



AVALIAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE TUBOS DE POLIETILENO PARA RAMAIS E REDES DE ÁGUA E ESGOTO SOB PRESSÃO

Giulianna Thereza Alves Listo⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Pará, MBA em Gestão de Projetos (USP-Esalq), com atuação na gestão de projetos voltados ao saneamento pela TESIS – Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia Ltda.

Allan Saddi Arnesen⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFSC), Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE), Especialista em Gerenciamento de Projetos – Práticas do PMI (SENAI), MBA em Gestão de Ativos (ABRAMAN). Gerente de Acervo e Normalização Técnica da SABESP.

Jairo Cukierman⁽³⁾

Engenheiro Civil (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). Diretor da TESIS – Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia Ltda.

Samuel Soares Muniz⁽⁴⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental (UFJF), Especialista em Gestão de Recursos Hídricos (UNINTER). Engenheiro de Acervo e Normalização Técnica da SABESP.

Vera da Conceição Fernandes Hachich⁽⁵⁾

Engenheira Civil (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), Doutora e Mestre (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Construção Civil), Conselheira do CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Diretora da TESIS – Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia Ltda.

Endereço⁽¹⁾:

Rua Guaipá, 486 - Vila Leopoldina - São Paulo - SP - CEP: 05089-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 2137-9666 - e-mail: giulianna.listo@tesis.com.br.

RESUMO

Tubos de polietileno de alta densidade (PEAD) para ramal e rede (água e esgoto sob pressão) com desempenho inferior àquele requerido pela normalização técnica aplicável e inferior às expectativas comprometem a eficiência das operações das companhias de saneamento pela necessidade de substituição precoce de materiais e execução de reparos na rede. Diante disso, foram mapeados ensaios capazes de avaliar a consistência da matéria-prima empregada na fabricação dos tubos de forma simplificada, célere, eficaz e economicamente viável, como alternativa ao ensaio de FTIR. O detalhamento do estudo realizado é descrito no presente artigo técnico.

PALAVRAS-CHAVE: tubos de polietileno; matéria-prima

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a utilização de tubulações de polietileno vem se tornando cada vez mais comum, não só para a execução de ramais prediais, mas também nas redes de adução e distribuição de água e para a condução de esgoto sob pressão. Estas tubulações apresentam características bastante interessantes para as aplicações citadas, uma vez que permitem uniões termo soldáveis (soldas de topo ou eletrofusão), apresentam quantidade inferior de juntas (quando comparada com os tubos de PVC e ferro fundido) e podem ser instaladas através do Método Não Destrutivo (MND).

Para que os tubos de polietileno destinados ao transporte de água e esgoto sob pressão tenham desempenho satisfatório e vida útil de, ao menos, 50 anos, é fundamental que as matérias-primas utilizadas na fabricação atendam os requisitos estabelecidos nas normas técnicas ABNT NBR 15561, e SABESP NTS0194 e NTS0048. É importante salientar que os compostos usados para a transformação dos tubos devem ser diretamente fornecidos pelas petroquímicas. Os fabricantes de tubos não podem aditivar de forma alguma estes compostos.

Nesse contexto, foram analisadas amostras de tubos de polietileno para ramais, transporte de água e esgoto sob pressão, com realização de ensaios previstos na normalização técnica a fim de verificar se os compostos



atendiam os valores estabelecidos pelas NTS0048 e NTS0194 e pelas fichas técnicas das petroquímicas produtoras dos compostos – vale lembrar que a marcação dos tubos apresenta o composto utilizado.

Ao fim dos estudos, os ensaios de densidade, tempo de oxidação induzida, índice de fluidez e dispersão de pigmentos/negro de fumo mostraram-se adequados à finalidade desejada. As análises realizadas fundamentaram propostas de revisão incorporadas às versões vigentes das normas NTS0048 e NTS0194, e permitiram recomendar ações para melhoria dos procedimentos de inspeção e avaliação da conformidade no âmbito das companhias de saneamento básico.

OBJETIVOS

Este artigo técnico apresenta os estudos realizados para levantamento de soluções em ensaios laboratoriais de simples execução, alta eficácia e baixo custo para avaliação da qualidade da matéria-prima empregada na fabricação de tubos de polietileno de alta densidade. São objetivos do estudo:

- **Identificar, em amostras aleatórias de tubos de polietileno, se é possível utilizar ensaios de simples execução para caracterização completa da qualidade dos seus compostos**, por meio da realização de ensaios laboratoriais e confrontamento dos resultados obtidos com os valores de referência dos compostos (conforme fichas técnicas das petroquímicas que os produziram) e especificações normativas;
- **Propor ensaios que permitam substituir o FTIR na avaliação da matéria-prima utilizada na fabricação de tubos de polietileno, com base nas análises realizadas;**
- **Propor ajustes aos textos das versões 8 e 4 da NTS0048 e da NTS0194**, respectivamente, para aprimorar as especificações normativas SABESP e assegurar maior rigor e eficácia no controle da qualidade dos produtos.

METODOLOGIA

Como forma de identificar ensaios de simples execução, alta eficácia e baixo custo capazes de avaliar a qualidade da matéria-prima utilizada na fabricação de tubos de polietileno para ramais e redes de água e esgoto sob pressão, foram realizadas as atividades descritas na sequência:

- **Recebimento de amostras de tubos de polietileno de alta densidade (PEAD) e encaminhamento a laboratórios especializados para realização dos seguintes ensaios:** determinação da densidade, determinação do tempo de oxidação induzida, determinação do índice de fluidez e verificação da dispersão de pigmentos (para tubos fabricados com composto azul) e de negro de fumo (para tubos fabricados com composto preto).

Ressalta-se que as amostras estudadas possuíam origens diversas. Sua seleção, portanto, foi feita de forma aleatória, tomando como único critério a coleta de produtos de distintos fabricantes, voltados a distintos usos e com distintas classificações dos compostos.

As avaliações apresentadas no presente documento não possuem efeito para qualificação dos produtos avaliados, uma vez que, dada a omissão da sua origem, não é possível afirmar sequer se os produtos passaram por ensaios prévios que os considerassem aptos para o fornecimento ao mercado.

A Figura 1 detalha o material coletado para análise. Ressalta-se que, para assegurar a confidencialidade das informações, os nomes dos fabricantes foram codificados e os compostos utilizados na fabricação dos produtos foram omitidos.



Figura 1 – Dados do material coletado para análise

Data da disponibilização do material	Fabricante	Uso	Classe	Quantidade
02/10/2023	Fabricante “A”	Infraestrutura (água)	PE 100	1 (uma) amostra
09/02/2024	Fabricante “B”	Ramal predial	PE 80	1 (uma) amostra
	Fabricante “C”			1 (uma) amostra
	Fabricante “D”			2 (duas) amostras
	Fabricante “C”	Infraestrutura (água)	PE 80	2 (duas) amostras
	Fabricante “D”		PE 100	1 (uma) amostra
	Fabricante “E”	Infraestrutura (esgoto)	PE 100	1 (uma) amostra
26/02/2024	Fabricante “F”	Infraestrutura (esgoto)	PE 100	1 (uma) amostra

O quadro da Figura 2 sumariza as normas técnicas de referência dos métodos de ensaio e as especificações de desempenho (SABESP e ABNT), para cada uma das propriedades selecionadas para análise.



Figura 2 – Normas técnicas de referência dos métodos de ensaio e especificações de desempenho das propriedades selecionadas para análise

Ensaio	Norma de referência do método		Especificação de desempenho	
	De acordo com a SABESP (NTS0048:2020 NTS0194:2021)	De acordo com a ABNT (ABNT NBR 15561:2024)	De acordo com a SABESP (NTS0048:2020 NTS0194:2021)	De acordo com a ABNT (ABNT NBR 15561:2024)
Densidade	<u>Tubos para redes de água e esgoto:</u> ABNT NBR 14304 ou ISO 1183-1 ou ISO 1183-2; <u>Tubos para ramais prediais:</u> ISO 1183-1 ou ISO 1183-2.	<u>Tubos para redes de água e esgoto e para ramais prediais:</u> ABNT NBR 14304 ou ISO 1183-1.	<u>Tubos para redes de água e esgoto:</u> $\geq 0,930 \text{ g/cm}^3$ e desvio máximo de $\pm 0,003 \text{ g/cm}^3$ em relação ao composto; <u>Tubos para ramais prediais:</u> $\geq 0,935 \text{ g/cm}^3$ e desvio máximo de $\pm 0,003 \text{ g/cm}^3$ em relação ao composto. Nenhum CP com desvio superior a $\pm 0,005 \text{ g/cm}^3$.	<u>Tubos PE 80 (*):</u> 0,945 g/cm ³ a 0,960 g/cm ³ para tubos pretos e de 0,940 g/cm ³ a 0,950 g/cm ³ para tubos azuis; <u>Tubos PE 100 (*):</u> 0,954 g/cm ³ a 0,964 g/cm ³ para tubos pretos e de 0,946 g/cm ³ a 0,953 g/cm ³ para tubos azuis.
Índice de fluidez	<u>Tubos para redes de água e esgoto:</u> ABNT NBR 9023 ou ISO 1133-1; <u>Tubos para ramais prediais:</u> ABNT NBR 9023.	<u>Tubos para redes de água e esgoto e para ramais prediais:</u> ABNT NBR 9023 ou ISO 1133-1.	Desvio $\leq \pm 25\%$, quando comparado com o índice de fluidez medido no lote de composto utilizado para fabricação do tubo	Desvio $\leq \pm 20\%$, quando comparado com o índice de fluidez medido no lote de composto utilizado para fabricação do tubo
Dispersão de pigmentos	<u>Tubos para redes de água e esgoto e para ramais prediais:</u> ABNT NBR ISO 18553.		<u>Tubos para redes de água e esgoto:</u> Grau ≤ 3 , conforme a ABNT NBR ISO 18553. <u>Tubos para ramais prediais:</u> Dispersão conforme figuras A1, A2 ou A3 do Anexo B da NTS0048.	
Tempo de oxidação induzida	<u>Tubos para redes de água e esgoto:</u> ABNT NBR 14300 ou ISO 11357-6; <u>Tubos para ramais prediais:</u> ABNT NBR 14300.	<u>Tubos para redes de água e esgoto e para ramais prediais:</u> ABNT NBR 14300 ou ISO 11357-6.	$\geq 20 \text{ min}$, quando ensaiado a 200 °C.	$\geq 20 \text{ min}$, quando ensaiado a 210 °C.

(*): A NTS0048:2020 trata do uso dos tubos PE 80 para ramais de água, enquanto a NTS0194:2021 contempla o uso de tubos PE 80 ou PE 100 para redes (água e esgoto).

Fonte: elaboração própria a partir de dados da NTS0048:2020, da NTS0194:2021 e da ABNT NBR 15561:2024.

- **Levantamento das propriedades dos compostos de polietileno utilizados na fabricação das amostras coletadas**, mediante consulta a fichas técnicas dos compostos mencionados pelas fabricantes dos tubos nas suas marcações. Para fins de confidencialidade, os compostos utilizados na fabricação dos produtos foram omitidos neste artigo técnico;
- **Confrontamento dos resultados obtidos nos ensaios** com os valores de referência dos compostos (conforme fichas técnicas) e com as especificações da normalização técnica de referência;
- **Comparação das especificações das Normas Técnicas SABESP NTS0048:2020 e NTS0194:2021 com aquelas da versão da ABNT NBR 15561:2024**, pontuando consonâncias e dissonâncias entre parâmetros de



ensaio, requisitos e critérios de desempenho referentes a tubos de polietileno e ao composto utilizado em sua fabricação;

- **Avaliação da adequação dos critérios de desempenho previstos na NTS0048:2020 e na NTS0194:2021** e sua capacidade em distinguir a qualidade dos tubos do polietileno e da matéria-prima utilizada em sua fabricação.

RESULTADOS

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos por atividade desenvolvida.

Levantamento das propriedades dos compostos de polietileno

De posse das amostras de tubos de polietileno de alta densidade e de informações relativas aos compostos utilizados em sua fabricação, foram consultadas as fichas técnicas dos compostos, levantando propriedades relevantes para desenvolvimento dos estudos relativos a ensaios capazes de avaliar de forma simples, rápida e efetiva a qualidade da matéria-prima.

A Figura 3 apresenta as propriedades dos compostos identificados na marcação dos tubos, utilizadas neste artigo técnico para confrontamento com os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais preliminarmente elencados para avaliação da matéria-prima – índice de fluidez, dispersão de pigmentos (composto azul) e dispersão de negro de fumo (composto preto), densidade e tempo de oxidação induzida (OIT). Estes ensaios foram realizados por laboratórios especializados de reconhecida competência e idoneidade.

Para cada propriedade, são apresentadas as metodologias de ensaio utilizadas pelas fabricantes dos compostos para sua determinação. Ressalta-se que, na ocasião da fabricação dos tubos, é requisitada a utilização de matéria-prima virgem; não sendo admitidas, portanto, misturas de compostos.

Nos casos em que as metodologias de ensaios utilizadas pelas fabricantes dos compostos divergiam das metodologias utilizadas pelos laboratórios contratados, foram conduzidas análises dos referidos documentos normativos, que apontaram para a inexistência de divergências significativas entre os procedimentos de ensaio, possibilitando, assim, o confrontamento direto dos resultados.

Figura 3 – Propriedades dos compostos de polietileno de interesse para o estudo

Propriedades e parâmetros de ensaio		Identificação do composto					
		Composto 1	Composto 2	Composto 3	Composto 4	Composto 5	Composto 6
Densidade		0,947 g/cm ³ (ISO 1183-1)	0,948 g/cm ³ (ISO 1183-1)	0,950 g/cm ³ (ISO 1183-1)	0,959 g/cm ³ (ASTM D1505)	0,960 g/cm ³ (ISO 1183)	0,949 g/cm ³ (ASTM D792)
Índice de fluidez	190°C; 5 kg	0,45 g/10min (ISO 1133)	0,80 g/10min (ISO 1133)	0,27 g/10min (ISO 1133)	0,23 g/10min (ISO 1133)	0,25 g/10min (ISO 1133)	0,25 g/10min (ASTM D1238)
	190°C; 21,6 kg	---	---	7,3 g/10min (ISO 1133)	6,4 g/10min (ISO 1133)	---	---
Tempo de oxidação induzida	200°C	---	≥ 30 min (ISO 11357-6) (*)	30 min (ISO 11357-6) (*)	> 30 min (EN 728) (*) (**)	≥ 20 min (ISO 11357-6) (*)	---
Dispersão de pigmentos		---	≤ 3 (ISO 18553)	---	---	---	---
Dispersão de negro de fumo		---	---	---	---	≤ 3 (ISO 18553)	---

(*): Propriedade determinada na temperatura de 210 °C.

(**): Norma EN 728 foi cancelada e substituída pela norma ISO 11357-6.

Fonte: elaboração própria a partir de dados das fichas técnicas dos compostos, em suas versões mais recentes até o mês de maio/2024. As fabricantes dos compostos foram omitidas para fins de confidencialidade.

Confrontamento dos resultados obtidos nos ensaios

As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados obtidos nos ensaios realizados nas amostras de tubos de polietileno de alta densidade disponibilizadas. A Figura 4 apresenta os resultados de tubos PE 80; a Figura 5, de tubos PE 100.



Para facilitar a avaliação quanto ao atendimento às especificações das normas ABNT NBR 15561, NTS0048:2020 e NTS0194:2021, também são apresentados os valores de referência dos compostos de polietileno para as propriedades avaliadas, conforme informações constantes nas fichas técnicas emitidas pelas empresas responsáveis por sua fabricação (ver colunas indicadas como “Ref.” nas Figuras 4 e 5). Vale destacar que, especificamente para as propriedades de “densidade” e “índice de fluidez”, tanto as NTS0048:2020 e NTS0194:2021 quanto a ABNT NBR 15561:2024 especificam percentuais máximos de variação entre os resultados obtidos pelos tubos e pelos compostos de polietileno utilizados em sua fabricação.

Ressalta-se que, em virtude da obtenção de resultados de tempo de oxidação induzida muito superiores ao mínimo normativo e aos valores de referência informados pelos fabricantes dos compostos de polietileno, os resultados desta propriedade estão sendo investigados para todas as amostras.

Figura 4 – Resultados dos ensaios realizados nas amostras de tubos de PEAD PE 80 avaliadas

Código da amostra e fabricante	Uso	Índice de fluidez ⁽¹⁾ (g/10min)			Dispersão de pigmentos ou de negro de fumo			Densidade (g/cm ³)			Tempo de oxidação induzida		
		Exigência SABESP (NTS0048 NTS0194):	Desvio ≤ ± 25 %, quando comparado com o índice de fluidez medido no lote de composto utilizado para fabricação do tubo	Exigência ABNT NBR 15561:	Exigência SABESP (NTS0048 NTS0194):	Tubos para redes de água e esgoto: ≥ 0,930 g/cm ³ e desvio máximo de ± 0,003 g/cm ³ em relação ao composto	Exigência SABESP (NTS0048 NTS0194):	Tubos para ramais prediais: ≥ 0,935 g/cm ³ e desvio máximo de ± 0,003 g/cm ³ em relação ao composto. Nenhum CP com desvio superior a ± 0,005 g/cm ³	Exigência SABESP (NTS0048 NTS0194):	≥ 20 min, quando ensaiado a 200 °C	Exigência ABNT NBR 15561:	≥ 20 min, quando ensaiado a 210 °C	
Ref.	Resultado obtido (Tubo)	Desvio percentual	Ref.	Resultado obtido ^(*) (Tubo)	Ref.	Resultado obtido (Tubo)	Desvio	Ref.	Resultado obtido (Tubo)	Ref.	Resultado obtido (Tubo)		
1428/51 Fab. B	Ramal	0,45 g/10min	0,448 ± 0,016 g/10min	-0,4%	Não informado	0,8 A2	0,947 g/cm ³	0,944 g/cm ³	-0,003 g/cm ³	Não informado	105,4 ^(**)		
1428/52 Fab. C	Ramal	0,45 g/10min	0,246 ± 0,006 g/10min	-45,3%	Não informado	1,6 A3	0,947 g/cm ³	0,928 g/cm ³	-0,019 g/cm ³	Não informado	152,2 ^(**)		
1428/53 Fab. D	Ramal	0,45 g/10min	0,383 ± 0,005 g/10min	-14,9%	Não informado	1,1 A2	0,947 g/cm ³	0,935 g/cm ³	-0,012 g/cm ³	Não informado	141,5 ^(**)		
1428/54 Fab. D	Ramal	0,80 g/10min	0,755 ± 0,002 g/10min	-5,6%	≤ 3	0,7 A1	0,948 g/cm ³	0,927 g/cm ³	-0,021 g/cm ³	≥ 30 min ⁽²⁾	118,9 ^(**)		
1428/55 Fab. D	Ramal	0,80 g/10min	0,759 ± 0,013 g/10min	-5,1%	≤ 3	2,0 A2	0,948 g/cm ³	0,929 g/cm ³	-0,019 g/cm ³	≥ 30 min ⁽²⁾	99,15 ^(**)		
1428/57 Fab. C	Infra. - Água	0,45 g/10min	0,295 ± 0,003 g/10min	-34,4%	Não informado	2,0 A2	0,947 g/cm ³	0,942 g/cm ³	-0,005 g/cm ³	Não informado	40,3 ^(**)		
1428/59 Fab. C	Infra. - Água	0,45 g/10min	0,254 ± 0,004 g/10min	-43,6%	Não informado	1,4 A2	0,947 g/cm ³	0,950 g/cm ³	+0,003 g/cm ³	Não informado	<1 ^(**)		

(1): Parâmetros de ensaio → Temperatura: 190°C | Carga: 5 kg.

(2): Propriedade determinada na temperatura de 210°C.

(*): Grau e aparência da dispersão.

(**): Resultado em investigação.

Fonte: elaboração própria.



Figura 5 – Resultados dos ensaios realizados nas amostras de tubos de PEAD PE 100 avaliadas

Código da amostra e fabricante	Uso	Índice de fluidez ⁽¹⁾ (g/10min)			Dispersão de pigmentos ou de negro de fumo			Densidade (g/cm ³)			OIT	
		Ref.	Resultado obtido (Tubo)	Desvio Percentual	Ref.	Resultado obtido ^(**) (Tubo)	Ref.	Resultado obtido (Tubo)	Desvio	Ref.	Resultado obtido (Tubo)	
1428/35 ^(*) Fab. A	Infra. Água	0,25 g/10min	0,201 ± 0,001 g/10min	-19,6%	Não informado	1,0 A2	0,949 g/cm ³	0,949 g/cm ³	0 g/cm ³	Não informado	178 ^(**)	
1428/56 Fab. D	Infra. Água	0,27 g/10min	0,230 ± 0,001 g/10min	-14,8%	Não informado	1,7 A2	0,950 g/cm ³	0,943 g/cm ³	-0,007 g/cm ³	30 min ⁽²⁾	112,6 ^(**)	
1428/58 Fab. E	Infra. Esgoto	0,23 g/10min	0,224 ± 0,002 g/10min	-2,6%	Não informado	1,1 A1	0,959 g/cm ³	0,956 g/cm ³	-0,003 g/cm ³	≥ 30 min ⁽²⁾	118,5 ^(**)	
1428/60 Fab. F	Infra. Esgoto	0,25 g/10min	0,195 ± 0,004 g/10min	-22,0% ⁽³⁾	≤ 3	0,5 C1 Linhas de fluxo ⁽⁴⁾	0,960 g/cm ³	0,955 g/cm ³	-0,005 g/cm ³	≥ 20 min ⁽²⁾	128,8 ^(**)	

(*): Amostra proveniente de tubo exposto há vários anos ao intemperismo.

(**): Resultado em investigação.

(***): Grau e aparência da dispersão.

(1): Parâmetros de ensaio → Temperatura: 190°C | Carga: 5 kg.

(2): Propriedade determinada na temperatura de 210°C.

(3): Reprovado em relação à ABNT NBR 15561.

(4): Indicativo de uso de composto não proveniente de petroquímica.

Fonte: elaboração própria.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos confirmam a eficiência dos ensaios selecionados em identificar preliminarmente irregularidades nas matérias-primas utilizadas na fabricação de tubos de polietileno pressurizados. Apesar de algumas propriedades poderem ter sido afetadas pela ação do intemperismo (por exemplo, índice de fluidez), outras, como a densidade, se mantêm, mesmo que os tubos fiquem expostos longos períodos sob ação dos raios ultravioleta.

Os resultados obtidos também demonstram que, para um mapeamento completo das propriedades das amostras, os ensaios previamente elencados devem ser realizados conjuntamente, uma vez que:

- A reprovação em um único requisito pode ocorrer concomitantemente à obtenção de resultados de aprovação nos demais requisitos avaliados, conforme verificado para as amostras 1428/53 e 1428/56;
- Algumas propriedades podem ser alteradas pela degradação térmica, que pode ser causada por exposições prolongadas a altas temperaturas, conforme verificado para a amostra 1428/35, cujo índice de fluidez obtido em ensaio foi 19,6% inferior ao valor de referência do composto de polietileno que a



originou. Esta amostra foi retirada de um tubo fabricado em 2015 e que permaneceu muitos anos exposto ao intemperismo. A densidade, por outro lado, foi preservada.

O estudo também permitiu identificar oportunidades de melhorias nos **procedimentos de inspeção previstos na NTS0048:2020 e na NTS0194:2021**.

Além disso, os resultados obtidos respaldaram as seguintes propostas de revisão às Normas Técnicas SABESP NTS0048:2020 e NTS0194:2021:

- **Aumento do rigor das especificações aplicáveis ao requisito de índice de fluidez**, tanto para o composto de polietileno, como para o tubo, com redução do desvio máximo admitido para $\pm 15\%$;
- **Aumento do rigor das especificações aplicáveis ao requisito de densidade**, tanto para o composto de polietileno quanto para o tubo, com aumento da densidade mínima admissível para tubos PE 80 de 0,930 g/cm³ para 0,940 g/cm³, e aumento da densidade mínima admissível para tubos PE 100 de 0,930 g/cm³ para 0,946 g/cm³;
- **Especificação da necessidade de atendimento aos critérios mínimos estabelecidos pelas NTS0048 e NTS0194 pelo período de mínimo de 12 meses após entregues à SABESP**, quando os tubos estiverem expostos ao intemperismo;
- **Alterações dos procedimentos para inspeção de recebimento dos tubos**, com inclusão da necessidade de uso de laboratórios prestadores de serviços independentes e acreditados pelo INMETRO para a realização dos ensaios.

As propostas elencadas foram aprovadas e incorporadas às novas versões atuais dos documentos, NTS0048:2024 e NTS0194:2024.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As atividades desenvolvidas e descritas neste artigo técnico ratificaram a importância da apuração completa das propriedades das amostras para mapeamento da qualidade dos tubos de polietileno de alta densidade. Nesse contexto, as avaliações elencadas (densidade, dispersão de pigmentos/ negro de fumo, tempo de oxidação induzida e índice de fluidez) mostraram-se satisfatórias para tal, quando realizadas em conjunto.

Uma vez que as propostas de revisão dos documentos normativos SABESP se mostraram válidas e já foram julgadas e incorporadas às suas versões vigentes, são colocados como recomendações adicionais para a melhoria contínua da qualidade dos produtos de companhias de saneamento básico de modo geral:

- **A contínua avaliação interna da adequação dos novos procedimentos de inspeção e revisão de normas técnicas** com interesse na identificação de oportunidades de melhoria;
- **O incentivo permanente à realização regular de avaliações interlaboratoriais** entre os laboratórios que prestarão serviços às companhias de saneamento, como forma de aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos durante as avaliações de conformidade de produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT NBR 14300:1999 – Sistemas de ramais prediais de água – Tubos, conexões e compostos de polietileno PE – Determinação do tempo de oxidação induzida.
2. ABNT NBR 14304:1999 – Sistemas de ramais prediais de água – Tubos e conexões de polietileno PE – Determinação da densidade de plásticos por deslocamento.
3. ABNT NBR 15561:2024 – Tubulação de polietileno PE 80 e PE 100 para transporte de água e esgoto sob pressão – Requisitos.



4. ABNT NBR 9023:2015 [cancelada] – Determinação do índice de fluidez.
5. ABNT NBR ISO 18553:2005 – Método para avaliação do grau de dispersão de pigmentos ou negro-de-fumo em tubos, conexões e compostos poliolefinicos.
6. ASTM D1505-18 – Standard test method for density of plastics by the density-gradient technique.
7. ASTM D792-20 – Standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement.
8. ISO 1133:2024 – Plastics – Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics
9. ISO 11357:2023 – Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC).
10. ISO 1183-1:2019 – Plastics – Methods for determining the density of non-cellular plastics.
11. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. NTS0048:2020 – Tubo de polietileno PE 80 para ramais prediais de água DE 20mm e DE 32mm. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://normastecnicas.sabesp.com.br/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
12. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. NTS0048:2024 – Tubo de polietileno PE 80 para ramais prediais de água DE 20mm e DE 32mm. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://normastecnicas.sabesp.com.br/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
13. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. NTS0194:2021 – Tubos de polietileno para redes de distribuição de água, adutoras, linhas de esgoto pressurizadas e emissários. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://normastecnicas.sabesp.com.br/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
14. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. NTS0194:2024 – Tubos de polietileno para redes de distribuição de água, adutoras, linhas de esgoto pressurizadas e emissários. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://normastecnicas.sabesp.com.br/>. Acesso em: 10 jun. 2025.