

NORMAS NORSOK M-501 e ISO 20340 – Correlação com as Normas de Esquemas de Pintura da PETROBRAS

Joaquim Pereira Quintela

Victor Solymossy

Jeferson Leite de Oliveira



OBJETIVO

- Minimizar o risco de falhas nas estruturas offshore e correlatas que podem impactar segurança, custos operacionais e investimentos.
- Especificar requisitos de desempenho para esquemas de pintura baseados em testes de laboratório que assegurem ótima performance dos mesmos.

DIRETRIZES

- Estabelece requisitos para **Construções Novas e Reparos** antes da operação. Não é direcionada para **Manutenção** onde outros métodos de preparação que não o jateamento abrasivo são empregados.
- Normas Internacionais para determinar a composição de cada produto do esquema separadamente, testes de laboratório para avaliar a performance e critérios para avaliar os resultados dos testes.
- **Nem a composição química** de cada tinta do esquema **nem a descrição** (fabricante, ambiente, tipo de substrato, preparação de superfície, demão por ordem de aplicação) **podem ser alteradas depois da qualificação.**

Outras Normas Referenciadas – ISO 12944

- Categorias de ambientes para Corrosão Atmosférica
- Tipos de Preparação de Superfície
- Procedimentos de aplicação e inspeção durante a construção e a instalação.
- Desenvolvimento da Especificação

AMBIENTES

C5-M



Atmosférica

Im-2



Imersão

C5-M + Im-2



**Zona de Variação de
Maré (ZVM) + Respingos**

TIPOS DE SUPERFÍCIE

- Superfícies não revestidas
- Superfícies com revestimento metálico (Aspersão Térmica e Galvanizado)
- Superfícies com Shop-primer
- Superfícies previamente pintadas nas quais o sistema de pintura existente foi completamente removido.

INFORMAÇÕES ESSENCIAIS DOS PRODUTOS

➤ 28 Itens com destaque para:

- Preparação de superfície recomendada
- Método de aplicação
- Intervalo para repintura (Mínimo e Máximo)
- Espessura seca (Mínima e Máxima)
- Tempo de Cura Total a 23 C e 50% de Umidade Relativa
- Sólidos por Volume
- Ponto de Fulgor (Flash Point)

IDENTIFICAÇÃO – FINGER PRINT

- Deve ser conduzido em todas as tintas do esquema de pintura submetido ao teste de qualificação
- **OBJETIVO** – Confirmar os parâmetros básicos das tintas fornecidas para a Qualificação do Esquema de Pintura
- Depois da Qualificação do Esquema de Pintura essa **Impressão Digital** pode ser usada, se necessário, para verificar se as tintas são idênticas às submetidas aos testes de qualificação.

PARÂMETROS

- Nome do Produto e do Fabricante
- Número da Batelada e Data de Fabricação
- Espectroscopia da Região do Infravermelho dos Componentes A e B
- Não Voláteis por peso
- Densidade
- Teor de Cinzas
- Opcionais Zn metálico, Zn total, Al, Fe, P, Grupamentos Funcionais (Epóxi, OH, Amina, Isocianato)

ISO 20340 – Qualificação do Esquema de Pintura

Table 2 — Example of a paint system description

Manufacturer		Type of substrate		Type of environment	
Name:					
Address:					
Surface preparation					
	Trade name	Colour range	Generic type	NDFT (μm)	
1st coat					
2nd coat					
3rd coat					
4th coat					
etc.					
				Total NDFT (μm):	

- ***ISO 20340 – Parâmetros Essenciais para a alta durabilidade são o número de demãos e a espessura total do sistema.***
- ***Esquemas de pintura com menos demãos podem ser relevantes desde que acompanhados por um significativo aumento da espessura.***

ISO-20340 Requisitos Mínimos para os Esquemas e performance Inicial

Table 3 — Minimum requirements for protective paint systems and their initial performance

Substrate	Blast-cleaned carbon steel: Sa 2½ or Sa 3; Surface profile: medium (G)						Hot-dip-galvanized steel or steel with Zn-based metallizing ^a	
Corrosivity category of environment	C5-M		Splash and tidal zones C5-M and Im2			Im2		C5-M
First coat	Zn (R) ^b	Other primers ^c	Zn (R) ^{b,d}	Other primers ^c		Other primers		
NDFT (µm)	≥ 40	≥ 60	≥ 40	≥ 60	≥ 200	—	≥ 150	
Minimum number of coats ^e	3	3	3	3	2	1	2	2
NDFT of paint system (µm)	≥ 280	≥ 350	≥ 450	≥ 450	≥ 600	≥ 800	≥ 350	≥ 200
Minimum pull-off test value (before ageing) determined in accordance with ISO 4624 (MPa)	3	4	3	4	4	8	4	3

^a The thickness of the metallic coating shall be in accordance with ISO 1461 (hot-dip galvanized) or ISO 2063 (metallized steel) and the coating shall be prepared as specified in ISO 12944-4:1998, Clause 12 (hot-dip galvanized) or Clause 13 (metallized steel). Overcoating of thermally sprayed aluminium (TSA) is not recommended due to the risk of the overcoat flaking and corrosion of the TSA occurring. For TSA, a sealer coat only is recommended.

^b Zn (R) = Zinc-rich primer as defined in ISO 12944-5:2007, Subclause 5.2 (minimum 80 % by mass of zinc dust in the non-volatile part of the paint). The zinc dust pigment shall conform to ISO 3549.

^c The use of primers other than Zn (R) is mainly applicable to repair and maintenance. For new constructions, the use of other primers should be restricted to areas subjected to special stresses (as defined in ISO 12944-2:1998, Annex B, Clause B.2), where the need for a coating system with higher mechanical strength or higher chemical resistance outweighs the better rust creep protection offered by Zn (R) primers. Examples of areas subject to special stresses are helicopter decks, splash and tidal zones, walkways, escape routes, material lay-down areas and mud zones.

^d This coating system with an organic Zn (R) primer can also be used for Im2 service if a Zn (R) primer is desired. In this case, the NDFT of the complete system can be reduced to ≥ 350.

^e The number of coats does not include a tie coat, which might be needed when a Zn (R) silicate primer is used, for instance.

ISO-20340 Testes de Qualificação

Table 4 — Qualification tests

Test	Scribe line	Environment of corrosivity category C5-M	Environment of combined corrosivity category C5-M and Im2 (splash and tidal zones)	Environment of corrosivity category Im2
Ageing resistance (see Annex A)	Yes (see 8.1.8)	4 200 h	4 200 h	—
Cathodic disbonding (ISO 15711:2003, method A, unless otherwise agreed)	No (artificial holiday used instead — see Table 5)	—	4 200 h	4 200 h
Sea water immersion (ISO 2812-2)	Yes (see 8.1.8)	—	4 200 h	4 200 h

ISO-20340 – Avaliação – Métodos e Requisitos

Table 5 — Assessment of test panels — Methods and requirements (ISO 12944-6)

Assessment method	Requirement before qualification testing	Requirement after qualification testing	
ISO 4624 (pull-off test)	See Table 3. No adhesive failure between the substrate and the first coat unless the pull-off value is 5 MPa or more (see ISO 12944-6).	Assessment after 2 weeks' reconditioning. Minimum pull-off = 50 % of original value measured on the test panel, with a minimum value of 2 MPa. No adhesive failure between the substrate and the first coat unless pull-off value is 5 MPa or more (see ISO 12944-6).	
ISO 4628-2 (blistering)		0 (S0)	Carry out assessment immediately after the qualification test
ISO 4628-3 (rusting)		Ri 0	Carry out assessment immediately after the qualification test
ISO 4628-4 (cracking)		0 (S0)	Carry out assessment immediately after the qualification test
ISO 4628-5 (flaking)		0 (S0)	Carry out assessment immediately after the qualification test
ISO 4628-6 (chalking)		If agreed between the interested parties	
Corrosion from a scribe line (see 8.1.8 and 8.3.2)		$M \leq 3,0$ mm for coating system with Zn (R) primer $M \leq 8,0$ mm for coating system with primer other than Zn (R)	
Cathodic disbonding in accordance with ISO 15711:2003, method A		Immediately before the qualification test, form an artificial holiday (steel substrate totally exposed) of diameter 6 mm, using the procedure specified in method A of ISO 15711:2003. After the qualification test, use a sharp, thin-bladed knife to make two radial cuts at 45° to each other through the coating, intersecting at the centre of the holiday. Cut the coating down to the steel substrate. Attempt to lift the coating with the point of the knife. Record the total area now exposed (including the area of the holiday). Calculate the disbonded area as the difference between the total area exposed and the area of the holiday. From the disbonded area, calculate the corresponding equivalent diameter. The equivalent diameter of the disbonded area shall be not more than 20 mm.	

AVALIAÇÃO INTERLABORATORIAL – NACE 2016

Round-Robin Evaluation of ISO 20340 Annex A Test Method

Nathalie LeBozec
French Corrosion Institute
F-29200 Brest, France

Laurence Bougon
CEREMA, Blois, France

John Carter
EXOVA, Manchester, United Kingdom

Tanja Scholz
Fraunhofer IFAM, Bremen, Germany

Ole Øystein Knudsen
SINTEF, Trondheim, Norway

Adeline Flogård
SP Technical Research Institute of Sweden, Borås, Sweden

6 Laboratórios 5 Esquemas de Pintura

- Salt-spray  3 marcas diferentes de equipamentos.
- UV-Condensação  2 marcas diferentes de equipamento.
- Ensaio a - 20C  5 com câmaras climáticas e 1 com freezer

Aderência à Tração (ISO 4624)

- Laboratório 4  Instron 5666 (1,5 mm/min)
- Laboratório 6  Adher 1500 (0,8 MPa/s)
- Laboratório 3  Positest AT
- Laboratórios 1,2, e 5  DFD Manual DFD PAT GM01/6.3

ISO-20340 – Avaliação Interlaborial - NACE 2016

Avanço da Corrosão

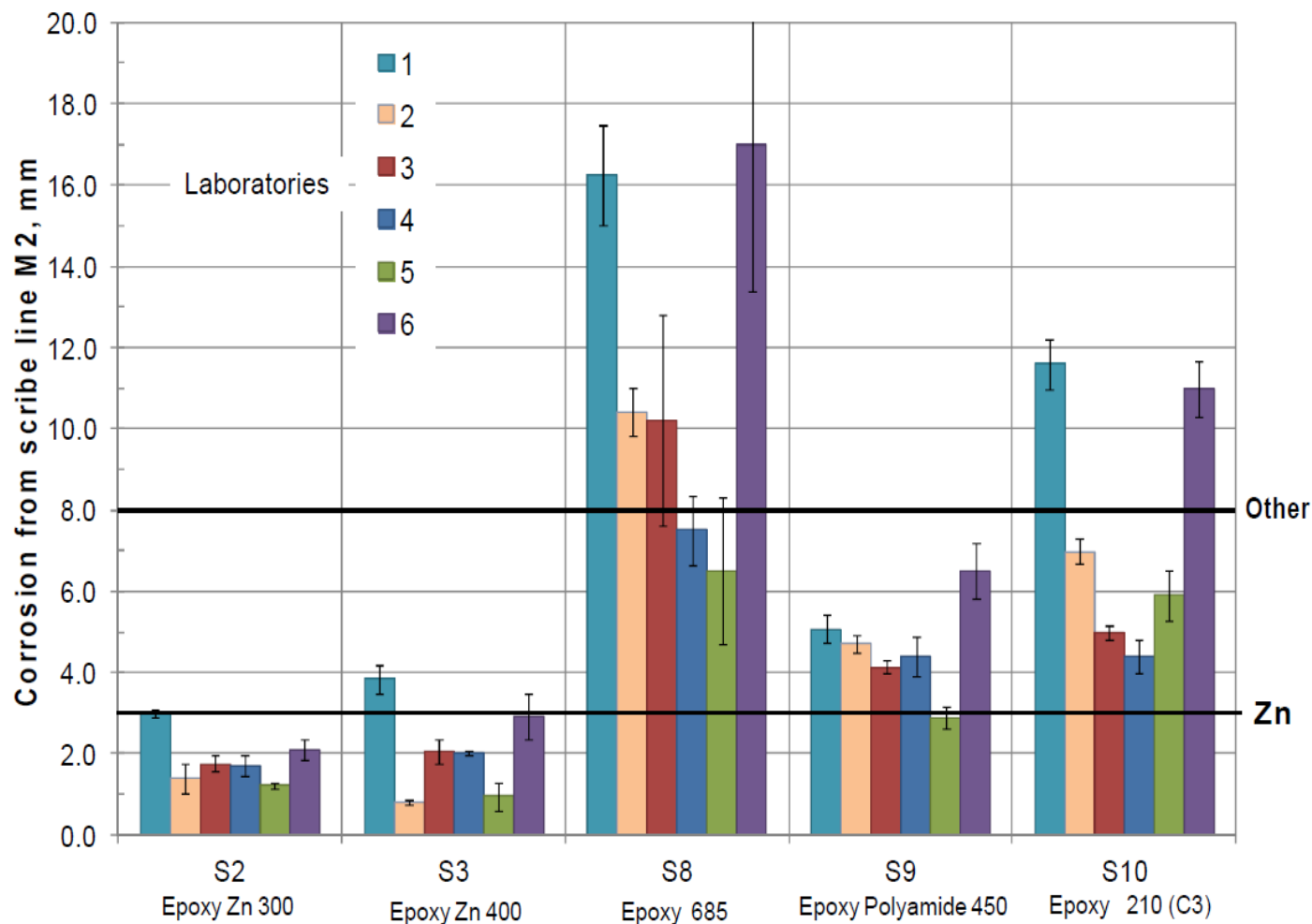


Figure 2 : Corrosion extent from the scribe line after ISO 20340 Annex A test. Requirements for Zn Primer (<3mm) and non-Zn primer (<8mm) are highlighted.

ISO-20340 – Avaliação Interlaborial - NACE 2016

PULL OFF

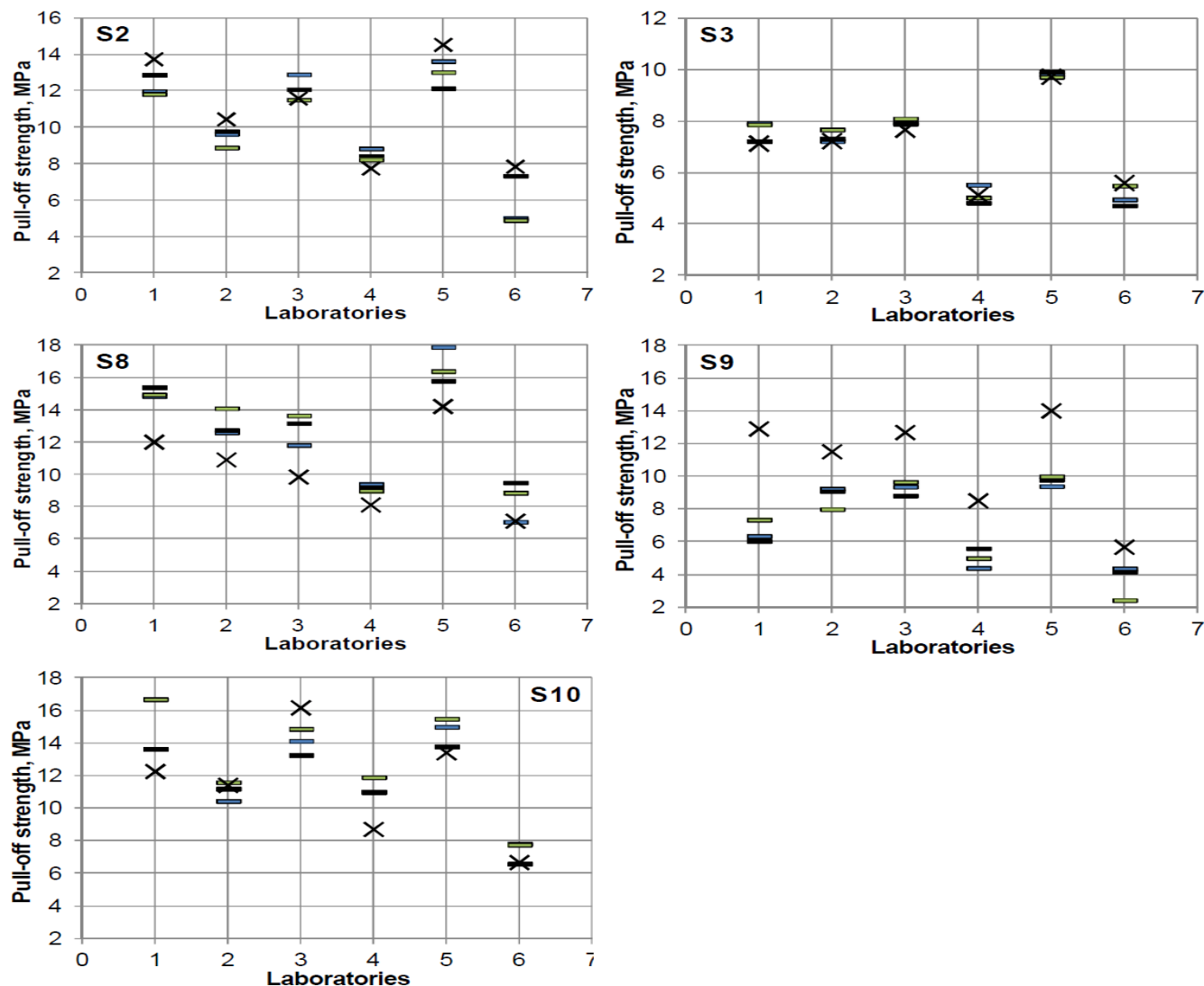


Figure 4: Pull-off strength for the 5 different paint systems after ISO 20340 Annex A test. Reference pull-off strength on unexposed samples indicated by the cross X.

Seleção dos Esquemas de Pintura pelos Laboratórios

	Acceptable					Rejected				
	Zn primer ≤3 mm		Other ≤8 mm			Zn primer >3 mm		Other >8 mm		
Laboratory 1	S2			S9			S3	S8		S10
Laboratory 2	S2	S3		S9	S10			S8		
Laboratory 3	S2	S3		S9	S10			S8*		
Laboratory 4	S2	S3	S8*	S9	S10					
Laboratory 5	S2	S3	S8*	S9	S10					
Laboratory 6	S2	S3*		S9				S8		S10

*: deviation crossing the threshold

ISO-20340 – Avaliação Interlaborial - NACE 2016

Seleção dos Esquemas de Pintura pelos Laboratórios

	Acceptable					Rejected				
	Zn primer ≤3 mm		Other ≤8 mm			Zn primer >3 mm		Other >8 mm		
Laboratory 1	S2			S9			S3	S8		S10
Laboratory 2	S2	S3		S9	S10			S8		
Laboratory 3	S2	S3		S9	S10			S8*		
Laboratory 4	S2	S3	S8*	S9	S10					
Laboratory 5	S2	S3	S8*	S9	S10					
Laboratory 6	S2	S3*		S9				S8		S10

*: deviation crossing the threshold

CONCLUSÕES

- Somente dois Esquemas de Pintura foram aprovados em todos os critérios por todos os Laboratórios envolvidos no programa.
- O Esquema de pintura que obteve os piores resultados foi aprovado em dois dos seis Laboratórios.
- Dois Laboratórios aprovaram todos os Esquemas de Pintura.
- Independentemente da constituição dos Esquemas de Pintura, com ou sem primer rico em zinco, os resultados obtidos não foram uniformes.
- **Em relação aos testes de “pull off” todos os Esquemas atingiram o valor mínimo exigido na Norma ISO 20340 com grandes desvios.**
- Em termos de Repetibilidade o desvio no teste de Pull Off foi menor do que no teste de Avanço de Corrosão, 20% e 34 % respectivamente. Entretanto, em ambos os testes os desvios de Reprodutibilidade foram altos 80% e 113% respectivamente.
- Sugestões para melhorar esses índices:
 - Estabeecer uma ferramenta padrão para fazer os cortes.
 - Reduzir o tempo de manipulação das amostras.
 - Utilizar instrumentos para os testes de Pull Off com velocidade de tensão controlada.

NORSOK M-501

- Desenvolvida pela Indústria do Petróleo Norueguês para garantir valor de custo-benefício adequado para o desenvolvimento e operação do setor de Petróleo.
- Pretende substituir as especificações técnicas próprias da companhias de petróleo e servir de referência para regulamentações governamentais.
- Baseada normalmente em Normas Internacionais consagradas (ISO 20340, ISO 4624, ISO 4628). Adicionalmente, algumas propriedades específicas dos revestimentos podem ser exploradas com maior profundidade.
- Preparada e publicada pela Associação Norueguesa da Indústria do Petróleo.

ESCOPO

- Seleção de materiais para revestimento anticorrosivo, incluindo procedimentos de preparação de superfície, aplicação e inspeção.

OBJETIVOS

- Obter esquemas de pintura que assegurem proteção anticorrosiva otimizada da instalação com a mínima necessidade de manutenção.
- Esquemas de pintura de fácil manutenção.
- Esquemas de pintura de fácil aplicação.
- Impactos de saúde, segurança e meio ambiente sejam avaliados, preservados e documentados.

OBJETIVO

Adotar na PETROBRAS um modelo tal qual a NORSOK M-501, qualificando Esquemas de Pintura e não tintas isoladamente. Os ambientes e condições de operação para os quais esses esquemas seriam qualificados atenderiam às necessidades das áreas de Petróleo e Gás, Construção Naval e Industrial.

Como seria feito (I)

- **Processos de qualificação baseados em condições operacionais das Unidades da PETROBRAS.**
- **Estabelecer parâmetros de desempenho próprios em questões consideradas polêmicas nas normas internacionais.**
- **Adotar sempre que possível Normas Internacionais reconhecidamente inquestionáveis.**
- **Qualificação obrigatória de cada sistema para cada condição mediante aprovação em laboratório independente acreditado.**
- **Qualificação de Esquemas de Pintura para Cura sob Baixas Temperaturas.**
- **Especificação predominantemente baseada no desempenho da película seca. Exigir, para a tinta líquida, somente parâmetros indispensáveis para a caracterização da mesma, proporcionando maior flexibilidade/liberdade para introdução de novas tecnologias.**

Como seria feito (II)

- **Pré qualificação obrigatória para empresas de pintura, jatistas, hidrojatistas, pintores e inspetores de pintura.**
- **Aspersão Térmica e Proteção Passiva contra Fogo seriam incluídas em processos de qualificação específicos, baseados em Normas Técnicas Internacionais com requisitos de desempenho estabelecidos por equipes técnicas da PETROBRAS.**
- **Abordagem específica para tintas antifouling com produtos direcionados para atuação em condição estática.**
- **Incluir item de preparação de superfície especificando tipo e perfil de rugosidade para cada qualificação.**
- **Aceitação de qualificações similares ou complementadas com ensaios adicionais.**

BR-1

- **BR-1.A - Com Tinta de Acabamento**
- **BR-1.B – Sem Tinta de Acabamento**
- **Aço carbono com temperatura de operação de até 120 C (seco).**
- **Aço estrutural, exterior de equipamentos, vasos e tubulações (não isoladas)**
- **Espessura seca mínima: 350 µm (primer Zn) / 450 µm (sem primer Zn).**
- **Não restringir número mínimo de demãos.**
- **Aprovação no teste de Envelhecimento Acelerado (Ageing Resistance) da norma ISO 20340 – 4.200 h.**
- **Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541) estabelecidos para cada tipo de esquema (com e sem Zn; com e sem acabamento), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.**
- **Gisamento e Retenção de Brilho para o esquema 1.A**
- **Rotas de fuga com especificação de granulometria do agregado na penúltima demão.**

BR-2

- Zona de Variação de Maré (ZVM).
- Demais áreas sujeitas a respingos (Splash Zone)
 - Espessura seca mínima: 600 µm.
 - Não restringir número mínimo de demãos.
 - Aprovação nos três testes de longa duração da ISO 20340.
 - *Envelhecimento Acelerado (Ageing Resistance)* - 4200 horas.
 - *Imersão em Água do Mar (ISO 2812-2)*
 - *Descolamento Catódico (ISO 15711:2003 / ASTM G-8)*
 - Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.
 - Requisitos de Resistência à Impacto.
 - Requisitos de Resistência à Abrasão.

BR-3

▪ BR-3.A – Tanques de Lastro

- Tanques de lastro e compartimentos internos que trabalhem sob condição de imersão permanente em água do mar.
- Especificamente para tanques de lastro o revestimento deve ser qualificado de acordo com a norma IMO MSC 215/82. Essa qualificação pode ser estendida para as demais áreas.
- A qualificação pode ser obtida mediante aprovação nos três testes de longa duração da ISO 20340.
 - *Envelhecimento Acelerado (Ageing Resistance) - 4200 horas.*
 - *Imersão em Água do Mar (ISO 2812-2)*
 - *Descolamento Catódico (ISO 15711:2003 / ASTM G-8)*
- Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.

BR-3

▪ BR-3.B – Tanques de Carga

- Tanques de carga para armazenagem de óleo cru, diesel, condensados e água produzida com temperatura de operação até 70C.
- Revestimento de base Epóxi Novolac curado com Poliamina.
- Ensaio em Célula Atlas a 60 C (N-2912).
- Espessura de película seca mínima 400 µm.
- Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.

▪ BR-3.C – Tanques de Armazenamento de Produtos Específicos

- Tanques de carga para armazenagem de Etanol, Metanol, Glicóis e outros produtos armazenados a temperatura ambiente.
- Ensaios de resistência à imersão nesses produtos durante 2.000 h.

BR-3

▪ BR-3.D – Vasos de Pressão

➤ Vasos de pressão com temperatura de operação de até 150 C.

- Revestimento de base Epóxi Novolac curado com Poliamina.
- Ensaio em Célula Atlas a 80 C (N-2912).
- Espessura de película seca mínima 800 µm.
- Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.

▪ BR-3.E – Tanques de Armazenamento de Água Potável

➤ Tanques de armazenamento de água potável à temperatura ambiente.

- Revestimento de base Epóxi sem solventes.
- Espessura seca mínima de 350 µm.
- O revestimento deve ser aprovado por laboratório certificado para análises de água potável com base em legislação específica de potabilidade.

BR-4

➤ Rotas de Fuga, Pisos Antiderrapantes e Passarelas.

- Obrigatório o uso de agregado inerte, de cor clara e granulometria entre 1,0 e 5,0 mm.
- Não restringir número mínimo de demãos.
- Aprovação no teste de Envelhecimento Acelerado (Ageing Resistance) - 4200 horas.
- Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.
- Requisitos de Coeficiente de Fricção.
- Requisitos de Resistência a Impacto.

BR-5

▪ BR-5.A

- **Aço inoxidável não isolado até 100 C (seco) – Alumínio e outras ligas.**
- Obrigatório preparação de superfície por jateamento abrasivo com perfil de de ancoragem mínimo de 40 μm .
- Tinta de acabamento qualificada no **BR-1.A**.
- Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.

▪ BR-5.B

➤ **Aço Galvanizado.**

- Obrigatório preparação de superfície por jateamento abrasivo ligeiro com perfil de de ancoragem entre 20 μm - 40 μm .
- Espessura seca mínima de 250 μm .
- Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.

BR-5

■ BR-5.C

➤ Aço inoxidável isolado com temperatura de operação até 150 C.

- Obrigatório preparação de superfície por jateamento abrasivo com perfil de de ancoragem mínimo de 50 μm .
- Aprovação em ensaios específico para CUI (Corrosão sob Isolamento Térmico).
- Revestimento de base epóxi novolac curado com poliamina com espessura de película seca mínima de 250 μm aplicado diretamente no substrato.
- Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.

■ BR-5.D

➤ Aço inoxidável isolado com temperatura de operação até 150 C.

- Obrigatório preparação de superfície por jateamento abrasivo com perfil de de ancoragem mínimo de 50 μm .
- Revestimento de base matriz multipolimérica (250 μm) ou TSA (200 μm) .
- Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.

Correlação das Normas ISO 20340- NORSOK-M-501-PETROBRAS

BR-6

▪ BR-6.A

- **Aço carbono e aço inoxidável sob condição de imersão constante atuando em conjunto com proteção catódica com temperatura < 50 C.**
- **Obrigatório preparação de superfície por jateamento abrasivo com perfil de de ancoragem mínimo de $50 \mu\text{m}$.**
- **Aprovação em dois testes de longa duração da ISO 20340.**
- *Imersão em Água do Mar (ISO 2812-2)*
- *Descolamento Catódico (ISO 15711:2003 / ASTM G-8)*
- **Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.**

▪ BR-6.B

- **Aço inoxidável isolado com temperatura de operação até 150 C.**
- **Obrigatório preparação de superfície por jateamento abrasivo com perfil de de ancoragem mínimo de $50 \mu\text{m}$.**
- **Aprovação em dois testes de longa duração da ISO 20340.**
- *Imersão em Água do Mar (ISO 2812-2)*
- *Descolamento Catódico (ISO 15711:2003 / ASTM G-8) * (Temperatura de acordo com a operação)*
- **Requisitos de aderência (ISO 4624/ASTM D-4541), especificando equipamento, valores e tipos de falhas.**

CONCLUSÕES I

- ❖ As Normas Internacionais avaliadas neste trabalho apresentam um valioso conteúdo técnico e podem ser usadas para configuração de um novo padrão das normas brasileiras (PETROBRAS/ABNT). Julgamos, entretanto, que não devem ser incorporadas na sua plenitude, isto é, sem restrições para qualificação de esquemas de pintura anticorrosiva no Brasil.
- ❖ A norma ISO 20340 engloba requisitos de desempenho e rastreabilidade que podem garantir qualificação de excelentes esquemas de pintura, entretanto uma valiação interlaboratorial revelou que alguns parâmetros devem ser melhor definidos para melhorar os índices estatísticos de repetitibilidade e reprodutibilidade.

CONCLUSÕES II

- ❖ Alguns conceitos e requisitos de desempenho exigidos nos ensaios nas normas ISO 20340 e NORSOK M-501 devem ser analisados com maior profundidade ao serem introduzidos nas normas brasileiras.
- Número de demãos e relação com a espessura de película seca total.
- Definição de tipo de equipamento exigido para o ensaio de aderência a tração – Pull Off Test (ISO 4624 ou ASTM D-4541).
- Estabelecer valores mais altos e tipos de falhas permitidos para cada tipo de esquema de pintura a ser qualificado. Na avaliação interlaboratorial, o fato de nenhum esquema de pintura ter sofrido qualquer contestação neste teste, reforça nosso parecer.

