

CONPAT 2013

30 de Sep. al 04 Oct. de

XII CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
XIV CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN



Una especialidad, todas las disciplinas

www.conpat2013.com — info@conpat2013.com

Prof. Dr. Bernardo F Tutikian
Head of ITT Performance
Unisinos
Presidente da Alconpat Brasil
bftutikian@unisinos.br

UNISINOS

Somos infinitas posibilidades

Durabilidad de estructuras de concreto y alternativas para garantizar la vida útil - Protecciones químicas y galvanización de armaduras

Prof. Dr. Bernardo F Tutikian
Head of ITT Performance - Unisinos
Presidente da Alconpat Brasil

Introducción

- Segundo ABNT NBR 15575:2013, la vida útil de edificaciones habitacionales debe ser de, mínimo, 50 años, efectuadas las manuteneos e uso adecuado;

Desempeño de las Construcciones

Tabela C.5 – Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP)*

Sistema	VUP anos		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥25	≥ 30

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

Introducción

- Ya EN BS 7543:2003 estipula en 120 años la vida útil de edificios de alta calidad y en 60 años para edificios nuevos y reformas en predios públicos;
- British standard BS ISO 15686 (2001) 'Buildings and constructed assets – Service life planning' es otra normativa importante.

Introducción

Categoría	Descrição	Vida útil	Exemplos
1	Temporária	Por acordo e até 10 anos	Abrigos não-permanentes e edifícios de exposição temporários
2	Vida curta	Período mínimo de 10 anos	Edifícios educacionais temporários, lojas de varejo, escritórios (renovação interna)
3	Vida média	Período mínimo de 30 anos	Edifícios industriais, renovação de edifícios habitacionais
4	Vida normal	Período mínimo de 60 anos	Escolas e hospitais novos; edifícios habitacionais novos; renovação de alta qualidade de edifícios públicos
5	Vida longa	Período mínimo de 120 anos	Edifícios públicos e outros edifícios de alta qualidade

EN BS 7543:2003

Introducción

- En estructuras de concreto armado, la degradación del material concreto no es la preocupación principal, para la grande parte de los casos;



Havana, Cuba, 2012 - *La Fortaleza de San Carlos de la Cabaña*

Introducción

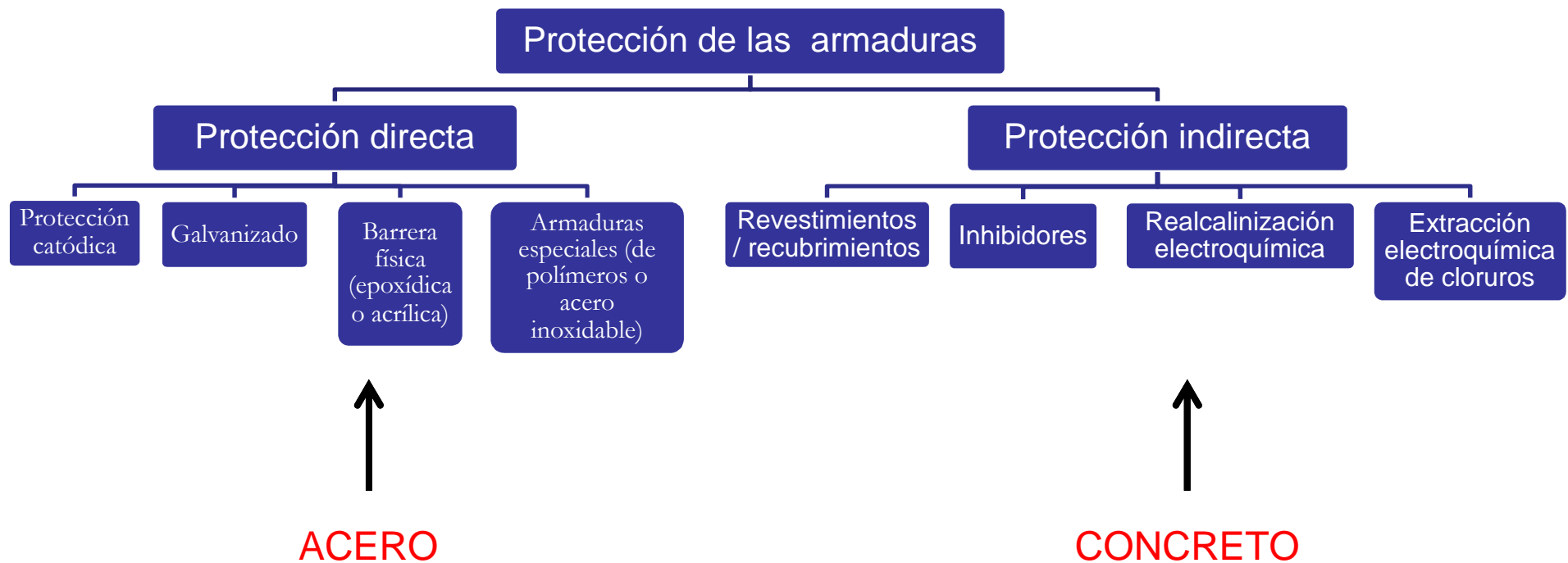
- Para proteger las estructuras y garantizar la vida útil de proyecto es posible actuar en el concreto (**protección indirecta**) o en la armadura (**protección directa**);

Introducción

- Una de las manifestaciones patológicas mas recurrentes y preocupantes en estructuras es la corrosión de las barras de acero;
- Para proteger las estructuras y garantizar la vida útil de proyecto es posible actuar en el concreto (**protección indirecta**) o en la armadura (**protección directa**).

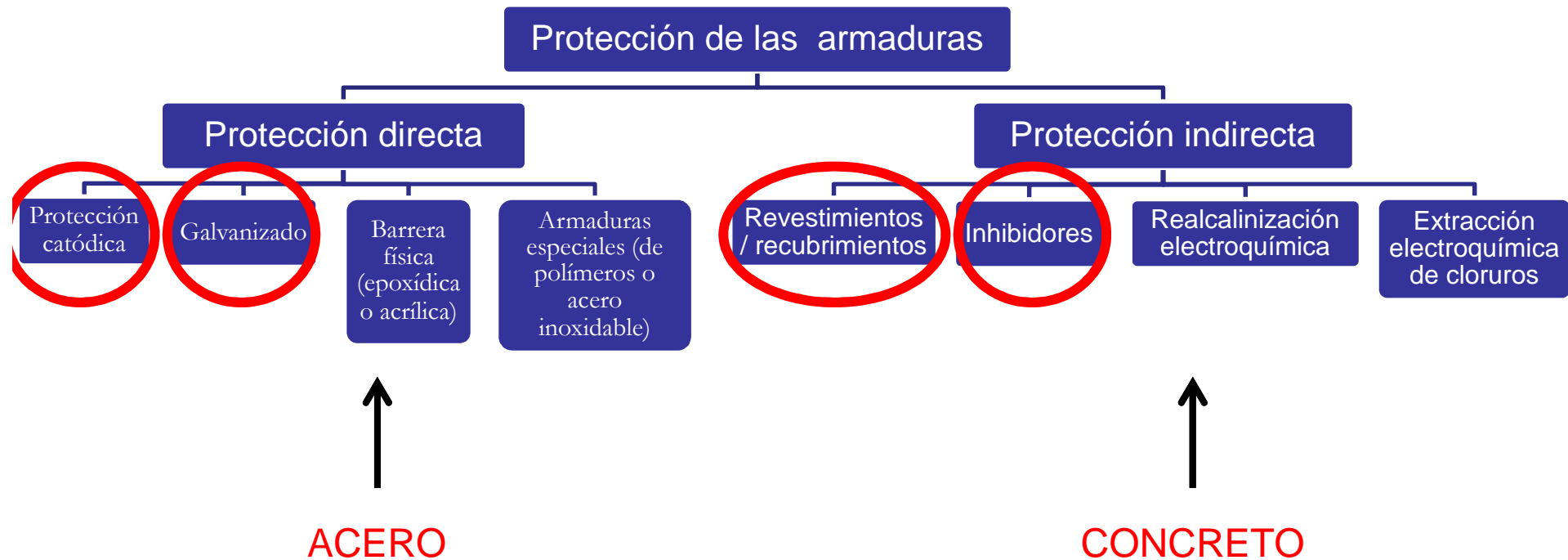
Corrosión del acero

- Para proteger:



Corrosión del acero

- Para proteger:



Revestimientos / recubrimientos

- Como recubrimiento se tiene la protección por espesor e calidad de hormigón;
- ABNT NBR 6118:2007 estipula espesor, resistencia y relación agua/cemento máxima para los hormigones, para cada tipo de ambiente.

Revestimientos / Recubrimientos

Propiedades	Tipo	Clases de agresividad			
		Rural / sumergido	Urbana	Industrial / marítima	Salpicaduras de marea
Relación agua / cemento máxima	Concreto Armado	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	Concreto Protendido	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Resistencia del hormigón	Concreto Armado	20	25	30	40
	Concreto Protendido	25	30	35	40
Recubrimientos para losas	Concreto Armado	20	25	35	45
	Concreto Protendido	30	35	45	55
Recubrimientos para columnas y vigas	Concreto Armado	25	30	40	50
	Concreto Protendido	30	35	45	55

Revestimientos / Recubrimientos

- Se entiende que respectando la tabla anterior en proyecto, se cumplirá la vida útil mínima de 50 años;

¿PERO, SERÁ VERDAD?

Revestimientos / Recubrimientos



Piso de aeropuerto Salgado Filho Internacional – Porto Alegre / BR



Piso de aeropuerto Salgado Filho Internacional – Porto Alegre / BR



PERFORMANCE

Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil



Somos infinitas possibilidades

Revestimientos / Recubrimientos



Ejecución deficiente (Geyer e Brandão, 2007)

Revestimientos / Recubrimientos



Recalque diferencial em Santos / BR

Revestimientos / Recubrimientos



Depósito de productos químicos
(Tomazelli, Wasem, Machado, Strassburger e Tutikian, 2013)

Revestimientos / Recubrimientos



(Figueira, Gehm, Wi



Hurina en hormigón (Tutikian, 2012)



Wilke, 2012)

Inhibidores de corrosión

- El inhibidor de corrosión es una sustancia que se agrega a la mezcla de hormigón para proteger la armadura contra el ataque corrosivo;
- Este método ayuda la durabilidad del hormigón, principalmente en casos donde hay gran contenido de cloruros en ambiente;
- Puede ser colocado liquido directamente en la mezcla del hormigón o por impregnación.

Inhibidores de corrosión

- prismas referencia (sin protección)
- prismas con tres tipos de inhibidores:
 - por impregnación en el concreto endurecido
 - agregado líquido a la mezcla del concreto
 - pintura previa de las barras de acero con crómato de zinc (**barrera física**)

Inhibidores de corrosión

Mezcla	Traço			Relação a/c	Umidade H (%)	Abatimento do concreto fresco (mm)	Teor de argamassa (%)
	Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo				
1:3,5	1	1,43	2,07	0,35	7,78	100	54,0
1:5,0	1	2,24	2,76	0,50	8,33	90	54,0
1:6,5	1	3,05	3,45	0,65	8,67	100	54,0

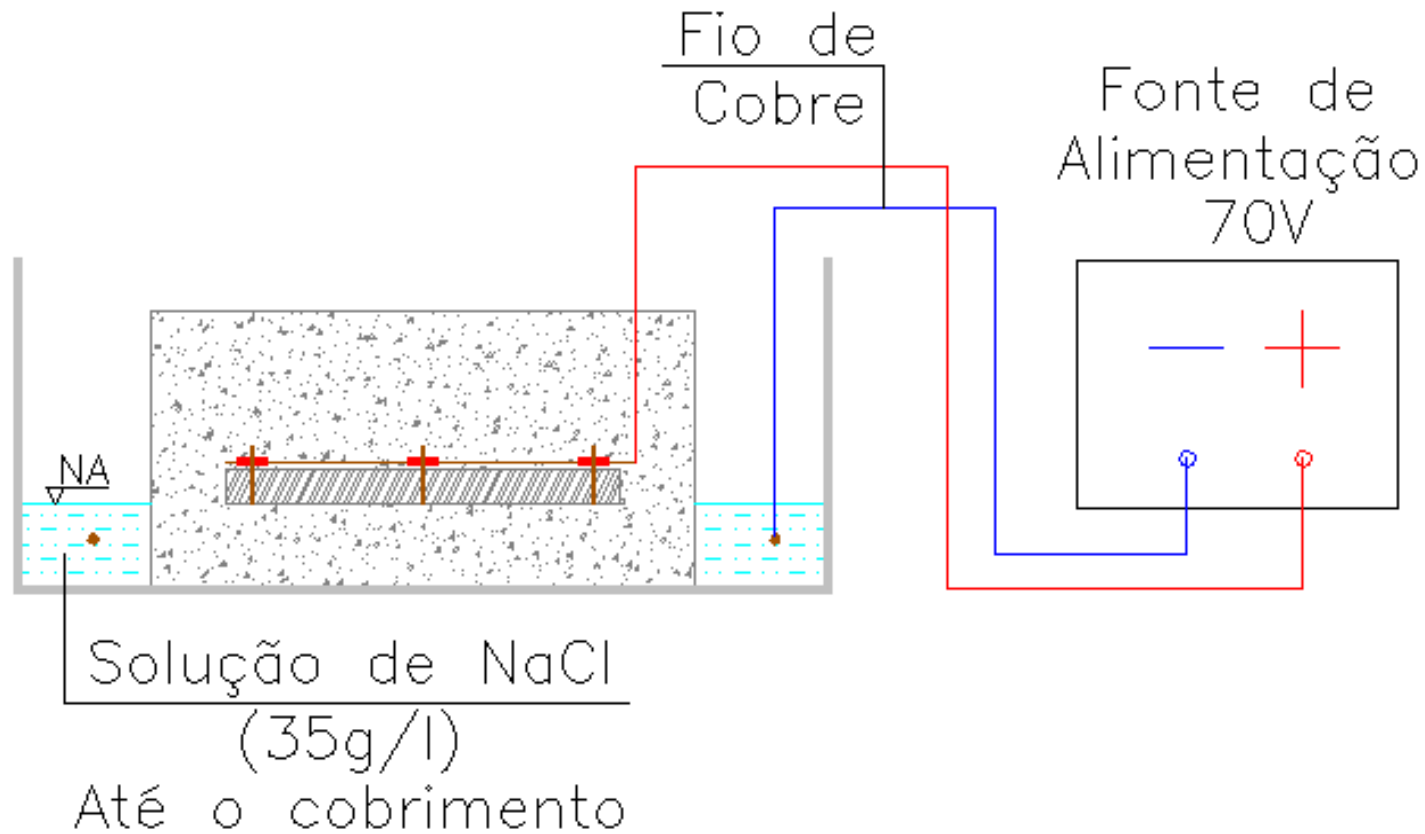
Ortolan e Tutikian, 2011

Inhibidores de corrosión

Idad	Mezcla	Resistencia potencial (MPa)
7 días	1:3,5	30,7
	1:5,0	20,5
	1:6,5	17,2
28 días	1:3,5	47,4
	1:5,0	32,0
	1:6,5	25,3

Ortolan e Tutikian, 2011

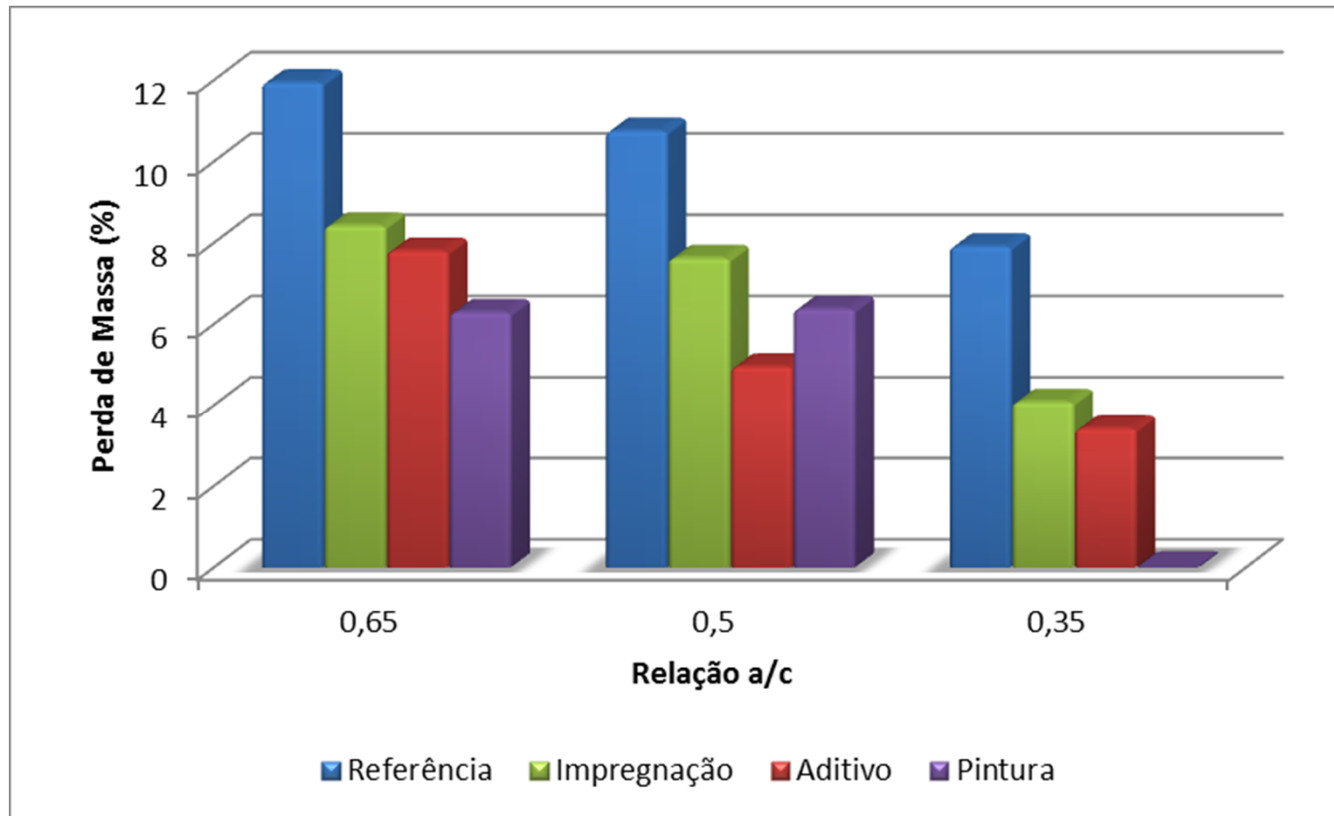
Inibidores de corrosión



Ensaio CAIM (Graeff / Torres / Silva Filho)

Ortolan e Tutikian, 2011

Inhibidores de corrosión



Pérdida de masa (%) para cada uno de los métodos de protección y las relaciones a/c

Ortolan e Tutikian, 2011

Inhibidores de corrosión

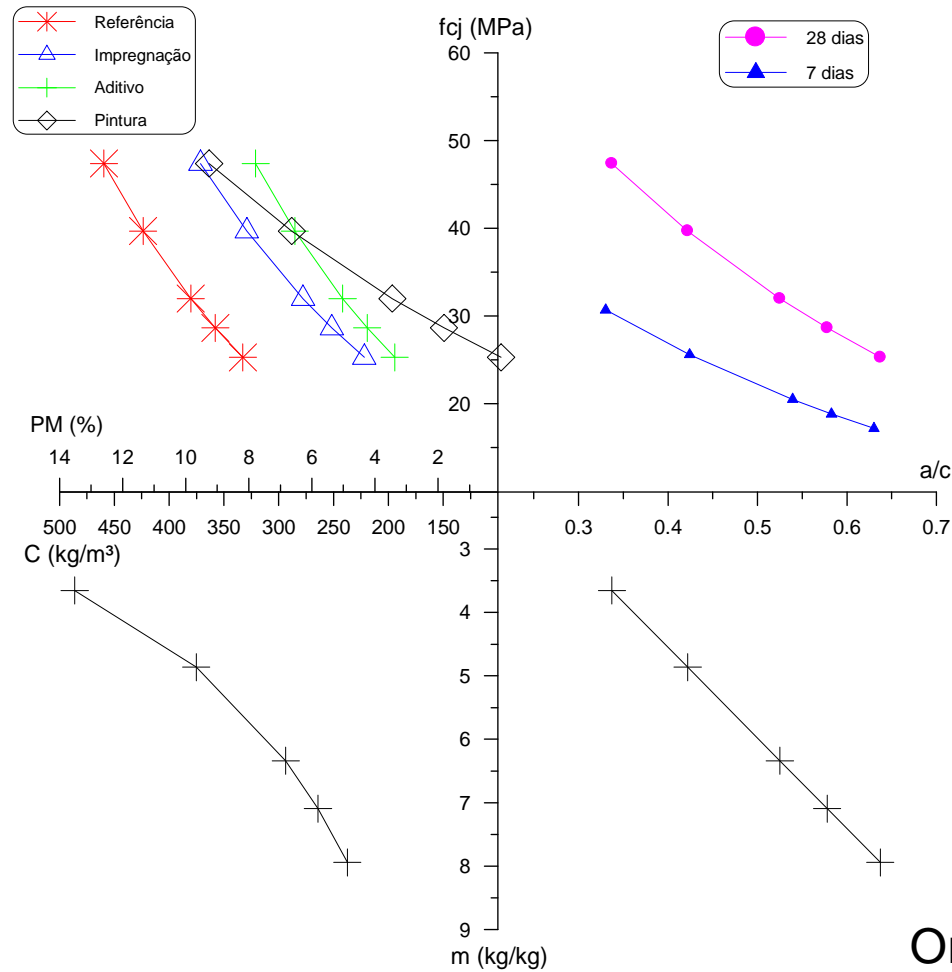


Diagrama de dosaficación

Ortolan e Tutikian, 2011

Inhibidores de corrosión



Referencia sin
protección



Inhibidor liquido



Inhibidor
impregnación



Pintura de zinc
(barrera fisica)

Ortolan e Tutikian, 2011

Inibidores de corrosión



Visualização da região catódica e anódica nas barras

an e Tutikian, 2011

Museo Ibero Camargo



Silva Filho, Kirchheim, 2007

Protección catódica

- La protección catódica es la única técnica que interrumpe efectivamente la corrosión, utilizando principios de la electroquímica;
- En 1982, The *Federal Highway Administrator* en los EUA reconoció la protección catódica como la única técnica de rehabilitación capaz de eliminar la corrosión de estructuras deterioradas, independientemente del contenido de cloruros (Lourenço, 2007).



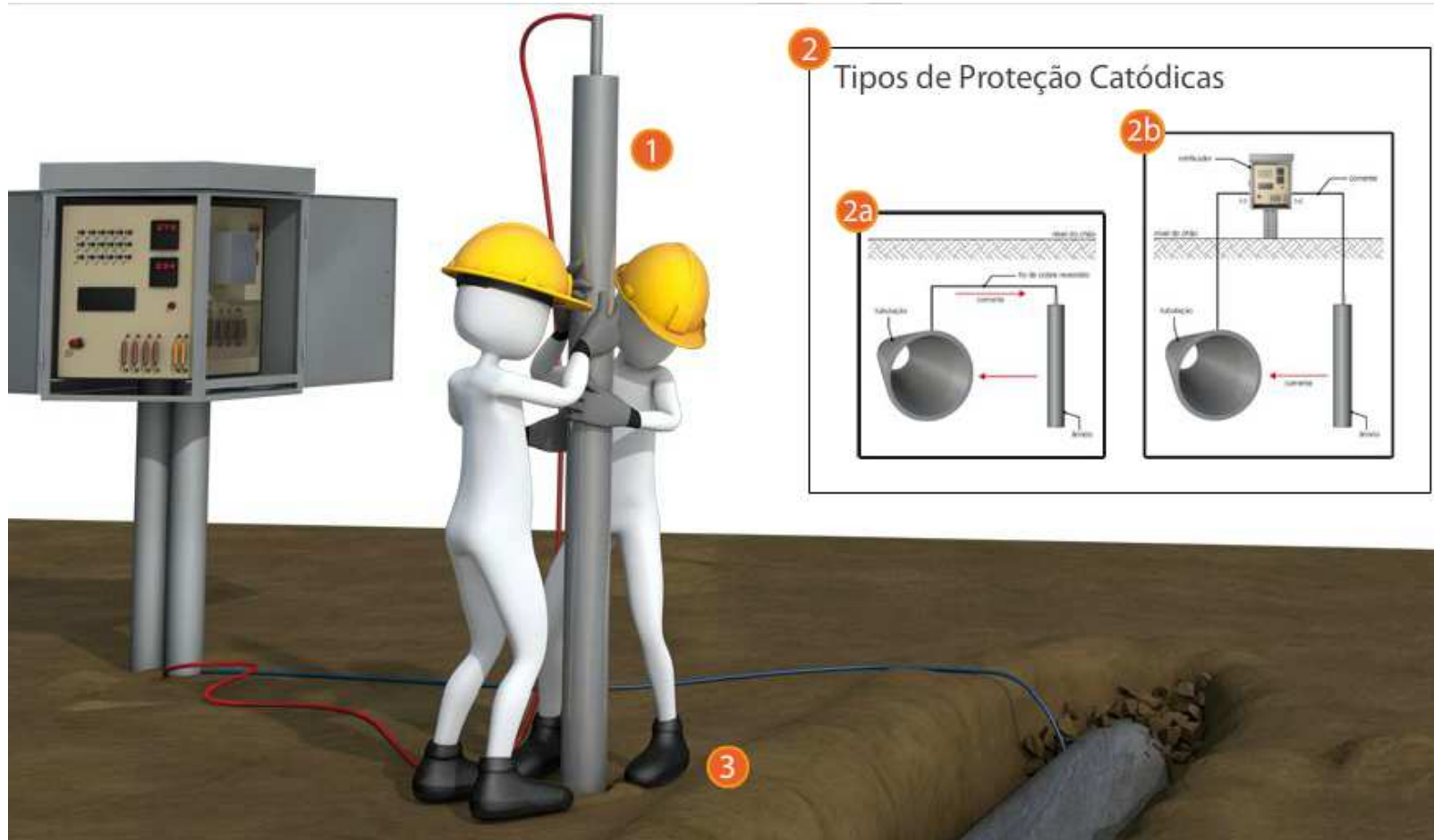
Protección catódica

- La protección catódica es una técnica que es aplicada en todo el mundo, y su uso en Brasil crece a cada día, para combatir la corrosión en estructuras metálicas enterradas, sumerjas e en contacto con electrólitos (Mazzini, 2009);
- El principio de la protección catódica es poner el potencial de corrosión del equipo igual a inmunidad del material.

Protección catódica

- ❖ Protección por ánodo de sacrificio;
- ❖ Protección por corriente impresa.

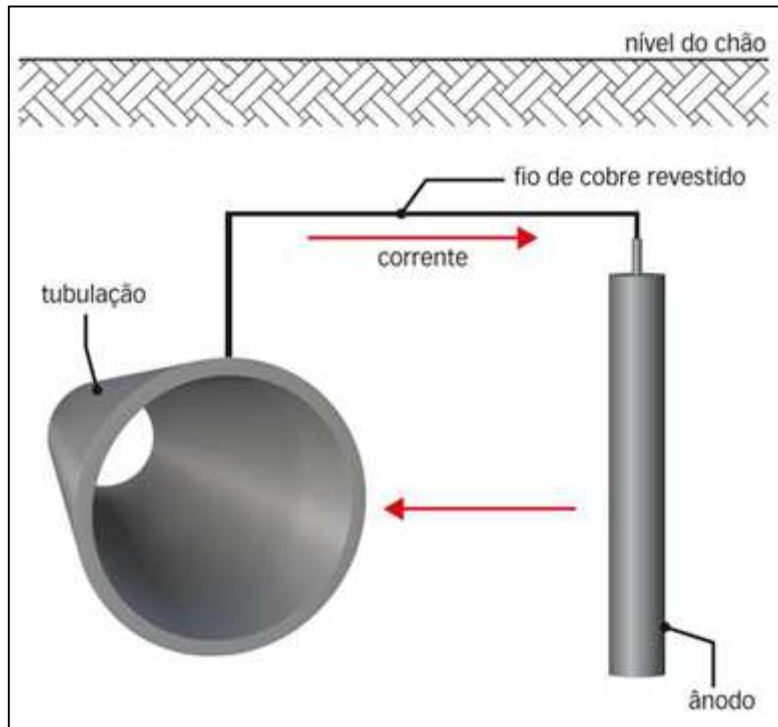
Protección catódica



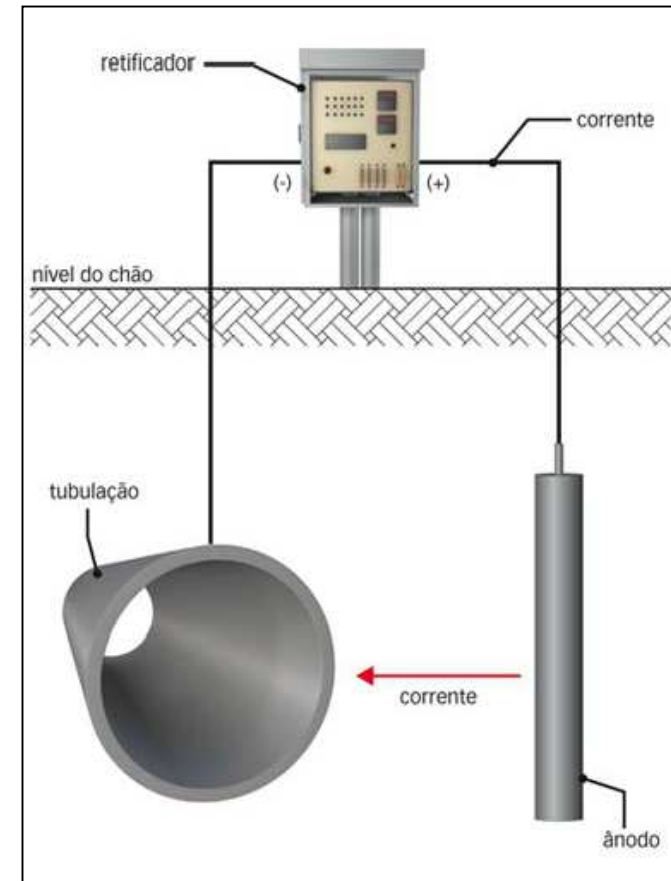
Infraestrutura, PINI, 2013

Protección catódica

Ânodo de sacrificio



Corrente impressa



Infraestrutura, PINI, 2013

Galvanización

- Una de las alternativas más eficientes para proteger las armaduras contra la corrosión es la galvanización en caliente, con la incorporación de una camada de zinc que será consumida antes del acero, prolongando la vida útil de la estructura;
- El acero galvanizado tiene gran durabilidad, así su uso aumenta cada vez más.



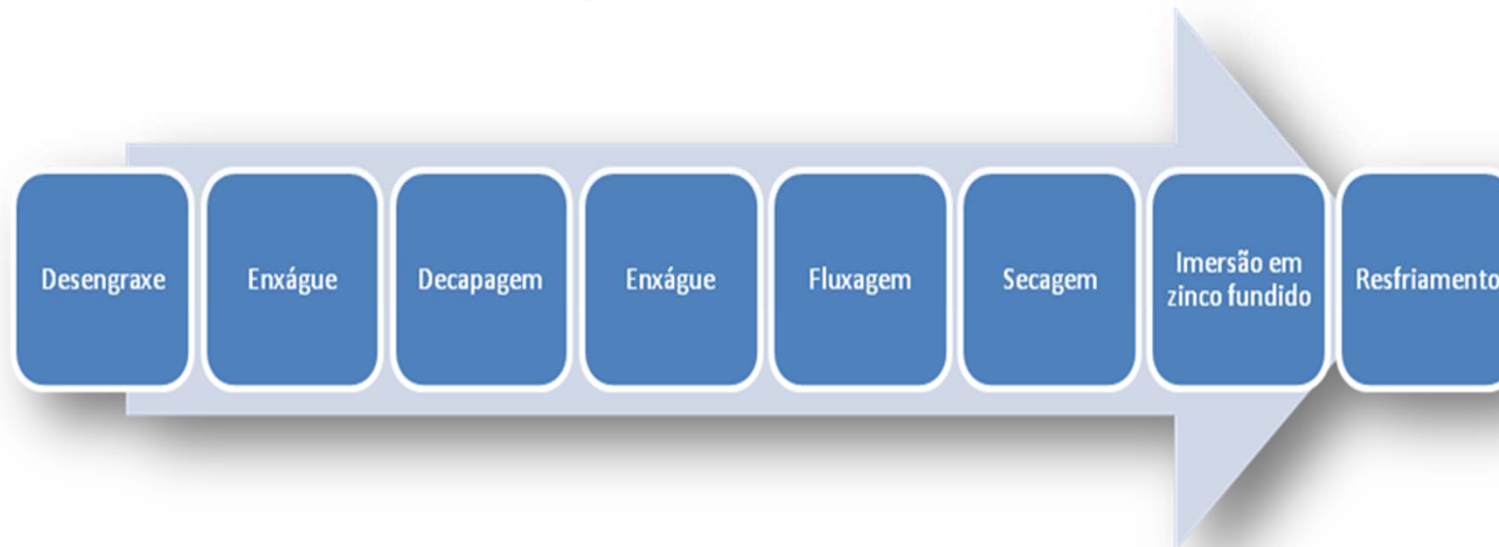
Galvanización

Categoria de corrosividade	Perda de massa por unidade de superfície/perda de espessura (após um ano de exposição)			
	Aço baixo-carbono		Zinco	
	Perda de massa (g/m ²)	Perda de espessura (µm)	Perda de massa (g/m ²)	Perda de espessura (µm)
C1 – muito baixa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1
C2 – baixa	>10 a 200	>1,3 a 25	>0,7 a 5	>0,1 a 0,7
C3 – média	>200 a 400	>25 a 50	>5 a 15	>0,7 a 2,1
C4 – alta	>400 a 650	>50 a 80	>15 a 30	>2,1 a 4,2
C5 - muito alta	>650 a 1500	>80 a 200	>30 a 60	>2,1 a 4,2

Fonte: ISO 9223:2012

Galvanización

- Mucho utilizado en estructuras metálicas, ahora pasa a ser una opción para estructuras en concreto armado;



Galvanización



Resfriamiento de las barras – Bereta / Brasil

Galvanización



Sydney Opera House

Galvanización

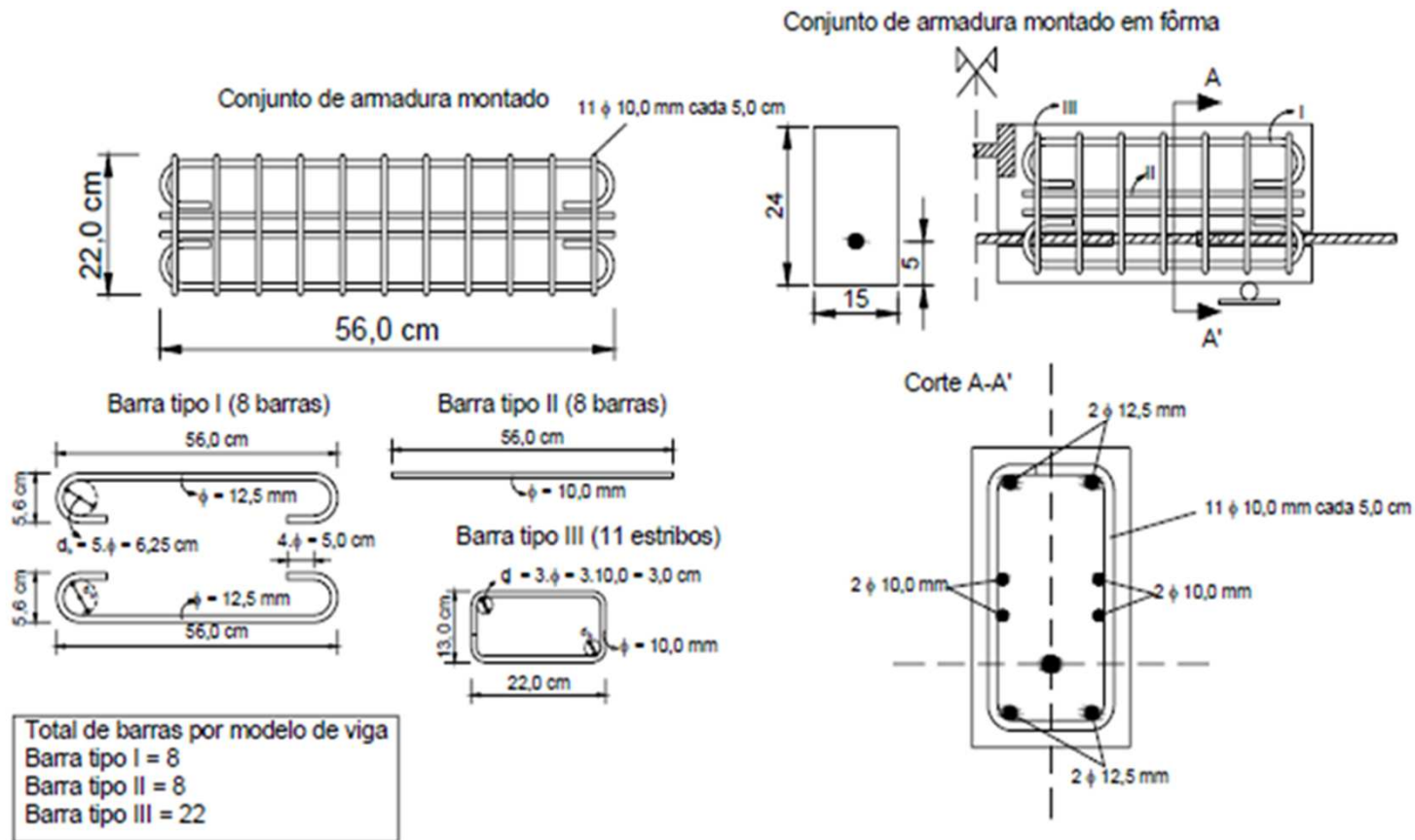
- Pero la galvanización no puede perjudicar la adherencia entre el acero e hormigón;
- Fue hecho un comparativo entre las barras galvanizadas y sin protección, para tres diámetros de acero, para estudiar la adherencia y la corrosión.

Galvanización

Propriedades e dimensões	Tipo A	Tipo B
Diâmetro das barras (mm)	< 16	≥ 16
Comprimento de aderência (ld)	10 ϕ	10 ϕ
Espessura dos blocos de concreto (cm)	18	24
Altura dos blocos de concreto (cm)	37,5	60
Distância entre os blocos de concreto (cm)	5	6
Largura total da viga (cm)	80	126
Largura das barras de ensaio (cm)	100	150
Distância entre o eixo da barra e o eixo da rótula (cm)	10	15
Distância entre o eixo da barra e o eixo da face inferior da viga (cm)	5	5
Distância entre cargas (cm)	15	20
Distância entre apoios (cm)	65	110

FONTE: Adaptado da Rilem, 1978

Galvanización



Fonte: ALMEIDA FILHO, F. M.(2006)

Galvanización

Diâmetro da barra (mm)	Traço em massa	Relação a/c	fc 7 dias (MPa)	fc 28 dias (MPa)
8	1:6	0,6	16,7	26,4
12,5	1:6	0,6	15,5	23,2
16	1:6	0,6	14,5	22,5



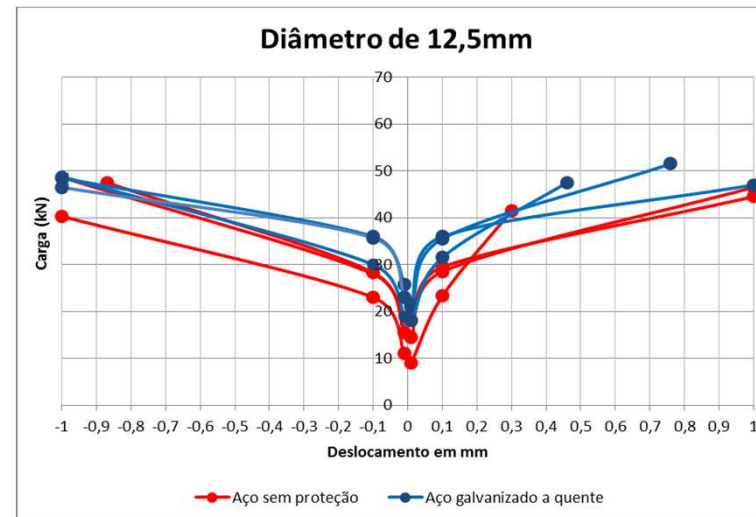
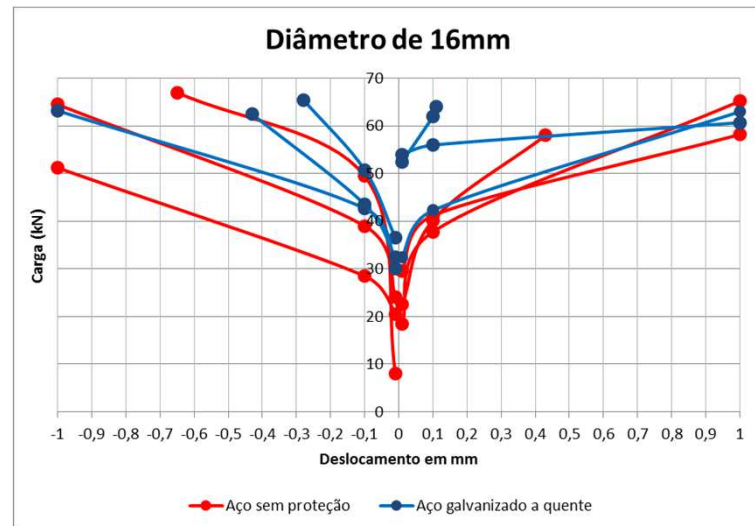
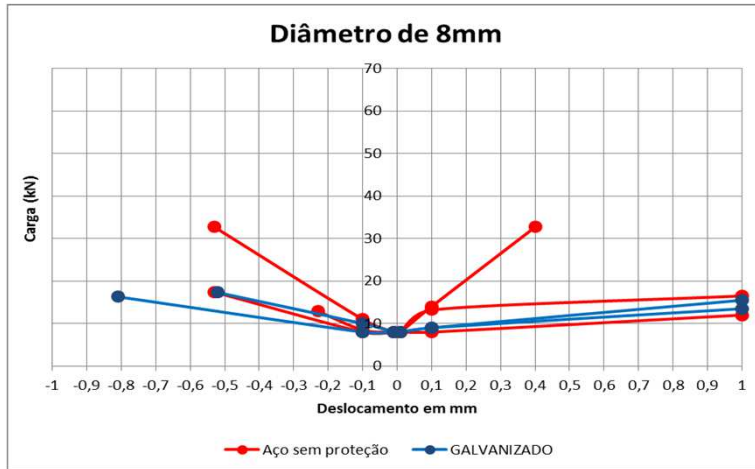
Howland, Tutikian e Hilgert, 2012

Galvanización



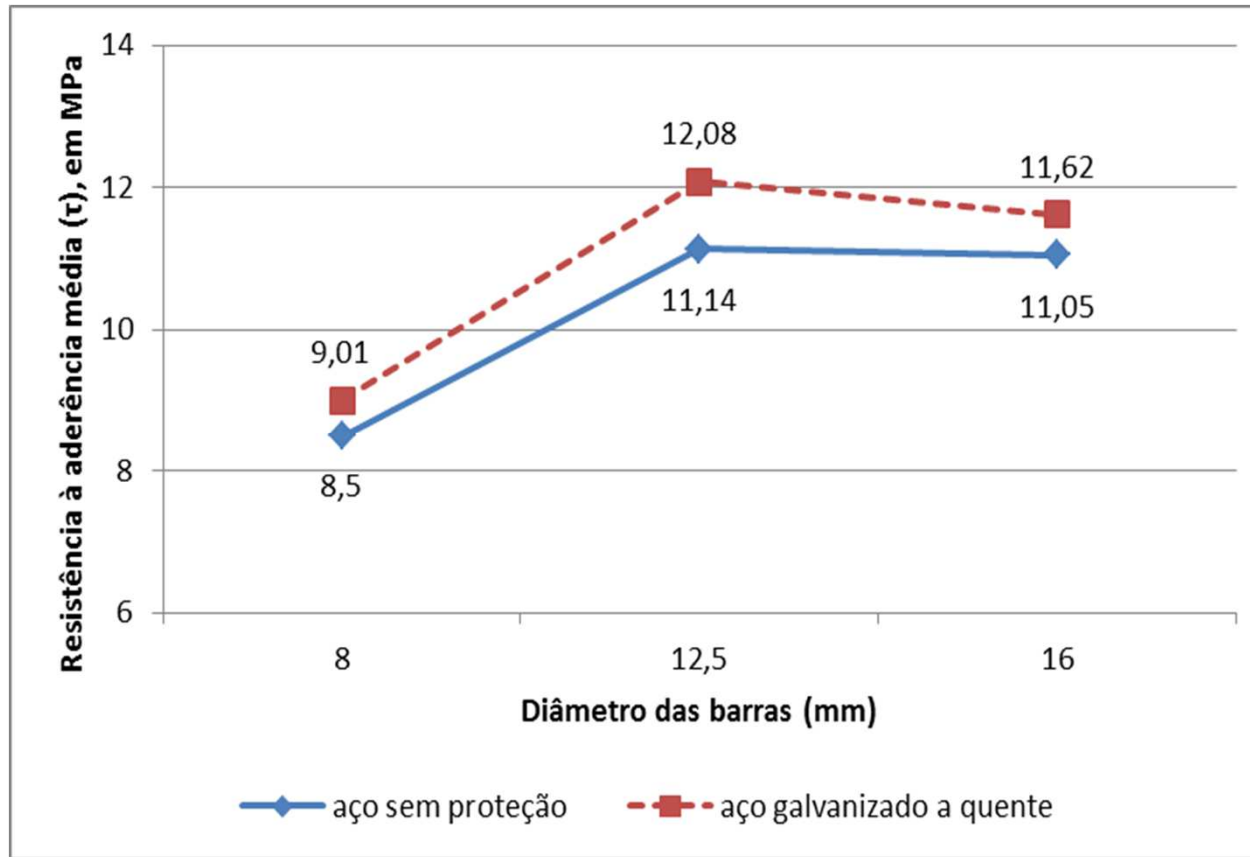
Howland, Tutikian e Hilgert, 2012

Galvanización











Howland, Tutikian e Hilgert, 2012

Galvanización



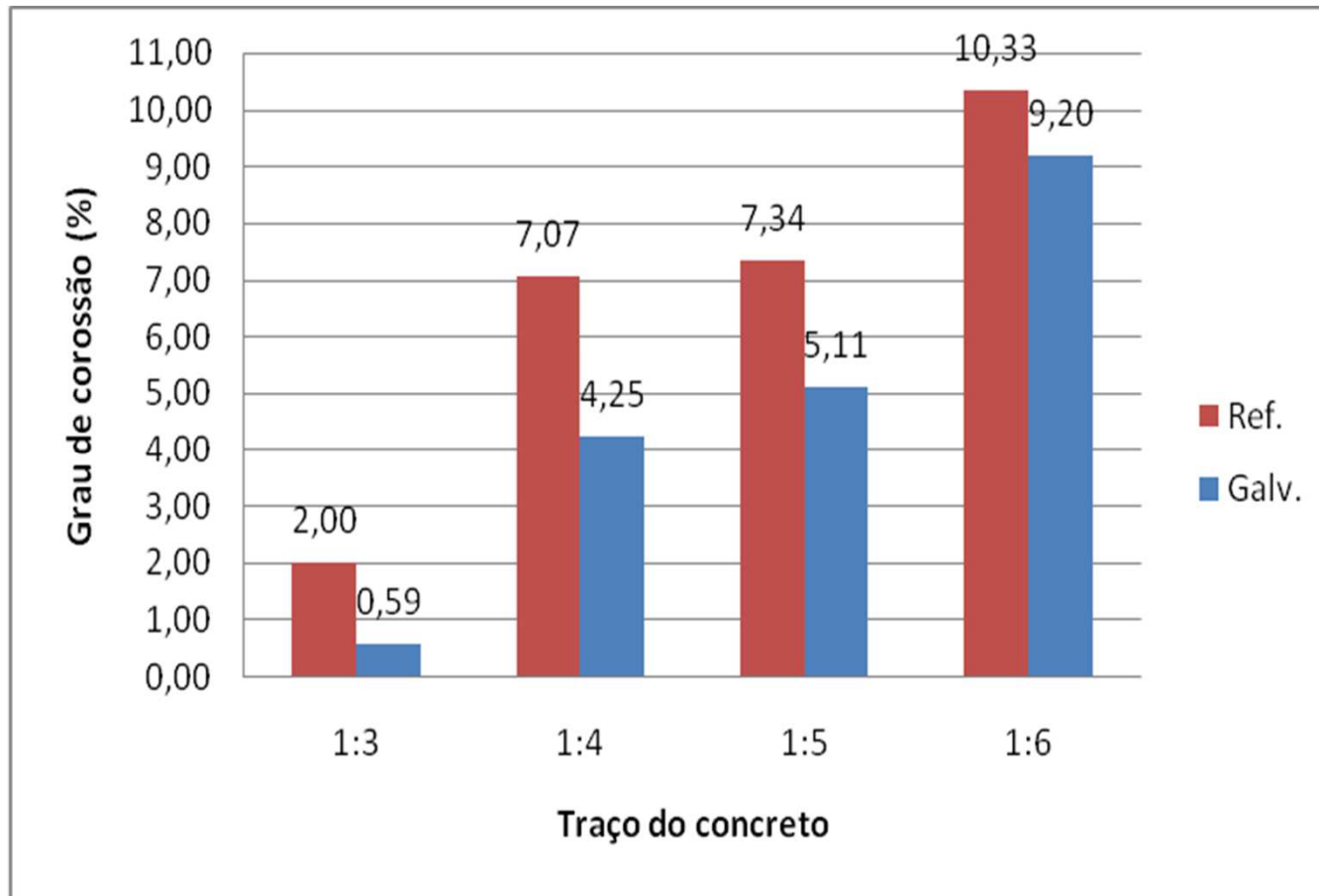
Howland, Tutikian e Hilgert, 2012

Galvanización

	REFERENCIAL	GALVANIZADO
1:3	 <p>GC = 2,00%</p>	 <p>GC = 0,59%</p>
1:4	 <p>GC = 7,07%</p>	 <p>GC = 4,25%</p>
1:5	 <p>GC = 7,34%</p>	 <p>GC = 5,11%</p>
1:6	 <p>GC = 10,33%</p>	 <p>GC = 9,20%</p>

Howland, Tutikian e Hilgert, 2012

Galvanización



Howland, Tutikian e Hilgert, 2012

Consideraciones finales

- Hay diversas posibilidades de garantizar un aumento de vida útil de las estructuras;
- Los profesionales deben conocer las posibilidades y hacer un análisis técnico / económico.