

NORMALIZAÇÃO DA TECNOLOGIA MULTICAMADAS PARA GÁS: OS SEGREDOS POR TRÁS DAS PAREDES

Standardization of gas multilayer technology: the secrets behind walls

Eduardo Henrique Ribeiro

Aspirante Bombeiro Militar do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Email: eduardoh@cbm.sc.gov.br

RESUMO

A tecnologia multicamadas apresentou-se ao mercado da construção civil como uma evolução dos sistemas prediais de gás canalizado, reduzindo custos e tempo para sua execução. Para o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), trouxe a preocupação de definir quais os requisitos mínimos a serem atendidos para que seu uso seja feito de maneira segura. Este artigo é uma revisão bibliográfica sobre o tema em que são apresentadas as razões dos requisitos que foram definidos pelo CBMSC em sua IN008/DAT/CBMSC – Instalação de gás combustível (GLP e GN) para os sistemas multicamadas para gás. Com base em fundamentos técnico-científicos que envolvem termodinâmica, transferência de calor, mecânica e físico-química e no conteúdo de normas estrangeiras e internacionais que tratam sobre o tema, verificou-se que os requisitos da IN008/DAT/CBMSC buscam garantir aos sistemas multicamadas para gás proteção térmica contra temperaturas extremas que possam ocorrer em incêndios, proteção mecânica contra esforços e impactos que o sistema possa sofrer e proteção contra a radiação ultravioleta, que é capaz de degradar as camadas plásticas de polietileno que compõem o sistema.

Palavras-chave: Normalização. Rede predial de gás. Sistema multicamadas. Fundamentos.

ABSTRACT

The multilayered technology presented itself to the construction market as an evolution of the piped gas building systems, reducing costs and time for its execution. For the Military Fire Department of Santa Catarina (CBMSC), the concern has been to define the minimum requirements to be met for its use to be done safely. This article is a bibliographical review on the theme in which the reasons for the requirements that were defined by the CBMSC in its IN008/DAT/CBMSC - Fuel gas installation (LPG and GN) for multilayer gas systems. Based on technical-scientific fundamentals involving thermodynamics, heat transfer, mechanical and physico-chemical, and the content of foreign and international standards dealing with the subject, it was verified that the IN008/DAT/CBMSC requirements seek to guarantee for multilayers gas systems thermal protection against extreme temperatures that may occur in fires, mechanical protection against stresses and impacts that the system may suffer and protection against ultra violet radiation, which is capable of degrading the plastic layers of polyethylene that make up the system.

Keywords: Standardization. Gas piping system. Multilayer system. Fundamentals.

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, a busca por novos materiais, equipamentos e técnicas que proporcionem melhorias nos processos de produção é contínua, surgindo rapidamente novas opções para esse mercado. Dentre estas inovações, surgiram as tubulações multicamadas para redes prediais de gás canalizado, que consistem em tubos e conexões compostos por camadas de diferentes tipos de materiais, associando suas características em um só sistema. As principais vantagens desta tecnologia são a facilidade e a rapidez na sua montagem, decorrentes da baixa necessidade de conexões. Isso se deve à maleabilidade dos tubos que permite realizar curvas sem o uso de peças intermediárias, diferentemente dos sistemas tradicionais de tubos rígidos. Essas vantagens favorecem a redução de custos e do cronograma de execução do sistema, tornando esta opção bastante atraente à construção civil.

Entretanto, o quesito segurança também deve ser levado em consideração. O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) é o órgão responsável pela regulação e fiscalização dos sistemas prediais de gás canalizado no estado catarinense. Os requisitos impostos pelo órgão estão previstos na Instrução Normativa (IN) 008/DAT/CBMSC – Instalação de gás combustível (GLP e GN) (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2018). O uso dos tubos multicamadas para gás começou a ser admitido pelo CBMSC na versão de 2014 da IN008/DAT/CBMSC (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2014), apenas nos trechos da rede predial de gás primária localizados externamente à projeção vertical das edificações. Somente com a atualização da norma em 2018, após diversas solicitações de interessados e consultas públicas, é que a norma passou a admitir o uso da tecnologia multicamadas para gás também no interior das edificações, nas redes secundárias. Nesses trechos, a norma exige que os sistemas multicamadas para gás adentrem as unidades habitacionais embutidos no contrapiso da laje, que nas paredes possuam apenas trechos verticais envelopados e embutidos até o ponto de consumo e que possuam a conexão com a válvula de corte do ponto de consumo constituída de material metálico. A norma ainda é bem clara ao vedar a instalação dos tubos multicamadas para gás no teto, em trechos horizontais de paredes ou de forma aparente.

Mas, para que fossem permitidos esses usos das tubulações multicamadas para gás, como foram definidos esses requisitos da IN008/DAT/CBMSC? Quais fundamentos técnicos e científicos os justificam? Existem outras referências normativas que também prevejam essas exigências? Neste artigo são apresentadas as respostas dessas questões que auxiliarão a compreender as exigências da IN008/DAT/CBMSC, publicada em 2018, referentes aos sistemas multicamadas para gás.

2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA MULTICAMADAS PARA REDES PREDIAIS DE GÁS CANALIZADO

Conforme se apresenta na Figura, os sistemas multicamadas são basicamente constituídos de cinco camadas (CICHINELLI, 2014):

- camada interna de polietileno (PE) ou de uma de suas variações;
- camada de adesivo que une a camada interna e a alma de alumínio;

- camada (ou alma) de alumínio;
- camada de adesivo que une a camada externa e a alma de alumínio; e
- camada externa de polietileno (PE) ou de uma de suas variações.

Figura 1 - Estrutura de tubulações multicamadas para gás



Fonte: modificado de Cichinelli (2014).

As camadas plásticas e a camada de alumínio dos tubos multicamadas para gás possuem função estrutural do sistema, enquanto que as camadas adesivas servem apenas para a junção das outras camadas entre si. Além da função estrutural, as camadas plásticas possuem função de vedação e proteção contra corrosão e a camada de alumínio possui as funções de barrar o oxigênio do contato com o interior do tubo e garantir a rigidez mecânica do elemento, mantendo a curvatura aplicada ao tubo (CICHINELLI, 2014). Com a junção desses elementos, a principal característica do sistema é a sua maleabilidade, que permite moldar o percurso dos tubos manualmente, sem a necessidade de conexões.

A maioria dos fabricantes de sistemas multicamadas para gás produzem seus produtos de acordo com normas estrangeiras e internacionais, cujos valores máximos de temperatura de operação situam-se na faixa dos 60º C (AUSTRALIAN STANDARDS, 1994; GASTEC, 2007; INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2014).

3 REQUISITOS DA IN008/DAT/CBMSC REFERENTES AOS SISTEMAS MULTICAMADAS PARA GÁS

A versão da IN008/DAT/CBMSC publicada no ano de 2018 prevê os seguintes requisitos para as tubulações multicamadas para gás:

Art. 44. As tubulações multicamadas ou de polietileno (PE80 ou PE100), quando utilizadas em redes de distribuição de gás primárias, devem:

I – ser utilizadas somente em redes externas às projeções verticais das edificações;

II – possuir caixa de inspeção na transição entre as tubulações (metálica/não metálica) de 25 x 30 cm com tampa metálica na cor vermelha;

III – estar enterradas a 60 cm de profundidade e possuir envelopamento em concreto ou com sobreposição de placas de concreto com dimensões de 5x20x50 cm para a proteção mecânica da tubulação enterrada.

Parágrafo único. Não se admite tubulações multicamadas e de polietileno (PE80 ou PE100), instaladas aparentes ou aéreas, quando utilizadas em redes de distribuição de gás primárias.

Art. 45. As tubulações multicamadas, quando utilizadas em redes de distribuição de gás secundárias, devem:

I – ser embutidas no contrapiso da laje;

II – possuir apenas trecho vertical, envelopado e embutido nas paredes, para a ligação no ponto de consumo;

III – ter a conexão com a válvula de corte do ponto de consumo em material metálico.

Parágrafo único. Não é permitida a instalação de tubulação multicamadas no teto, em trechos horizontais de paredes ou de forma aparente. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2018)

Estes requisitos possuem a função de garantir a proteção dos sistemas multicamadas para gás contra três potenciais agentes causadores de danos às suas estruturas: temperatura, radiação ultravioleta e impactos e esforços mecânicos. Os fundamentos envolvidos nas exigências desses requisitos são apresentados nos itens 3.1, 3.2 e 3.3 a seguir.

3.1 PROTEÇÃO TÉRMICA

A temperatura máxima de operação dos sistemas multicamadas para gás (cerca de 60° C) encontra-se bem abaixo das temperaturas de fusão do PE e do alumínio que compõem o sistema, que podem variar de 115° C à 135° C para as variações do PE e tem valor de 660° C para o alumínio (CALLISTER, 2008). Observa-se que o material plástico é o fator crítico do sistema, pois, pela ação térmica, será o primeiro a derreter com o aumento da temperatura em um incêndio, sofrendo danos capazes de promover vazamento de gás.

Tanto a temperatura máxima operação dos sistemas multicamadas para gás quanto as temperaturas de fusão dos materiais plásticos que os compõem são inferiores aos valores de temperatura que podem ocorrer na atmosfera de incêndios confinados, que chegam a centenas de graus Celsius. Para efeito de comparação, no Brasil, para aumentar a segurança contra os efeitos da temperatura no caso de incêndios, os projetos de elementos estruturais e não estruturais de edificações considera o uso da curva de incêndio-padrão, cuja temperatura assume valores acima de 500° C nos primeiros cinco minutos de ensaio e ultrapassa os 1000° C após 120 minutos do início do ensaio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, 2000, 2004). Por esse motivo a IN008/DAT/CBMSC proíbe a instalação das tubulações multicamadas de forma aparente nas redes secundárias, pois a temperatura ocorrida em um incêndio no interior da edificação, poderia ultrapassar a temperatura máxima de operação do sistema, bem como a temperatura de fusão do PE, causando danos físicos à estrutura dos tubos que poderiam gerar vazamento de gás.

Para promover proteção térmica contra incêndios aos sistemas multicamadas, o embutimento em alvenaria se apresenta como uma solução bastante viável. Cavallazzi (2012) observou que a tubulação instalada em uma parede com embutimento de 3,0 cm em argamassa de cimento não sofreu danos físicos decorrentes da ação térmica de um incêndio simulado no interior de um ambiente cuja temperatura chegou a aproximadamente 700° C próximo ao teto. As tubulações se mantiveram íntegras e tal resultado é associado à baixa taxa de condução de calor da argamassa, que segundo alguns autores é da ordem de $0,72 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (INCROPERA, et al., 2008; ÇENGEL; GHAJAR, 2012). Por isso, não houve uma elevação tão expressiva da temperatura no interior das paredes quanto na atmosfera incendiada que pudesse causar danos à tubulação embutida. Essa barreira térmica é reconhecida e adotada pela norma italiana UNI TS 11343 (ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE, 2009) que determina um embutimento mínimo de 20 mm para tubos multicamadas para gás em argamassa de cimento em ambientes internos e 30 mm onde haja um risco elevado de incêndio. Essas constatações embasam os requisitos da IN008/DAT/CBMSC que exigem que todos os trechos da rede predial de gás secundária constituídos por tubulações multicamadas estejam embutidos no piso ou nas paredes. Não há na IN008/DAT/CBMSC uma especificação de espessura mínima de embutimento, porém, os padrões construtivos brasileiros garantem uma espessura segura para o sistema, composta por camadas de preenchimento dos sulcos onde a tubulação está embutida, reboco e emboço de paredes e, em muitos casos, cerâmicas, que são capazes de garantir um bom nível de segurança no caso da ocorrência de incêndios. Além disso, seria operacionalmente inviável para vistoriadores a conferência de uma espessura mínima de embutimento durante as vistorias, realizadas após o término das obras.

A IN008/DAT/CBMSC proíbe a instalação dos sistemas multicamadas de forma aérea e no teto. Os resultados do estudo de Cavallazzi (2012) reforçam essa exigência. Foram constatados danos físicos nas camadas externas dos tubos multicamadas instalados de forma aérea (aparentes e próximo ao teto) após serem submetidos a uma simulação de incêndio, verificando-se derretimento da camada de PE externa. Tal resultado associa-se à exposição da tubulação às maiores temperaturas do ambiente, situadas em seu ponto mais alto, na atmosfera próxima ao teto, que chegou à aproximadamente 700° C. Devido à diferença de densidades, os gases com maior temperatura tendem a subir em relação aos com menores temperaturas, concentrando-se nas partes superiores.

Ribeiro (2017) simulou computacionalmente a temperatura no interior da parede em que estavam embutidas tubulações multicamadas de outra das simulações de Cavallazzi (2012). Segundo seus resultados, estimou que a temperatura máxima a que o sistema multicamadas foi submetido tenha sido de 96° C, no ponto mais alto da instalação, a 70 cm do piso acabado, com embutimento de 3,0 cm em argamassa de cimento. Mesmo não sendo atingida a temperatura de fusão do PE (situada entre 115 e 135° C), a temperatura estimada é superior à temperatura máxima de operação do sistema multicamadas (cerca de 60° C). Além disso, a altura considerada na avaliação é relativamente baixa quando comparada ao pé direito de edificações residenciais verticais, que pode variar entre 2,50 e 3,00 m, alturas em que ocorreriam as

maiores temperaturas. A 70 cm do piso, a temperatura da atmosfera incendiada, que atingiu cerca de 430° C, foi capaz de elevar consideravelmente a temperatura no interior da parede (cerca de 76° C num período de aproximadamente 30 minutos) e presume-se que, próximo ao teto, onde a temperatura da atmosfera incendiada chegou próximo aos 700° C, fosse capaz da temperatura no interior da parede ultrapassar a temperatura de fusão do PE. Com isso, entende-se porque a IN008/DAT/CBMSC proíbe a instalação de tubulações multicamadas nos pontos mais elevados dos ambientes internos, pois as temperaturas nesses locais serão as mais elevadas em um ambiente incendiado e, mesmo com a proteção térmica do embutimento em alvenaria, na ocorrência de temperaturas extremas, o sistema multicamadas poderia ser danificado. A exigência é que a tubulação adentre as unidades habitacionais embutidas no piso e que as paredes possuam apenas trechos verticais do piso até os pontos de consumo, pois o nível do piso seria o local com as menores temperaturas e nas paredes seriam minimizados os trechos submetidos às maiores temperaturas.

Cavallazzi (2012) também verificou danos nas faces expostas dos terminais de interconexão com os aparelhos de consumo. Essas peças compunham-se de material plástico que estava em contato com a atmosfera aquecida. As partes plásticas foram derretidas e o monitoramento da pressão interna da tubulação indicou a ocorrência de vazamento do gás interior. Por isso, a IN008/DAT/CBMSC exige que a conexão com a válvula de corte do ponto de consumo seja realizada exclusivamente com peças metálicas, pois suas temperaturas de fusão são maiores e fornecem maior segurança ao sistema no caso de um incêndio. Esta mesma exigência é verificada nas normas italiana UNI/TS 11343 (ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE, 2009) e australiana e neozelandesa AS/NZS 5601 (AUSTRALIAN/NEW ZEALAND STANDARD, 2010).

Cabe ressaltar que mesmo havendo preocupação com a segurança do sistema multicamadas perante incêndios em edificações, o ponto crítico dos atuais sistemas de gás canalizado brasileiros seriam as mangueiras plásticas comumente utilizadas na interconexão entre o sistema predial ou recipientes de armazenamento de gás combustível (botijões domésticos) e os aparelhos de consumo pois estarão diretamente expostas às condições do ambiente incendiado. Embora devam ser projetadas para resistir a temperaturas de até 120° C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999), o dobro da temperatura máxima de operação dos sistemas multicamadas para gás, ainda assim as temperaturas de ambientes fechados incendiados poderiam ultrapassar esse valor e a tubulação multicamadas embutida no piso ou nas paredes possuiria uma proteção térmica maior. Desta forma, não seria lógico proibir a utilização do sistema multicamadas para gás sendo que há um elo mais frágil que compõe o sistema. Neste contexto, dispositivos de segurança como válvulas de bloqueio de fluxo instalados na rede predial de gás podem ser alternativas interessantes a serem consideradas em futuras atualizações da IN008/DAT/CBMSC.

3.2 PROTEÇÃO CONTRA A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Outro ponto a ser considerado na normalização dos sistemas multicamadas para gás é a fotodegradação do PE na presença de oxigênio e de radiação ultra violeta (UV). Nessas condições, é natural o desenvolvimento de processos de oxidação, reticulação e cisão das cadeias poliméricas do PE, tendo em vista tratar-se de um polímero orgânico não estabilizado (FECHINE; SANTOS; RABELLO, 2006). Os principais efeitos degradativos sobre o material são descoloração, perda da resistência mecânica ao impacto e à tração e fissuramento, que pode atingir camadas mais profundas do material, principalmente quando submetido a tensões externas, mesmo não havendo incidência direta da radiação UV nas partes internas (RIBEIRO, 2004). Neste sentido, a alma de alumínio que compõe o sistema multicamadas possui a importante função de barrar o contato do oxigênio da atmosfera com a camada interna de PE (CICHINELLI, 2014), eliminando um dos reagentes envolvidos nesses processos e impedindo a degradação da camada interna.

Mesmo assim, algumas normas determinam expressamente a proteção contra a radiação UV, como a ISO 17484-2, a norma internacional que recomenda práticas de instalação dos sistemas multicamadas para gás (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2009).

Na IN008/DAT/CBMSC, essa proteção é garantida pela proibição da instalação do sistema multicamadas de maneira aparente, especialmente na rede primária, onde só é permitida sua instalação fora da projeção vertical da edificação. Esta área caracteriza-se por ambientes abertos, sujeitos à incidência de radiação UV, sendo permitida a instalação do sistema multicamadas apenas de maneira enterrada no solo (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2018).

Aditivos estabilizantes podem ser adicionados à estrutura do PE como forma de inibir ou retardar os efeitos degradantes da radiação UV (RIBEIRO, 2004; FECHINE; SANTOS; RABELLO, 2006). Isso vem sendo desenvolvido por alguns fabricantes de sistemas multicamadas para gás que têm denominado essas variações como tubos multicamadas pretos. Com isso, indicam que o sistema possa ser instalado de forma aparente, tendo garantida vida útil de até 25 anos. O desenvolvimento dessa variação seria mais um passo para a evolução do sistema e, se for consolidado no mercado, poderá ser motivo de revisão de normas sobre sistemas multicamadas para gás.

3.3 PROTEÇÃO MECÂNICA

Ao mesmo tempo que a maleabilidade dos tubos multicamadas confere a vantagem de realizar mudanças de direção sem a necessidade de realizar conexões, acelerando sua instalação, exige também uma maior preocupação com a proteção mecânica do sistema, pois se torna muito mais susceptível a deformações e rompimentos decorrentes de impactos e esforços mecânicos quando comparado a sistemas tradicionais de tubos rígidos, como os metálicos, adotados nas instalações aparentes por serem mais resistentes.

Na rede primária, nos trechos externos à projeção vertical das edificações, a IN008/DAT/CBMSC prevê essa proteção com a exigência de instalar o sistema multicamadas enterrado a 60 cm de profundidade, com envelopamento de

concreto ou sobreposição de placas de concreto (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2018). Esta profundidade mínima está relacionada com a distribuição de tensões no solo. Ao se aplicar uma tensão na superfície do solo, há uma "diluição" lateral desta tensão diretamente proporcional à profundidade do solo. Portanto, quanto maior a profundidade, menor será a intensidade das tensões resultantes de uma força aplicada na superfície (PINTO, 2006).

Nas redes primárias, a principal carga a se considerar é o tráfego de veículos, pois é comum que a instalação das redes prediais de gás passe por garagens ou vias internas de condomínios. Para efeito de comparação, para redes de coleta e transporte de esgoto sanitário, a profundidade mínima indicada é de 0,90 m para coletores instalados sob as vias de tráfego, sujeitas a maiores intensidade e frequência de tensões, e de 0,65 m para coletores assentados sob o passeio público, menos sujeitos a esforços (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986) e que se aproximam mais da realidade das instalações prediais de gás canalizado.

Nas redes secundárias, essa proteção mecânica é garantida com a exigência da instalação dos sistemas multicamadas apenas de forma embutida em pisos e paredes, protegendo-os de impactos que podem sofrer com o trânsito dos moradores ou movimentação de objetos no interior das edificações.

4 CONCLUSÃO

Os processos de normalização tem como objetivo estabelecer prescrições ao uso repetitivo e comum de certo produto, processo ou serviço, com vistas a garantir uma ordem em um dado contexto, buscando a solução de problemas existentes ou potenciais com a adequação do usufruto às condições para as quais foram concebidos. Devem ainda aliar as necessidades e a segurança de consumidores com o desenvolvimento econômico de produtores e prestadores.

São essas as premissas de normalização que o CBMSC buscou seguir ao atualizar a IN008/DAT/CBMSC, permitindo e indicando como realizar de forma segura a utilização dos sistemas multicamadas para gás em edificações. Ao mesmo tempo que manteve o foco na garantia de segurança da população, preocupando-se em garantir a proteção térmica do sistema multicamadas para gás contra incêndios, exigindo seu embutimento em pisos e paredes nas redes secundárias, sua proteção contra os efeitos degradantes da radiação UV ao proibir sua instalação de maneira aparente e sua proteção mecânica, exigindo que estejam enterrados à uma profundidade segura ou embutidos em elementos rígidos, levou também em consideração o desenvolvimento do setor da construção civil, que conseguiu com o sistema multicamadas uma evolução nos sistemas prediais de gás canalizado.

A definição dos requisitos de segurança para sistemas multicamadas para gás da IN008/DAT/CBMSC baseou-se em fundamentos técnicos e científicos, avaliando princípios básicos de termodinâmica, transferência de calor, físico-química e mecânica, além de levar em consideração referências normativas estrangeiras e internacionais que tratam sobre o tema, verificando o que determinam e conferindo se o que foi imaginado para a regulação catarinense condiz com as exigências realizadas por entidades normalizadoras de outros países.

Por fim, cabe ressaltar que a IN008/DAT/CBMSC demonstrou a necessidade da revisão e atualização periódica dos processos de normalização. Embora os sistemas multicamadas para gás já estivessem disponíveis há alguns anos no mercado, sua previsão na norma do CBMSC só se concretizou em 2014, nas redes prediais de gás primárias, sendo posteriormente estendida para as redes secundárias em 2018, após solicitações de interessados e processos de consulta pública. Isso é um reflexo do acompanhamento que as normas devem ter com a evolução de novos produtos, processos e serviços, garantindo segurança sem ser um entrave ao desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10636**: Paredes divisórias sem função estrutural - Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8613**: Mangueira de PVC plastificado para instalações domésticas de gás liquefeito de petróleo (GLP). Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432**: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15200**: Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2004.

AUSTRALIAN STANDARDS, **AS 4176**. Polyethylene/aluminium and cross-linked polyethylene/aluminium macro-composite pipe systems for pressure applications. Sidney, 1994.

AUSTRALIAN/NEW ZEALAND STANDARD. **AS/NZS 5601**. Gas installations. Part 1: General installations. Sidney, 2010.

ÇENGEL, Y.A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 904 p.

CALLISTER, W. D. J. **Ciência e engenharia de materiais**: uma introdução. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 705 p.

CAVALLAZZI, J. V. P. **Avaliação da resistência ao calor das tubulações fabricadas em termoplásticos para condução de gases combustíveis**: proposta de ensaio. Florianópolis, 2012. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro de Ensino Bombeiro Militar, Florianópolis, 2012.

CICHINELLI, G. Como construir – Instalação de gás com tubos PEX multicamada. **Téchne**, São Paulo, n. 213, dez. 2014. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/213/artigo335230-1.aspx>>. Acesso em: 30 maio 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Instrução Normativa 008/DAT/CBMSC. Instalações de gás combustível (GLP e GN). 2014. 96 f. Disponível em: <http://www.cbm.sc.gov.br/dat/images/arquivo_pdf/IN/IN_29_06_2014/IN_008.pdf>. Acesso em: 25 maio 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Instrução Normativa 008/DAT/CBMSC. Instalação de gás combustível (GLP e GN). 2018. 24 f.

Disponível em:

<https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_29_06_2014/IN_008_I_GC_31jan2018.pdf>. Acesso em: 25 maio 2018.

ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE. **UNI/TS 11343**. Impianti a gas per uso domestico - Impianti di adduzione gas per usi domestici alimentati da rete di distribuzione, da bidoni e serbatoi fissi di GPL, realizzati con sistemi di tubazioni multistrato metallo-plastici - Progettazione, installazione e manutenzione. Milão, 2009.

FECHINE, G. J. M.; SANTOS, J. A. B.; RABELLO, M. S. Avaliação da fotodegradação de poliolefinas através de exposição natural e artificial.

Química Nova, São Paulo, v. 29, n. 4, jul./ago. 2006. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000400009>. Acesso em: 24 abr. 2018.

GASTEC. **Gastec QA approval requirements 198**: Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar. Apeldoorn, 2007.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 17484-2**. Plastics piping systems — Multilayer pipe. systems for indoor gas installations — Part 2: Code of practice. Geneva, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 17484-1**. Plastics piping systems — Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa) — Part 1: Specifications for systems. Geneva, 2014.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2006.

RIBEIRO, M. V. **Procedimentos para avaliação da degradação de reservatórios de polietileno para água potável expostos às intempéries**. São Paulo, 2004, 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-17092004-145545/publico/maisedissertacao.pdf>>. Acesso em: 6 mai. 2018.

RIBEIRO, E. H. **Estudo sobre a normalização de sistemas multicamadas para redes prediais de gás canalizado**. Florianópolis: CEBM, 2017. 78 p. Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais, 2017.