ser inferior a:

- a) 0,4 kgf/cm² (4 m.c.a.), para edificações de risco leve;
- b) 1,5 kgf/cm² (15 m.c.a), para edificações de risco médio;
- c) 3,0 kgf/cm² (30 m.c.a), para edificações de risco elevado.

Juntamente com a classe de risco, a pressão mínima requerida deve ser dimensionada pelas vazões considerando o uso simultâneo de hidrantes, relacionado a quantidade total de hidrantes dependentes do sistema, conforme o art. 81, da IN07/2014/DAT/CBMSC:

- a) 1 Hidrante: quando instalado 1 hidrante;
- b) 2 Hidrantes: quando instalados de 2 a 4 hidrantes;
- c) 3 Hidrantes: quando instalados 5 ou 6 hidrantes;
- d) 4 Hidrantes: quando instalados 7 ou mais hidrantes.

Segundo o Art. 17, da IN07/2014/DAT/CBMSC, o diâmetro interno mínimo da canalização do Sistema Hidráulico Preventivo deverá ser de 63mm (2.½"). Já o diâmetro mínimo das mangueiras, e dos requintes a serem adotados nos esguichos, obedecerão aos valores da tabela 1, mencionado no Art. 70.

Tabela 1 – Diâmetros de mangueiras e requinte

Risco	Diâmetro Mangueiras	Diâmetro requinte
Leve	38mm (1 ½")	13mm (1/2")
Médio e Elevado	63mm (2 ½")	25mm (1")

Fonte: IN07/2014/DAT/CBMSC.

As vazões dos hidrantes são consideradas na saída do requinte de esguicho das mangueiras. Sendo determinada através da fórmula geral para pequenos orifícios, conforme apresenta a equação 1:

$$Q = C_d \times A \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: C_d = Coeficiente de descarga;

A = Área da seção;

g = Aceleração de gravidade;

h = altura.

O Art. 83, da IN07/2014/DAT/CBMSC, apresenta de forma simplificada a equação 1. Onde é adotado para o cálculo da vazão o coeficiente de descarga (C_d) igual a 0,98, seguindo o Art. 82, e passando a utilizar o diâmetro do requinte em milímetros (mm) como incógnita para a equação. Resultando na seguinte equação para o cálculo da vazão:

$$Q = 0,2046 \times d^2 \times \sqrt{H} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: Q = vazão, [l/min];

d = diâmetro mínimo do requinte do esguicho, [mm];

H = pressão dinâmica mínima, [m.c.a.].

Segundo a NBR 13714/2000, a velocidade máxima da água na tubulação não deve ser superior a 5 m/s, a qual deve ser calculada conforme equação:

$$V = Q/A \quad \text{Equação (3)}$$

Onde: V = velocidade da água, [m/s];

Q = vazão de água, [m³/s];

A = área interna da tubulação, [m²].

Para o cálculo hidráulico das tubulações deve ser executado por métodos adequados, sendo que os resultados alcançados têm que satisfazer a duas equações, conforme preconiza a NBR 13714/2000, sendo essa a fórmula de Colebrook (fórmula universal) e Hazen-Williams.

De acordo com o art. 84, da IN07/2014/DAT/CBMSC, a perda de carga no esguicho deve ser calculada pela seguinte equação:

$$J_e = 0,0396 \times H \quad \text{Equação (4)}$$

Onde: J_e = perda de carga no esguicho, [m.c.a.];

H = pressão dinâmica, [m.c.a.];

Já o art. 85, da IN07/2014/DAT/CBMSC, indica para o cálculo da perda de carga unitária das tubulações e mangueiras, a fórmula de Hazen-Williams:

$$J = \frac{10,65 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde: J = perda de carga unitária da tubulação, [m/m];

Q = vazão, [m³/s];

C = coeficiente de rugosidade de Hazen-Williams - Tabela 2 [adimensional];

D = diâmetro interno do tubo (ou diâmetro nominal – DN), [m].

Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade

Tipo de tubulação	Coeficiente de rugosidade
Ferro fundido e Aço preto	100
Aço galvanizado	120
Mangueiras de incêndio (borracha)	140
Cobre e PVC	150

Fonte: IN07/2014/DAT/CBMSC.

A perda de carga ao longo dos condutos, é resultado do produto entre a perda de carga unitária, calculada através da fórmula de Hazen-Williams, e o comprimento real da tubulação somado com o comprimento equivalente.

Para a perda de carga localizada, pelo método dos comprimentos equivalentes, os valores utilizados foram calculados com base na fórmula de Darcy Weisbach em sua apresentação americana. Estes dados foram calculados para tubulações de ferro e aço, e ainda cobre (AZEVEDO NETTO).

Para a definição dos comprimentos equivalentes das perdas de cargas localizadas para tubulações de PVC, adotou-se valores apresentados por ficha técnica dos produtos da Tigre, encontrada facilmente através do endereço eletrônico da empresa.

O dimensionamento das bombas para o SHP segue a premissa da seção II, da IN07/2014/DAT/CBMSC, que apresenta as fórmulas necessárias para o devido cálculo. Para o dimensionamento das bombas, é necessário determinar alguns fatores, como:

a) Altura manométrica: Segundo a IN, é calculada por equação que envolve a altura geométrica, a perda de carga total na sucção e no recalque, e ainda pela pressão requerida no hidrante menos favorável. Nos casos abrangidos pela planilha eletrônica padronizada, as bombas seriam utilizadas como reforço ao SHP, ou seja, o sistema apresentaria uma pressão dinâmica no hidrante menos favorável, no

entanto a mesma seria inferior a mínima exigida. Desta forma a planilha eletrônica adotaria como altura manométrica para a bomba de reforço, a diferença entre a pressão mínima exigida pela IN e a pressão dinâmica apresentada no hidrante menos favorável;

b) Vazão: A planilha eletrônica adota a equação 2 para o cálculo da vazão da bomba, utilizando para o cálculo o diâmetro de requinte, e a altura manométrica obtida.

c) Potência: Após definida a vazão, e a altura manométrica, o Art. 94 determina a equação 6 para obter a potência da bomba:

$$P_b = (0,37 \times Q \times H_{man})/\eta \quad \text{Equação (6)}$$

Onde: P_b = potência da bomba, [cv];

Q = Vazão da bomba, [m^3/h];

H_{man} = altura manométrica, [m.c.a.];

η = rendimento do conjunto moto-bomba, [%].

A seção III, da IN07/2014/DAT/CBMSC, estabelece critérios de dimensionamento da reserva técnica de incêndio (RTI). Onde consta que a RTI será dimensionada de tal forma que forneça ao sistema uma autonomia mínima de 30 minutos. Com o dimensionamento realizado em relação com a vazão imposta pelo Art. 98 da mesma Instrução Normativa.

3.2. EDIFICAÇÃO MODELO

Para a apresentação do dimensionamento do SHP via planilha eletrônica padronizada, buscou-se o esquema isométrico exposto no detalhe 7, do anexo B, da IN07/2014/DAT/CBMSC, juntamente com seu dimensionamento apresentado no anexo C, da mesma IN. Sendo descrito nos itens 3.2.1 e 3.2.2 a seguir, as características desta edificação, juntamente com o dimensionamento através do método de cálculo simplificado.

3.2.1. Características da edificação modelo

Esta edificação se apresenta sendo predominantemente vertical, com abastecimento por reservatório superior, com adução por gravidade. A tabela 3 descreve as características gerais da edificação, necessárias para o dimensionamento do SHP.

Tabela 3 - Características gerais da edificação modelo

Tipo de Ocupação	Residencial Privativa Multifamiliar
Classe de Risco	Leve
Nº Hidrantes	10 (um por pavimento)
Tubulação RTI ao ponto A	Aço Galvanizado Ø3
Tubulação entre pontos e hidrantes	Aço Galvanizado Ø2.1/2"
Mangueira / Comprimento e Ø	30m - Ø1.1/2"
Distância horizontal entre RTI e Ponto A	6,00m
Distância vertical entre hidrantes	2,80m
Reservatórios de Água	2 Células de 1,70x2,95x1,80m cada

Fonte: IN07/2014/DAT/CBMSC

3.2.2. Dimensionamento SHP, método de cálculo simplificado

O dimensionamento do sistema da edificação modelo, utiliza o método de cálculo simplificado. O roteiro deste cálculo, inicia pelo cálculo da pressão no ponto A, para posterior definição da altura X, finalizando o dimensionamento com a determinação do volume da RTI.

3.2.2.1. Cálculo da pressão no ponto A

Utiliza-se a equação 2 para o cálculo da vazão no hidrante menos favorável. Posteriormente, é determinado a perda de carga total no esguicho, obtido através da equação 4, e a perdas de carga total da mangueira e da tubulação, seguindo a equação 5. O resultado do cálculo da pressão no ponto A, é obtido através da seguinte equação:

$$P_a = H_1 + \Delta J m_1 + \Delta J h_1 + J_e \quad \text{Equação (7)}$$

Esta equação leva em consideração a pressão dinâmica mínima exigida pela IN, a perda de carga total na mangueira, na tubulação, e no esguicho.

O resultado desta equação, adotando os parâmetros da edificação modelo, apresenta a pressão de 5,25 metros de coluna d'água (mca).

3.2.2.2. Cálculo da altura X

A altura X, significa a mínima altura geométrica, entre o RTI e o centro geométrico do hidrante menos favorável. Sendo determinada considerando a soma do comprimento equivalente e real, e ainda a incógnita X. Multiplicando esta soma pela perda de carga unitária da tubulação, determinada através da equação 5, utilizando

a vazão considerando os hidrantes em uso simultâneo, conforme indica a IN07/2014/DAT/CBMSC. Resultando na equação:

$$\Delta Jt = (L_{eq} + L_r + X) \times Jt \quad \text{Equação (8)}$$

A equação 8 apresenta uma incógnita a ser descoberta adiante, através da utilização da pressão no ponto A, já determinada.

$$P_a = X - \Delta Jt \quad \text{Equação (9)}$$

O resultado desta fórmula, indica a altura mínima entre a RTI e o hidrante menos favorável, para que o sistema esteja em total conformidade com as premissas impostas pela IN07/2014/DAT/CBMSC.

Seguindo o roteiro, adotando os parâmetros da edificação modelo, a altura mínima de X determinada é de 6,00 metros (m).

3.2.2.3. Cálculo da reserva técnica de incêndio (RTI)

A RTI, seguindo a IN07/2014/DAT/CBMSC, exige uma autonomia do SHP, de no mínimo 30 minutos, com acréscimo de 2 minutos por hidrantes excedentes a quatro. Desta forma, o volume mínimo para a RTI, é determinada através do resultado entre o tempo de autonomia exigido, multiplicado pela vazão no hidrante mais favorável. Pois se trata de uma edificação de classe de risco leve, caso a edificação apresentasse outra classe de risco, a IN, apresenta outros critérios para determinar o volume mínima da reserva técnica de incêndio.

Apresentando o resultado de 8.111,8 litros, para o mínimo volume de RTI a ser adotado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com as características da edificação, como o trajeto, o diâmetro e o tipo das tubulações e os critérios dos demais componentes integrantes ao SHP definidos pelo projetista no PPCI, faz-se a inclusão dos dados.

Sobre a planilha padronizada, as células sem preenchimento destacadas com contorno, devem ser preenchidas pelo usuário. Nas células com preenchimento cinza, e sem contorno, demonstram dados calculados automaticamente ou indicados como parâmetros. A medida que a edificação é caracterizada, a planilha vai sendo

modificada de forma instantânea. Assim, após inserção dos dados solicitados, haverá o correto dimensionamento do sistema de forma instintiva.

Em suma, a planilha é subdividida em 4 etapas, que se conectam, seguindo ordem de edição, sendo:

- a) Características gerais: Exigem dados referenciais e resultados finais, ou seja, nesta etapa são indicados abastecimento, classe de risco e número total de hidrantes, juntamente com a necessidade ou não de bomba de reforço que será definida automaticamente após a edição completa das etapas;
- b) Trecho Tubulação: Baseado no lançamento inicial do SHP, define-se os pontos iniciais e finais para cada trecho, o tipo, diâmetro, e comprimentos da tubulação, desníveis entre pontos, resultando na velocidade, e pressão ao final do trecho;
- c) Trecho Hidrantes: Nesta etapa identificam-se o ponto Inicial dos trechos que terminam nos hidrantes. A indicação do ponto inicial, faz com que a planilha busque automaticamente a pressão ao final do trecho indicado na etapa do trecho da tubulação, para posterior subtração da perda de carga na tubulação, mangueira, e esguicho, resultando na pressão final de cada hidrante;
- d) Reservatório: Após as etapas anteriores completas, a RTI será calculada automaticamente, havendo a necessidade de indicar a forma do reservatório, o volume total de consumo, e as dimensões, para posterior cálculo da altura útil para o RTI e consumo.

4.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Trata-se da primeira etapa de dimensionamento, seguindo parâmetros característicos da edificação descritos na tabela 3.

Figura 1 - Características gerais da edificação

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1																														
3																														
5																														
7																														
9																														
11																														
12																														
14																														
15																														
17																														
19																														
21																														
23																														

Fonte: Planilha Eletrônica Padronizada, do autor (2015).

Desta forma a Figura 1, apresenta o início do dimensionamento com dados pontuais, explicados como:

a) Abastecimento (Célula G17): Indicação de qual maneira será realizado o abastecimento. Há duas opções possíveis: Castelo D'Água ou Reservatório Superior. Qualquer que for a escolha, serve de caráter informativo, não havendo influência direta no dimensionamento;

b) Classe de Risco (Célula G19): Opção para classificação do risco, de acordo com a carga de fogo, segundo IN03/2014/DAT/CBMSC, podendo ser: Leve, Médio ou Elevado. Tendo esta relação direta para o dimensionamento, pois os principais parâmetros exigidos pelo sistema são relacionados a sua classe de risco, como: Pressão dinâmica mínima, diâmetro mínimo de esguicho, e o cálculo da RTI;

Nº de Hidrantes (Célula G21): Quantidade total de hidrantes abastecidos pelo sistema, exceto o hidrante de recalque. Sendo necessário para o cálculo de vazão do volume da RTI. Desta forma, o nº de hidrantes a ser inserido seria o total abastecido pela mesma RTI;

Caso em uma mesma edificação houver duas prumadas, e duas RTI independentes, ou seja, que não façam qualquer ligação entre si, exceto para o hidrante de recalque, o usuário deve editar planilha eletrônica padronizada com os dados referente a uma prumada de cada vez. No entanto, se houver duas prumadas pela mesma RTI, o dimensionamento pela planilha eletrônica padronizada deve ser realizado contemplando todas as prumadas.

A célula K17, descreverá se o sistema necessita de uma bomba de reforço ou não. Ou seja, caso o SHP configurado pelo usuário apresentar no hidrante menos favorável, pressão dinâmica inferior a mínima requerida, automaticamente a planilha indicará a necessidade de utilização de bomba de reforço. Se caso houver a necessidade, nas células X17, X19, e X21, detalham respectivamente, a altura manométrica, a vazão, e a potência mínima da bomba para que o sistema obedeça a premissa da IN07/2014/DAT/CBMSC.

O diâmetro do esguicho, e a pressão dinâmica nas células P19 e P21, respectivamente, respeitam o que exige a IN07/2014/DAT/CBMSC, relacionados diretamente a classe de risco indicada.

4.2. TRECHO TUBULAÇÃO

Seguindo o dimensionamento, nesta etapa os dados referentes aos trechos das tubulações, lançados pelo projetista, são incorporados para o dimensionamento.

Figura 2–Dados dos trechos das tubulações

TRECHO TUBULAÇÃO												
TRECHO	TUBULAÇÃO					Nº HIDRANTES ABASTECIDOS PELO TRECHO	PERDA DE CARGA UNITÁRIA TUBO	PERDA DE CARGA TOTAL TUBO	DIFERENÇA DE NÍVEL ENTRE PONTOS SOB(-) DESCE(+)	VELOCIDADE DO FLUÍDO NO INTERIOR DA TUBULAÇÃO, DEVE < 5 m/s	PRESSÃO DISPONÍVEL AO FINAL DO TRECHO	
	INICIAL	FINAL	MATERIAL	DIÂM. (Ø)	REAL EQUIV.							
RTI	A	AÇO GALVANIZADO	75 mm	6,00 m	12,40m	10	0,00635 m ² /s	0,0386mca	0,710mca	6,00 m	1,42m/s	5,29mca
A	B	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	9	0,00635 m ² /s	0,0902m/m	0,388mca	2,80 m	2,02m/s	7,70mca
B	C	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	8	0,00635 m ² /s	0,0902m/m	0,388mca	2,80 m	2,02m/s	10,11mca
C	D	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	7	0,00635 m ² /s	0,0902m/m	0,388mca	2,80 m	2,02m/s	12,53mca
D	E	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	6	0,00438 m ² /s	0,0452m/m	0,195mca	2,80 m	1,39m/s	15,13mca
E	F	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	5	0,00438 m ² /s	0,0452m/m	0,195mca	2,80 m	1,39m/s	17,74mca
F	G	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	4	0,00263 m ² /s	0,0176m/m	0,076mca	2,80 m	0,84m/s	20,46mca
G	H	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	3	0,00263 m ² /s	0,0176m/m	0,076mca	2,80 m	0,84m/s	23,19mca
H	I	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	2	0,00263 m ² /s	0,0176m/m	0,076mca	2,80 m	0,84m/s	25,91mca
I	J	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,00 m	4,30m	1	0,00115 m ² /s	0,0038m/m	0,016mca	2,80 m	0,37m/s	28,69mca
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Planilha Eletrônica Padronizada, do autor (2015).

A Figura 2, apresenta a tabela com os dados a serem buscados em projeto onde conste o lançamento da tubulação referente ao SHP, conforme o modelo apresentado no item 2.2 deste estudo, sendo:

- TRECHO (Célula C33:C59 e Célula E33:E59): Um trecho abrange toda tubulação e suas conexões, situadas entre os pontos indicados pelas colunas C e E, demonstrados na Figura 2. Através do lançamento da tubulação, informa-se os pontos iniciais e finais de cada trecho. Um trecho termina onde houver redução do diâmetro, ou material, ou ainda por conexões especiais, como tê, junção, entre outros que posso sugerir a alteração da vazão;
- TUBULAÇÃO, MATERIAL (Célula G33:G59): Há 5 opções, de acordo com a IN07/2014/DAT/CBMSC, sendo: Aço Preto, Aço galvanizado, Cobre, Ferro fundido, ou PVC. Cada opção, apresenta um coeficiente de rugosidade específico, que possui importância significativa na determinação da perda de carga na tubulação;
- TUBULAÇÃO, DIÂMETRO (Célula I33:I59): Segundo a IN07/2014/DAT/CBMSC, há um diâmetro mínima que precisa ser respeitado, sendo este de 63mm, exceto para as tubulações de cobre que podem ser 54mm;

cálculo, se a tubulação do trecho no ponto inicial estiver em um certo nível, ao chegar no ponto final deste mesmo trecho, define-se a diferença entre o nível inicial e o final. Assim, com os dados descritos, devidamente incluídos, a coluna relacionada a velocidade e a pressão serão preenchidas instintivamente.

4.3. TRECHO HIDRANTES

Nesta etapa os dados referentes aos trechos dos hidrantes, serão considerados, conforme tabela 3.

Figura 4 –Dados dos trechos dos hidrantes

TRECHO HIDRANTES													
TRECHO	TUBULAÇÃO	VAZÃO	MANGUEIRA	PERDA DE CARGA TOTAL			DIFERENÇA DE NÍVEL ENTRE PONTOS SOBRE(-) DESCE(+)	PRESSÃO DISPONÍVEL AO FINAL DO TRECHO					
				INICIAL	FINAL	MATERIAL			DIÂM. (Ø)	REAL	EQUIV.	COMPR.	ESGUICHO
A	HD-01	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	15,04m	0,158mca	1,010mca	0,058mca	0,00 m	4,06mca	
B	HD-02	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	6,48mca	
C	HD-03	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	8,89mca	
D	HD-04	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	11,30mca	
E	HD-05	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	13,91mca	
F	HD-06	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	16,51mca	
G	HD-07	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	19,24mca	
H	HD-08	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	21,96mca	
I	HD-09	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	24,69mca	
J	HD-10	0,00115 m³/s	30 m	AÇO GALVANIZADO	63 mm	0,20 m	14,14m	0,158mca	1,010mca	0,055mca	0,00 m	27,47mca	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fonte: Planilha Eletrônica Padronizada, do autor (2015).

A Figura 4, apresenta a tabela com os dados de projeto, sendo:

- a) TRECHO (Célula C73:C101 e Célula E73:E101): No trecho inicial, indica-se o ponto onde a tubulação abastece o trecho dos hidrantes, ou seja, o ponto final da tubulação citado na segunda etapa. Desta forma a planilha busca a pressão calculada nesse ponto. Tendo o trecho final a nomeação do hidrante, seguindo o projeto;
- b) TUBULAÇÃO (Célula G73:G101, I73:I101, K73:K101, M73:M101): Da mesma maneira informada na etapa anterior. Este trecho refere-se a distância entre o ponto inicial até o hidrante, incluindo, registros e redução;
- c) MANGUEIRA, COMPRIMENTO (Célula R73:R101): A IN07/2014/DAT/CBMSC, limita os comprimentos totais de mangueiras, entre: 15m, 20m, 25m ou 30m;

d) DIFERENÇA DE NÍVEL ENTRE PONTOS (Célula Z73:Z101): Seguindo o mesmo conceito aplicado na segunda etapa, se a tubulação do trecho no ponto inicial estiver em um certo nível, ao chegar no ponto final deste mesmo trecho, define-se a diferença entre o nível inicial e o final.

Ao final da terceira etapa, tem-se o resultado da vazão e pressão nos hidrantes menos e mais favoráveis. A figura 5 apresenta os resultados.

Figura 5 –Hidrantes menos e mais favoráveis

	DESCRİÇÃO	PRESSÃO	VAZÃO		DESCRİÇÃO	PRESSÃO	VAZÃO
				HIDRANTE MAIS FAVORÁVEL			
105					HD-10	27,47mca	181,23 l/min
107	HIDRANTES MENOS FAVORÁVEIS	HD-01	4,06mca				
109		HD-02	6,48mca				
111		HD-03	8,89mca				
113		HD-04	11,30mca				

Fonte: Planilha Eletrônica Padronizada, do autor (2015).

4.4. RESERVATÓRIO

Após seguir as etapas subsequentes, o reservatório apresenta-se definido, o seu tempo de autonomia, e o volume mínimo da RTI. Cabe-se ao projetista informar o tipo do reservatório, o volume do consumo, o número de células, e as dimensões.

Figura 6–Dados referente ao reservatório

RESERVATÓRIO			
AUTONOMIA DA RTI (TEMPO DE USO)		VOLUME DA RTI	
$T = 30 + (N \times 2)$	N = Número de hidrantes excedentes a 4;	RTI mínima = T × Q	Q = Vazão;
T = 42 min		RTI mínima = 7700 litros	
RESERVATÓRIO		DIMENSÕES POR CÉLULA	
TIPO RESERVATÓRIO	SEÇÃO RETÂNGULAR	A=LARGURA	2,95 m
Nº DE CÉLULAS	2	B=COMPRIMENTO	1,70 m
VOLUME CONSUMO POR CÉLULA	3.750 litros	H=ALTURA ÚTIL	1,80 m
VOLUME MÍNIMO DE RTI POR CÉLULA	3.850 litros	Hc = ALTURA CONSUMO	0,75 m
VOLUME TOTAL POR CÉLULA	7.600 litros	H RTI = ALTURA RTI	0,77 m
VOLUME TOTAL CONSUMO	7.500 litros		
VOLUME TOTAL RTI	7.700 litros		
VOLUME TOTAL	15.200 litros		

Fonte: Planilha Eletrônica Padronizada, do autor (2015).

A Figura 6, apresenta os dados referente ao reservatório. Seguindo a tabela 3, e a edificação modelo da IN07/2014/DAT/CBMSC. Desta forma, os dados incluídos referem-se a:

- a) TIPO RESERVATÓRIO (Célula I134): O tipo de reservatório, indicada a forma geométrica onde a água será reservada. Nesta situação, há três possibilidades possíveis: Reservatório do tipo de seção cônica, seção retangular, ou circular. Sendo a seção cônica, usualmente, os reservatórios de fibra de vidro, e os retangulares e circulares, executados em concreto armado ou metálico. Qualquer que for a situação, os cálculos para o volume e altura de consumo e RTI, serão adequados a sua forma;
- b) Nº DE CÉLULAS (Célula I136): Devido a possibilidade de dividir o reservatório em duas partes, o usuário deve colocar a quantidade presente na edificação;
- c) DIMENSÕES: Apresenta-se a possibilidade de dimensionar o reservatório para qualquer dimensão, havendo possibilidade de dividir o reservatório em mais de uma célula. O cálculo para o volume de consumo e RTI, juntamente com a altura da saída das canalizações, respeitará as indicações já citadas, variando de acordo com as características de cada edificação.

4.5. COMPARATIVO ENTRE DIMENSIONAMENTOS

Foram analisados alguns pontos importantes de comparação entre os resultados obtidos pela planilha eletrônica padronizada e o dimensionamento do SHP via método de cálculo simplificado apresentado no item 3.2.2. Na tabela 4 foram listados alguns valores que apresentaram diferenças entre ambos os cálculos.

Tabela 4 - Análise comparativa entre resultados.

	Método de cálculo simplificado	Planilha Eletrônica Padronizada	Diferença
Vazão - Trecho RTI ao Ponto A	0,00647 m ³ /s	0,00635 m ³ /s	0,00012 m ³ /s
Perda de carga unitária tubulação (Ø75mm) - Trecho RTI ao Ponto A	0,0407 m/m	0,0386 m/m	0,0021 m/m
Perda de carga unitária tubulação (Ø63mm) - Trecho hidrante HD-01	0,0039 m/m	0,0038 m/m	0,0001 m/m
Perda de carga total da mangueira	1,029 mca	1,010 mca	0,019 mca
Pressão no ponto A	5,25 mca	5,29 mca	0,04 mca
Pressão hidrante menos favorável	4,00 mca	4,06 mca	0,06 mca
Pressão hidrante mais favorável	31,20 mca	27,47 mca	3,73 mca
Vazão hidrante mais favorável	193,14 l/min	181,23 l/min	11,91 l/min
Volume da RTI	8.111,8 litros	7.611,5 litros	500,3 litros

Fonte: do Autor.

Em relação ao comparativo das vazões, justifica-se tal diferença pela adoção do método de cálculo simplificado. Neste cálculo as vazões são obtidas pela equação 2, onde a pressão dinâmica aplicada para o cálculo é adotada em relação a pressão dinâmica mínima para o hidrante menos desfavorável, e para os subsequentes soma-se a altura entre pavimentos, ignorando as possíveis perdas de cargas. O que não ocorre na planilha padronizada, onde os cálculos são apresentados trecho a trecho, descontando suas perdas de cargas até resultar na pressão e vazão real, nos hidrantes menos favoráveis.

A diferença entre a perda de carga unitária das tubulações e da mangueira, é justificada pelo arredondamento utilizado pelo exemplo de cálculo simplificado, ao deduzir a fórmula da equação 5 em função apenas da vazão.

Devido estas diferenças encontradas nas vazões e nas perdas de cargas, o resultado das pressões também apresenta disparidade. A pressão no hidrante menos favorável apresenta pequena variação, diferentemente da pressão no hidrante mais favorável onde a variação encontrada se relaciona diretamente com o volume da RTI, o que justifica a diferença entre ambos os cálculos.

5. CONCLUSÃO

Devido ao sistema ser abastecido por adução gravitacional, a altura geométrica é uma função determinante para estabelecer a pressão dinâmica nos hidrantes. Devido a isto, algumas edificações exigem que a estrutura do reservatório seja muito elevada, o que encarece a implantação do SHP. Por isso o correto dimensionamento é essencial, pois um pequeno erro pode acarretar em grandes prejuízos.

Estabelecendo uma comparação entre os métodos de cálculos, a planilha padronizada apresenta resultados mais precisos, o que proporciona maior eficiência ao sistema. O dimensionamento do sistema cumpre a premissa da IN07/2014/DAT/CBMSC, em todos os seus requisitos.

Como recomendações para trabalhos futuros, a possibilidade de elaborar planilha para o dimensionamento do tipo de abastecimento por reservatório inferior por adução por bombas. Assim como analisar o dimensionamento utilizando diferentes edificações afim de corroborar a funcionalidade desta planilha para qualquer edificação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio - NBR 13714**. 2000.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de Hidráulico**. 8ª Edição. Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo-SP, 1998.

BRENTANO, Telmo. **Instalações Hidráulicas de Combate a incêndios nas Edificações**- 3ª Edição – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Sistema Hidráulico Preventivo - IN 007**. 2014.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Da Atividade Técnica - IN 001**. 2015.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. – 5ª Edição - Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1991.

GOMES, Ary Gonçalves. **Sistema de Prevenção Contra Incêndios: Sistemas hidráulicos, sistemas sob comando, rede de hidrantes e Sistema automático**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.