

O USO DO **AÇO GALVANIZADO** VISANDO O AUMENTO DA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: OBRAS DE SANEAMENTO

Autores:

Lucy Inês Oliven – Techconsult

Luércio Scandiuzzi - Techconsult

Olga Shizue Taki – Sabesp

Tarcísio Dias Ferreira – Sabesp

Daniele Albagli – Votorantim Metais

Agenda

1. **Plano de Manutenção Civil** : inspeção em 243 estruturas; Cadastro de todas as anomalias com compilação no sistema informatizado; Análise da anomalia mais frequente, elemento mais solicitado e causa mais provável;
2. Análise comparativa das características dos aços com e sem revestimento de zinco;
3. Estabelecimento de dois processos de recuperação: com e sem revestimento do aço galvanizado a quente;
4. Cálculo dos custos levando em conta a durabilidade;
5. Conclusões.

Universo do Estudo

Área inspecionada em 197 reservatórios:

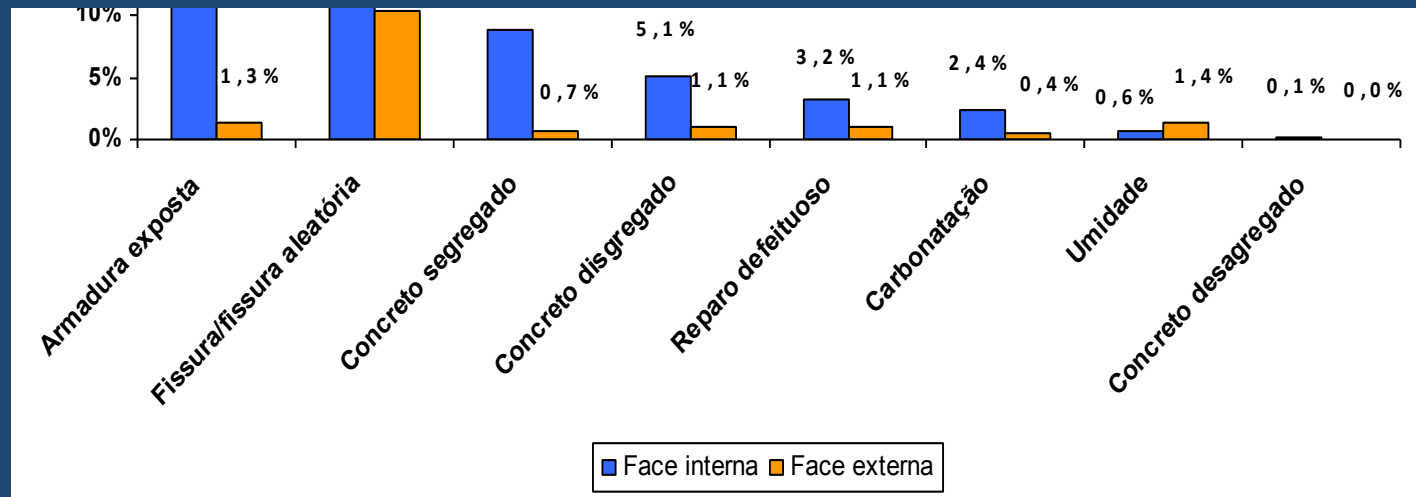
Face interna = 190.500 m²

Face externa = 109.778 m²

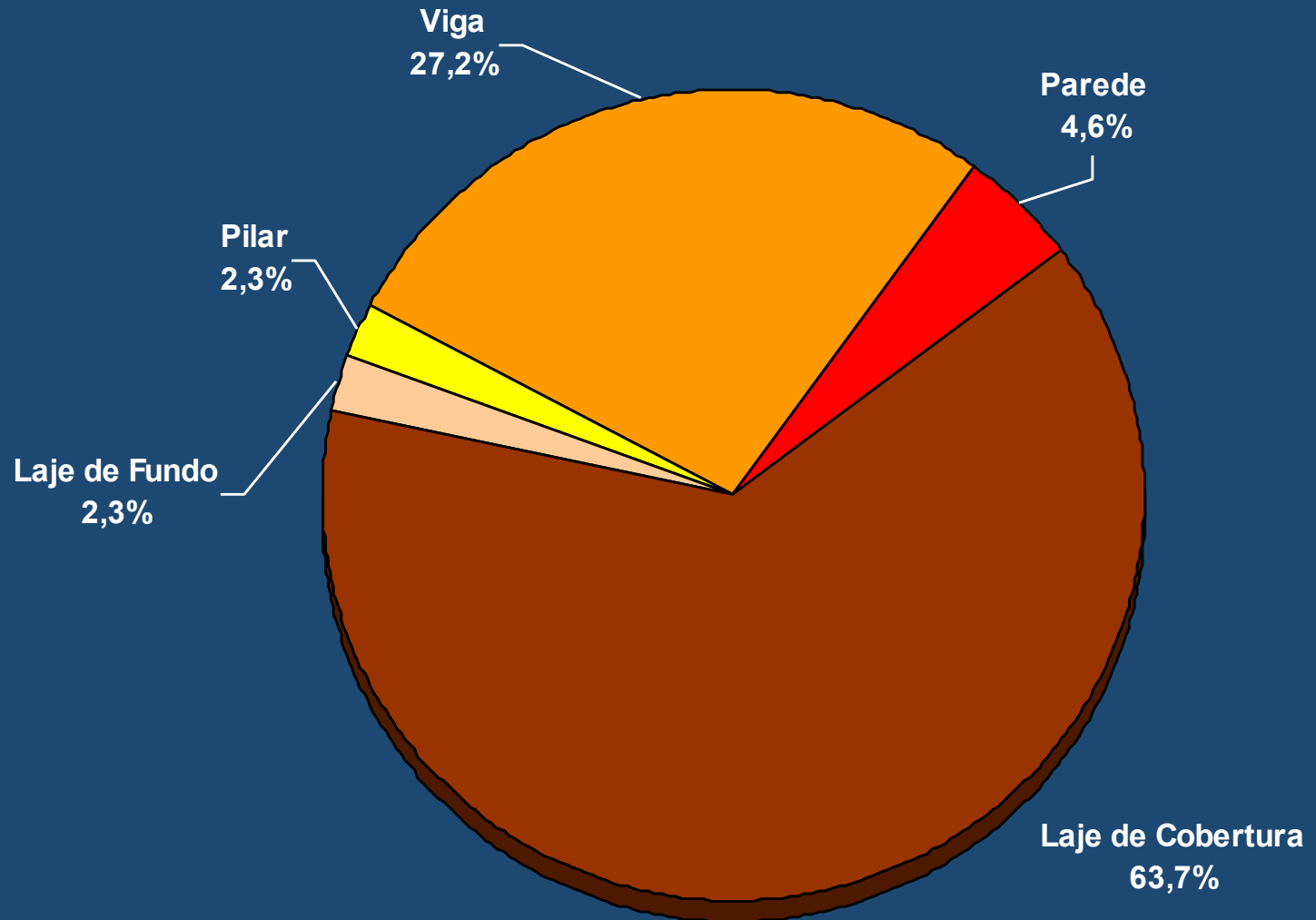
Anomalias mais Frequentes



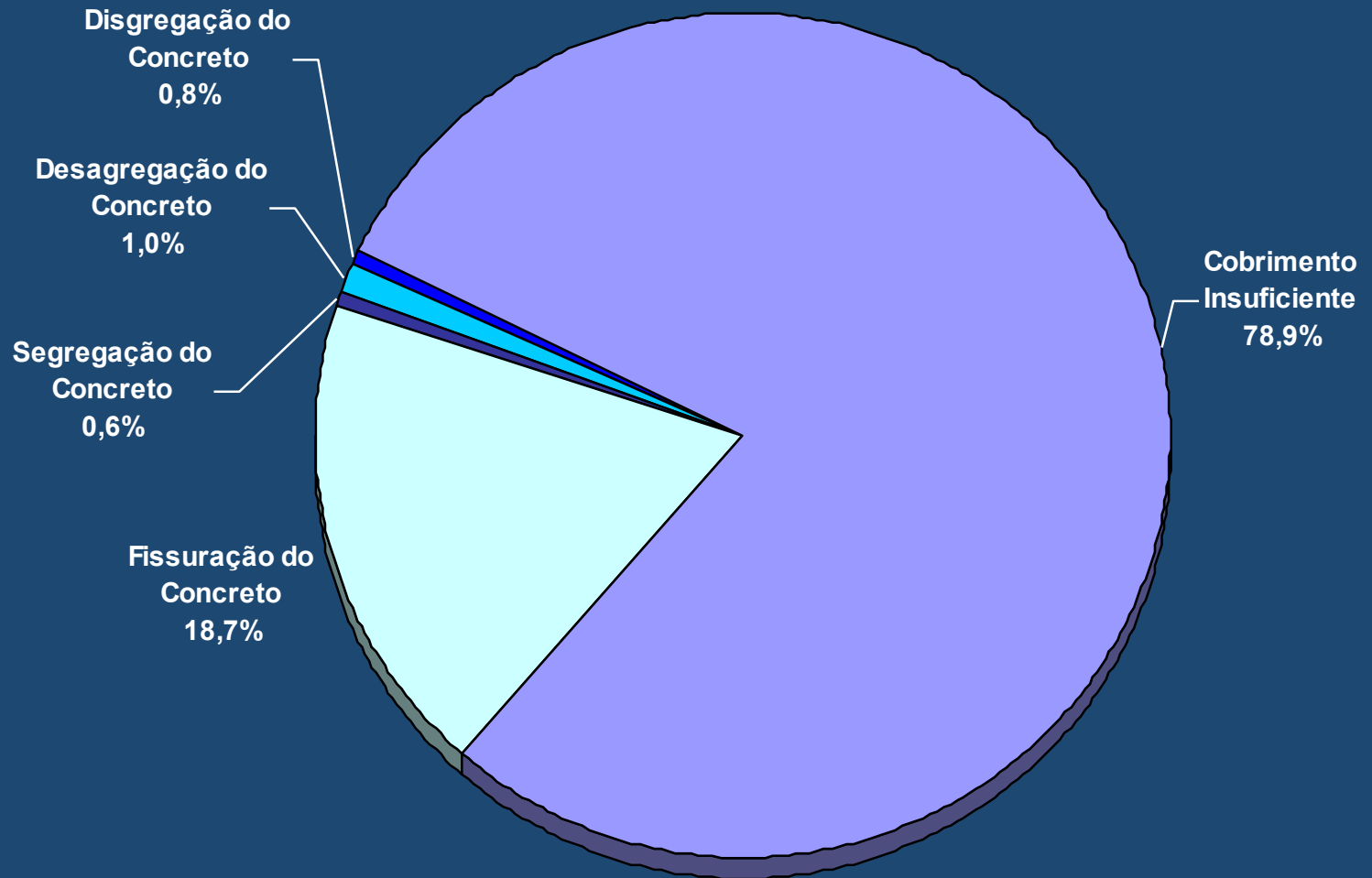
45,2% das anomalias : “armaduras expostas” na face interna  consequente corrosão das mesmas.



Elemento Estrutural mais Afetado

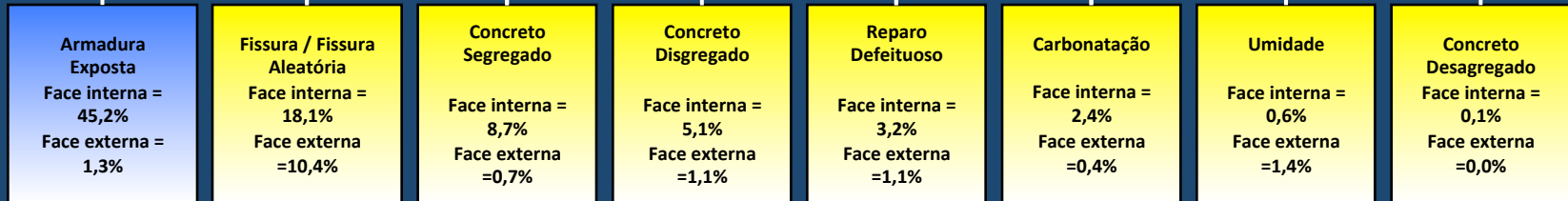


Causas mais Frequentes

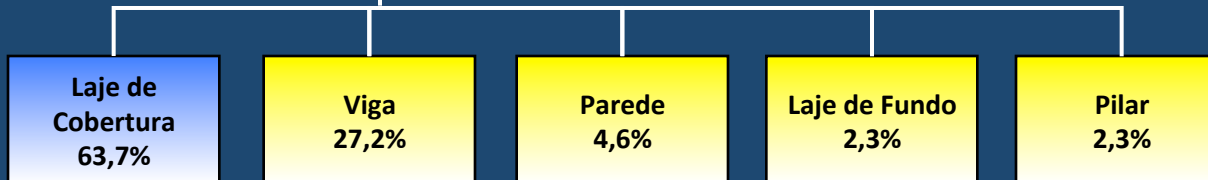


Fluxograma: Análises

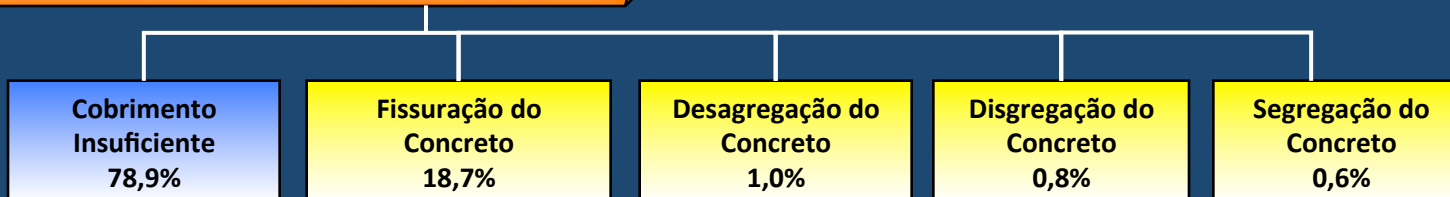
Quais as anomalias mais frequentes em relação à área total inspecionada?



Qual elemento foi mais atingido por armadura exposta na face interna?



Qual a principal causa de armadura exposta na face interna das lajes de cobertura?



Fotos Ilustrativas

Corrosão de armaduras em lajes de cobertura



Agenda

1. **Plano de Manutenção Civil** : inspeção em 243 estruturas; Cadastro de todas as anomalias com compilação no sistema informatizado; Análise da anomalia mais frequente, elemento mais solicitado e causa mais provável;
2. **Estabelecimento de procedimentos operacionais** : com e sem revestimento de aço com zinco;
3. **Estabelecimento de variáveis para a vida útil** : com e sem revestimento de aço com zinco em conta a durabilidade;

Definição

consiste em todo tratamento aço visando preservar as suas qualidades e durabilidade.

QUENTE

- **GALVANIZAÇÃO A FOGO**

Conceitos Gerais

Galvanização a quente:

- A armadura em aço-carbono é imersa em um banho de zinco fundido com uma temperatura da ordem de 450°C;
- Quando o material é extraído do banho e resfriado, sobre a superfície do aço forma-se uma camada metálica aderente, caracterizada por uma parte externa, essencialmente de zinco puro, e uma sequência de camadas internas, constituídas de ligas ferro-zinco, cada vez mais ricas em ferro;
- A espessura total da camada de galvanização é de 80-100 μm (NBR 6323).

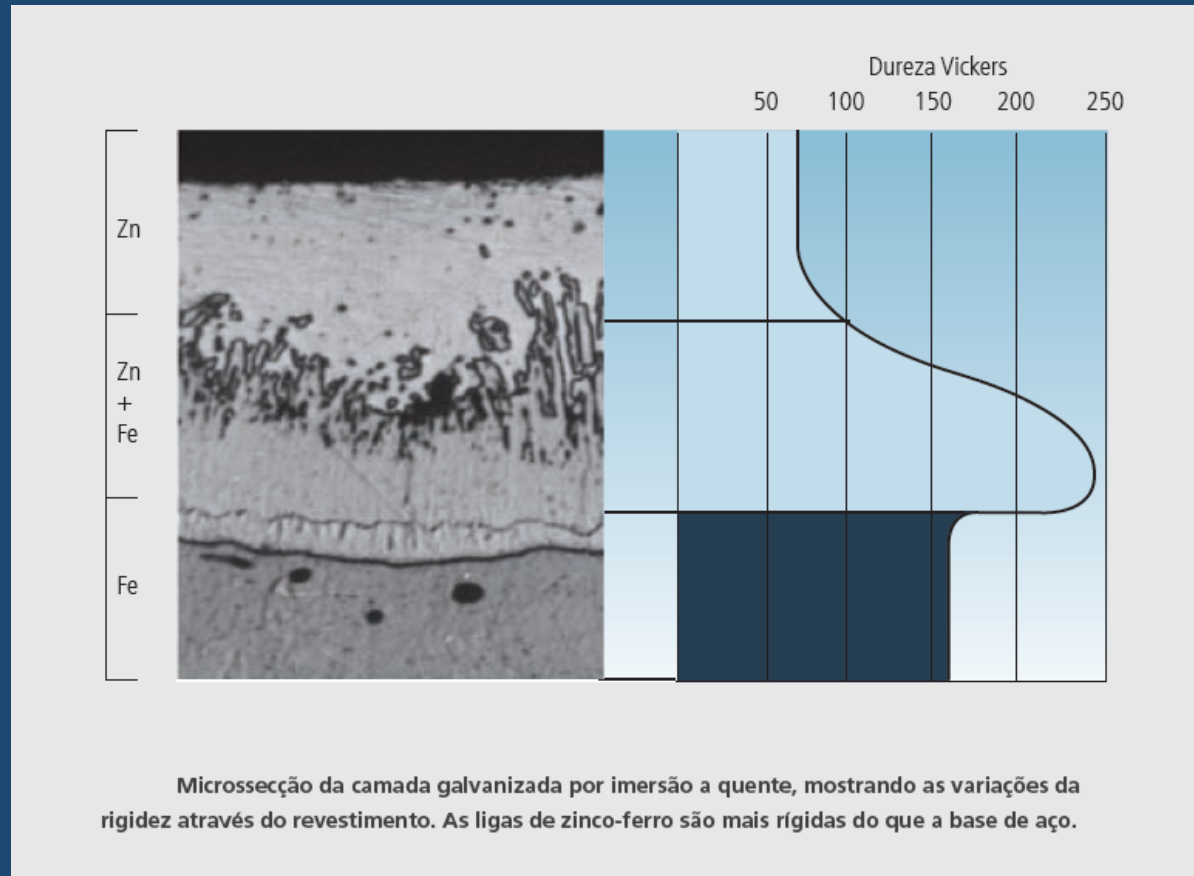
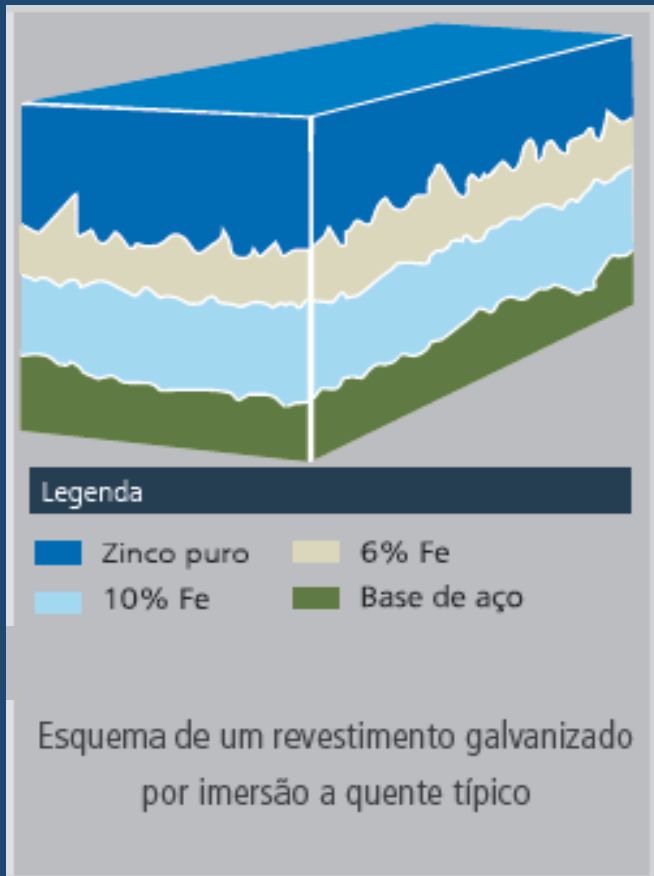
Processo de Galvanização



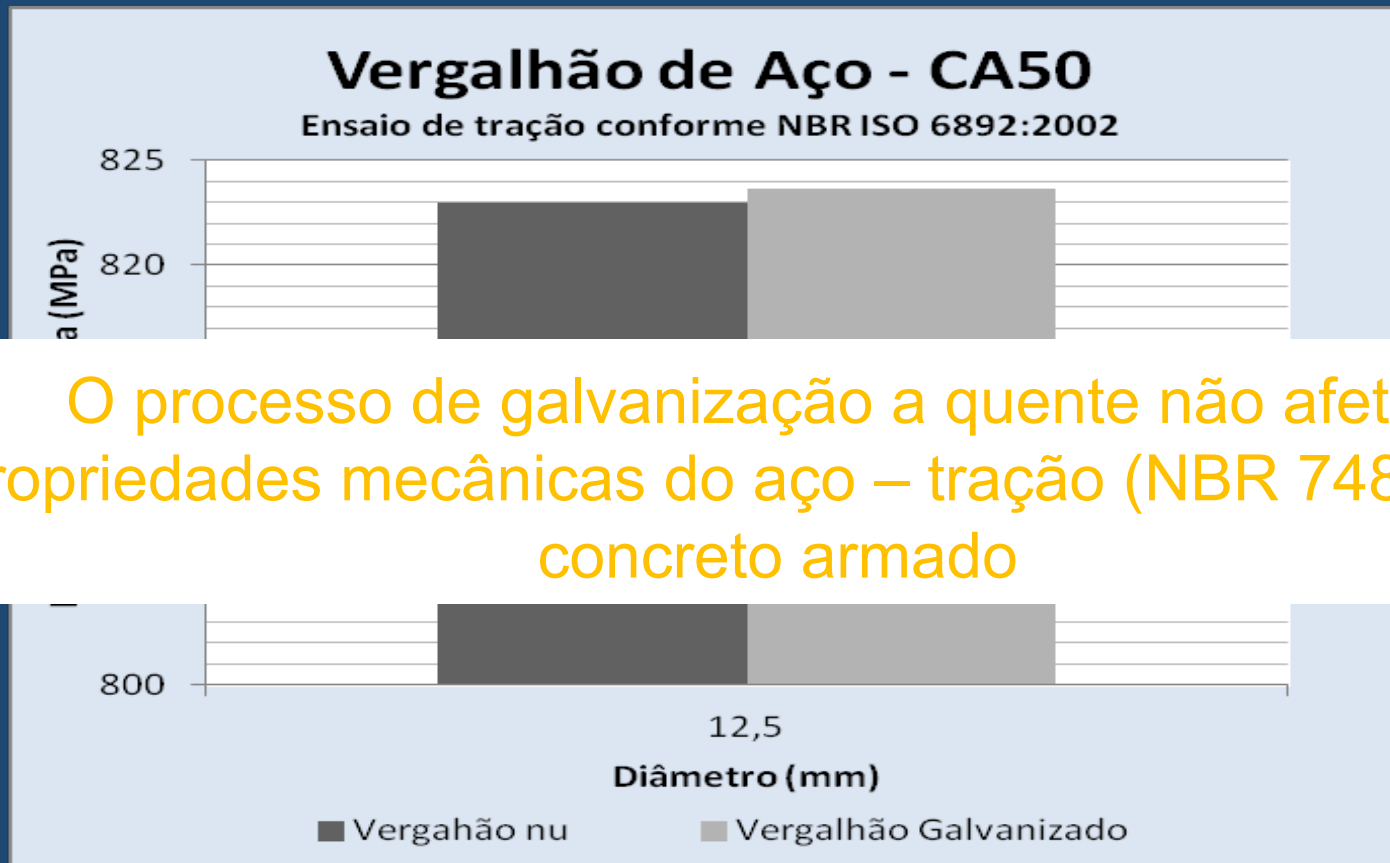
Esquema
Típico de um
Revestimento
Galvanizado
por Imersão a
Quente

Processo de Galvanização

Características do revestimento formado



Tração



O processo de galvanização a quente não afeta as propriedades mecânicas do aço – tração (NBR 7480) para concreto armado

Resultados de ensaios de tração para vergalhão com e sem revestimento de zinco

Coeficiente de Conformação Superficial



A média do coeficiente de conformação superficial das faces do vergalhão galvanizado $\eta = 1,8$ atende os requisitos da norma de ABNT NBR 7480 – Aço destinado a armaduras de concreto armado (min $\eta = 1,5$)

Resultados de ensaios de determinação do coeficiente de conformação superficial em vergalhões com e sem revestimento de zinco

Recobrimento do Zinco no Concreto

- Zinco em soluções fortemente alcalinas ($> \text{pH } 12,5$) é passivado por formação de camada de cristais aderentes – hidroxizincato de cálcio (CaHZn);
- A reação começa imediatamente em contato com a solução de concreto fresco;
- Esse filme superficial estabiliza o zinco, isolando-a do ambiente circundante;
- A reação com zinco cessa logo que o concreto endurece.

Corrosão da Camada de Zinco

O aço galvanizado tem grande resistência a avarias mecânicas durante o manuseio, estocagem, transporte e instalação.

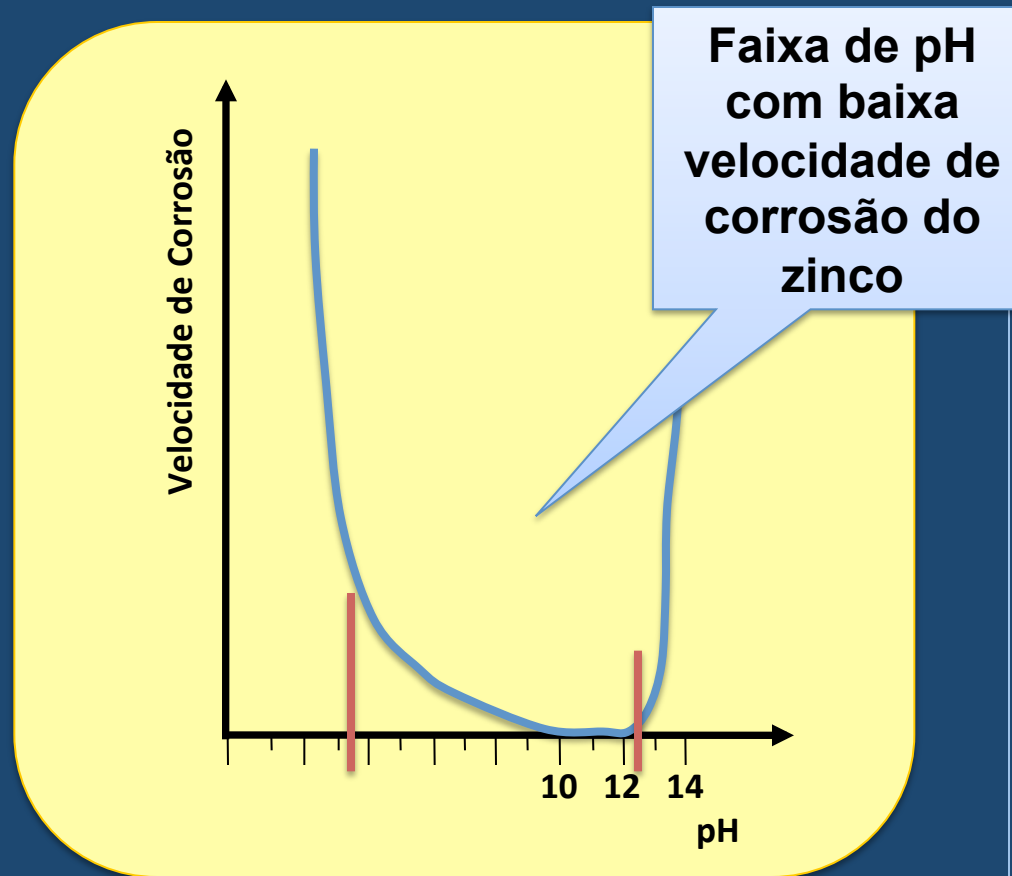
O zinco sofre corrosão a taxas entre 10-30 vezes inferiores ao aço, se dissolvendo gradualmente e formando produtos de corrosão, que:

- São menos volumosos que os óxidos de ferro equivalentes;
- Não tem uma fase expansiva volumosa;
- Migram distanciando-se do contato com o vergalhão e preenchem as rachaduras e vazios no concreto que a recobrem;
- Como resultado retarda a deterioração do concreto.

Principais Ações da Galvanização

- **Proteção passiva:** barreira separadora do aço comum com o meio ambiente;
- **Vedação:** pequenas descontinuidades do cobrimento da armadura ocorre com o próprio produto da corrosão do zinco, devido sua finura;
- **Proteção catódica:** o zinco, por ser mais eletronegativo que o aço, sofre corrosão preferencial ao aço e sacrifica-se para protegê-lo;
- **Processo de cicatrização:** caso o revestimento seja danificado provocando sulcos na camada de zinco, os produtos de corrosão do zinco, por serem aderentes e insolúveis, se depositam sobre a superfície exposta do aço isolando-o novamente.

Velocidade de Corrosão x pH do Meio



Evolução da velocidade de corrosão do zinco em função do pH do ambiente (Bertolini, 2006)

o concreto pode apresentar pH entre 6 e 12,5 e proteger a camada de zinco, enquanto o aço comum necessita que o concreto fique com pH da ordem de 12,5 a 13 para sua proteção.

Durabilidade

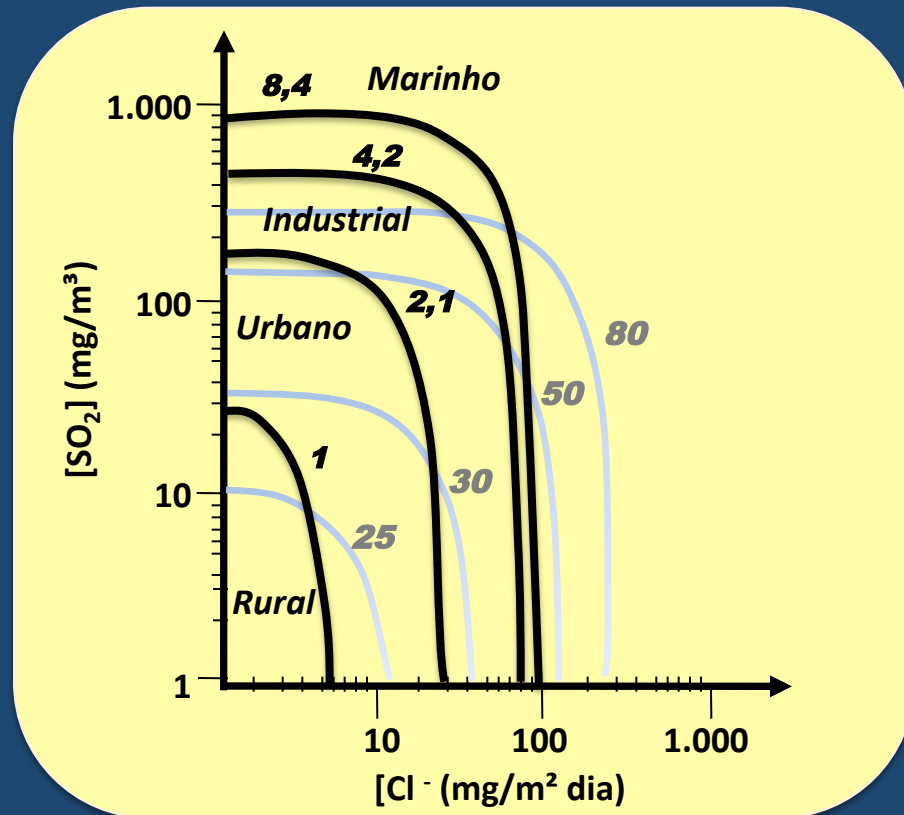
Taxas indicativas de corrosão para ambientes diferentes de acordo com a ABNT NBR 14643

Categoria de corrosividade	Taxa média anual de corrosão do zinco (um/ano)	Taxa média anual de corrosão do aço carbono (um/ano)
C1 interior: seco	<0,1	<1,3
C2 interior: condensação ocasional exterior: rural	0,1 a 0,7	1,3 a 25
C3 interior: alta umidade, pouca poluição no ar exterior: interior urbano ou costa urbana	0,7 a 2,1	25 a 50
C4 interior: piscinas, plantas químicas exterior: interior industrial ou costa urbana	2,1 a 4,2	50 a 80
C5 exterior: industrial com alta umidade ou alta salinidade costal	4,2 a 8,4	80 a 200

Velocidade de Corrosão do Zinco x Meio Agressivo

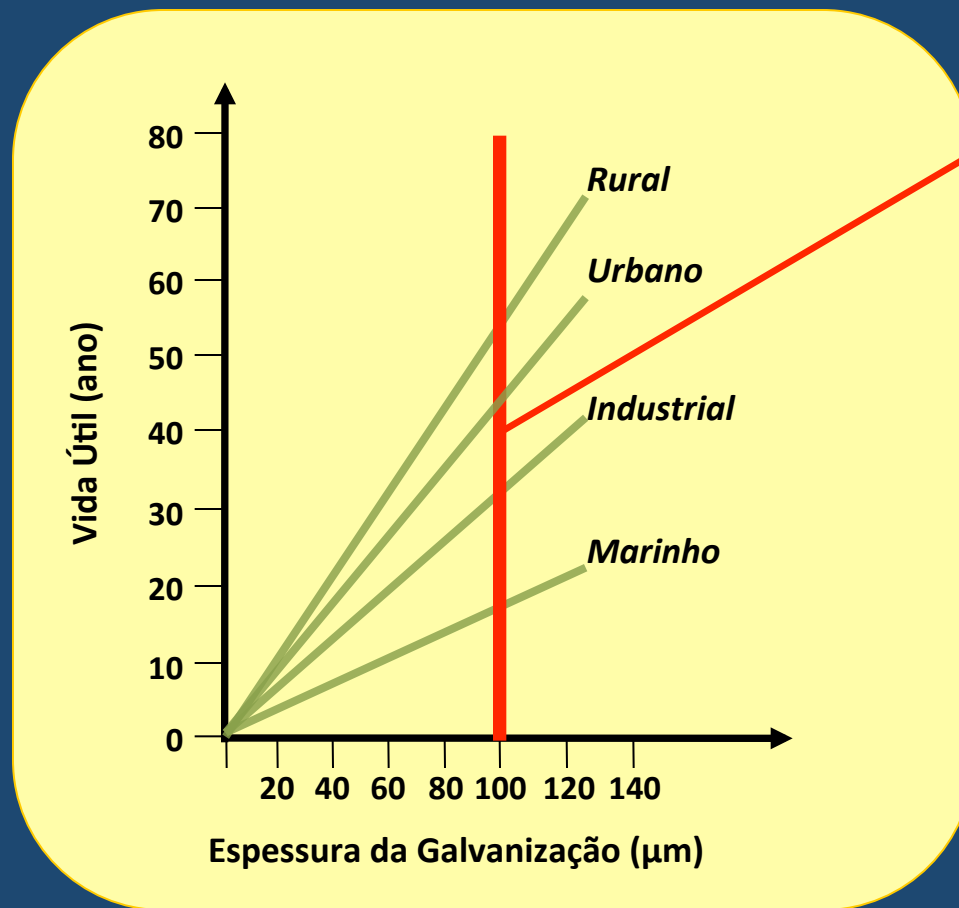
Relação entre concentração de SO_2 na atmosfera, velocidade de depósito dos cloretos sobre a superfície e velocidade de corrosão do aço $\mu\text{m}/\text{ano}$

(Pedefferri e Bertolini, 1996)



- Vergalhão Galvanizado
- Vergalhão não galvanizado

Influência do Ambiente na Vida Útil



Espessura da galvanização à quente (450°C)

Vida útil da galvanização, em função da espessura e do meio ambiente de exposição (Bertolini, 2006)

Estudos de Casos

A armadura quando galvanizada fica protegida mesmo em casos onde haja falhas de execução na concretagem:



Vazios de concretagem – “bicheiras”



Falta de cobrimento



Trincas e fissuras

Normalização

Normas ABNT

- *ABNT NBR 6323 --- “GALVANIZAÇÃO DE PRODUTOS DE AÇO OU FERRO FUNDIDO – ESPECIFICAÇÃO”*
- *ABNT NBR 7414 --- “GALVANIZAÇÃO DE PRODUTOS DE AÇO OU FERRO FUNDIDO POR IMERSÃO A QUENTE – TERMINOLOGIA”*
- *Normas de Ensaio: NBR 7397 a 7400*

Normas Internacionais:

- *ISO 1459: Proteção por galvanização a quente : princípios de orientação*
- *ASTM A 767: Vergalhão Galvanizado por imersão a quente*

Armaduras Galvanizadas

- O processo de galvanização é **simples, direto e controlável**;
- A espessura do revestimento formado é **uniforme** e pode ser **medida** por meio de testes não destrutivos (eletromagnético) (NBR 7397/7398/7399/7400);



Agenda

1. **Plano de Manutenção Civil** : inspeção em 243 estruturas; Cadastro de todas as anomalias com compilação no sistema informatizado; Análise da anomalia mais frequente, elemento mais solicitado e causa mais provável;
2. Análise comparativa das características dos aços com e sem revestimento de zinco;
3. Estabelecimento de dois processos de recuperação : com e sem revestimento do aço com zinco;
4. Cálculo dos custos levando em conta a durabilidade;
5. Conclusões.

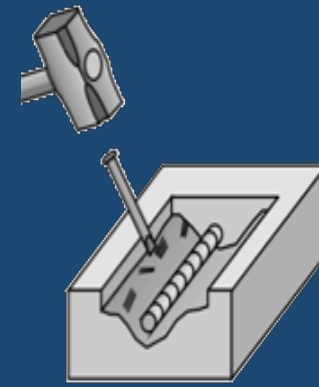
Reparo com Vergalhão Galvanizado: Procedimentos



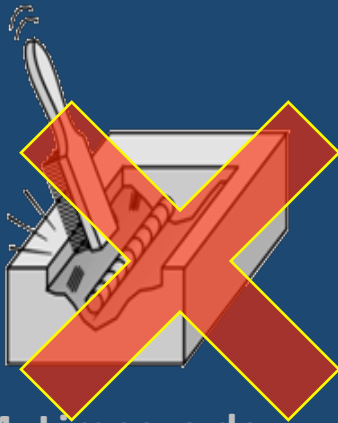
1. Delimitar



2. Cortar



3. Demolição



4. Limpeza da armadura

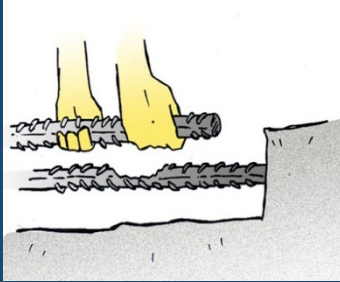


5. Lavagem



6. Pintura com zinco de proteção da armadura

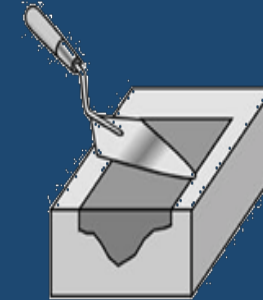
Reparo com Vergalhão Galvanizado: Procedimentos



Substituição de armaduras comuns por vergalhões galvanizados



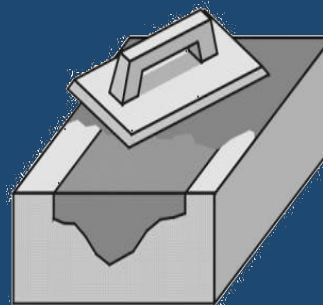
7. Ponte adesiva (opcional)



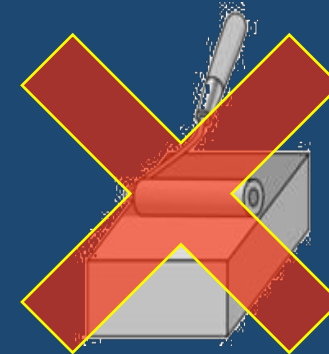
8. Preenchimento com material apropriado, função do local, pode ser argamassa projetada



9. Cura



10. Estucamento



11. Pintura de proteção

Agenda

1. **Plano de Manutenção Civil** : inspeção em 243 estruturas; Cadastro de todas as anomalias com compilação no sistema informatizado; Análise da anomalia mais frequente, elemento mais solicitado e causa mais provável;
2. Análise comparativa das características dos aços com e sem revestimento de zinco;
3. Estabelecimento de dois processos de recuperação : com e sem revestimento do aço com zinco;
4. Cálculo dos custos levando em conta a durabilidade;
5. Conclusões.

Análise Econômica

Comparação de custo : referência:

Banco de dados de preços da Sabesp (abril 2009)

-Definição e demarcação da área de reparo com disco de corte (m) (480201)

_R\$ 2,68 - Escarificação mecânica até a profundidade de 5cm (m²) (480208)

_R\$ 8,15- Hidrojateamento de alta pressão com água quente ou fria e solução limpadora (até 170 kgf/cm²) (480202)

_R\$ 6,76 - Lixamento das armaduras (m) (480301)

_R\$ 4,10 - Jateamento com ar comprimido (m²) (480213)

_R\$ 12,56 - Aplicação de tinta de alto teor de zinco (m) (480303)

-

R\$ 2,83

Análise Econômica

Comparação de custo : referência:

Banco de dados de preços da Sabesp (abril 2009)

- Preparação e aplicação de ponte de aderência com adesivo base acrílica (m²) (481001)

_ R\$ 7,16 - Argamassa a base de cimento modificada com polímeros (espessura até 5cm) (m²) (480401)

_ R\$ 293,86 - Colocação de barras de aço comum: - Armação em aço CA-50 (kg) (081002)

_ R\$ 8,05 - Armação em tela de aço (kg) (081004)

_ R\$ 7,91 - **Armação em aço CA-50A ou tela de aço galvanizado (Kg) (adotado)**

-
R\$ 12,00

Análise Comparativa

SISTEMA SABESP

Sistema Informatizado

Histórico

Sist. Sabesp



Vergalhão Galvanizado

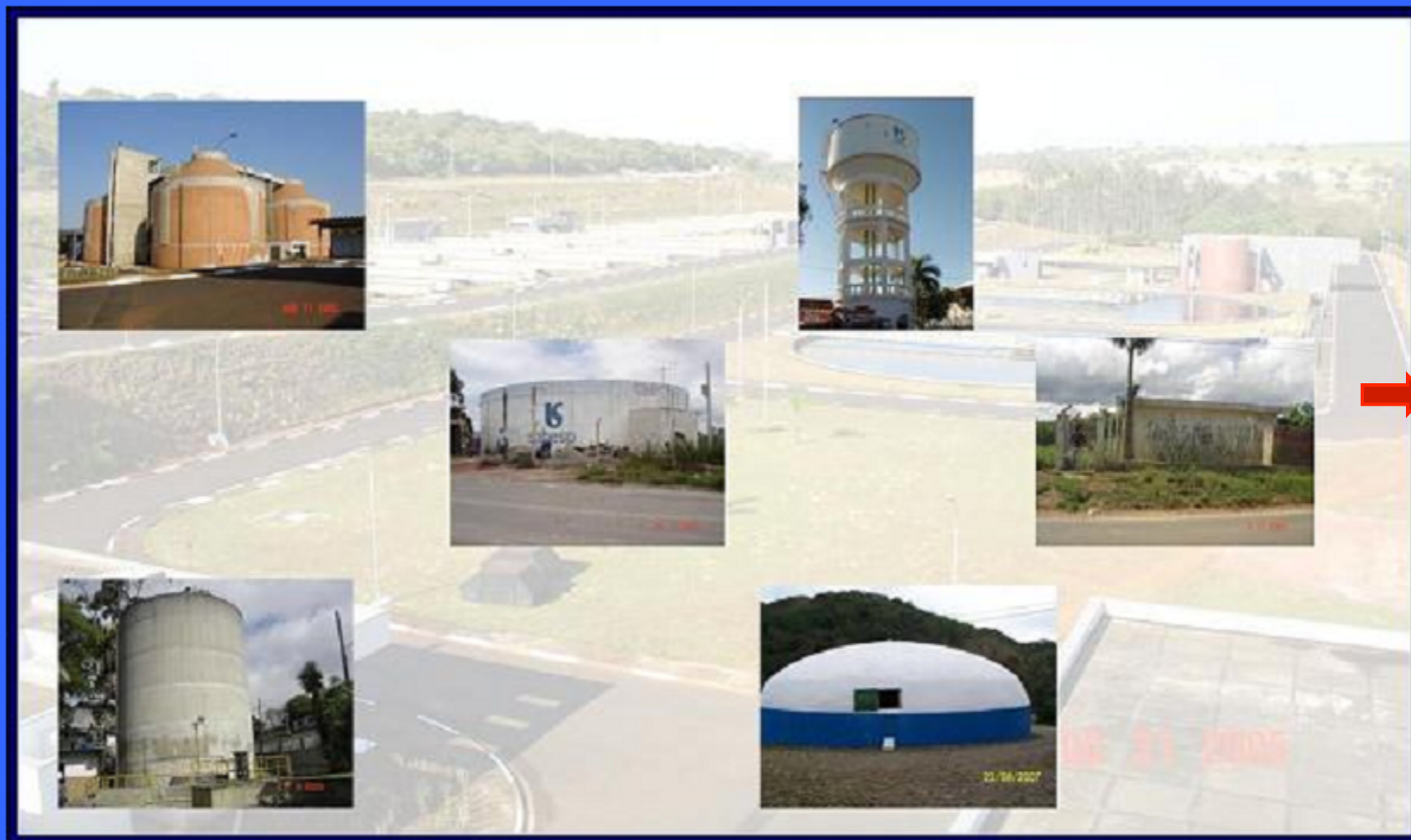
Aplicação do Aço Galvanizado para área de saneamento.



TechConsult

Scandiuzzi & Olivan Engenheiros Associados

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO UNIDADES DO INTERIOR E LITORAL



Histórico

Mapa

Pesquisa: Dados Gerais

Pesquisa: Anomalias

Manual: Sistema

Manual: Inspeção

Manual: Proce. Reparos

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO UNIDADES DO INTERIOR E LITORAL

Voltar		Exportar								
Nº Relatório EPT	Nº Relatório SABESP	Data da Inspeção	Nome da Estrutura	Unid. de Negócio	Divisão Operacional	Setor	Cidade	Função	Tipo	
001/07	3864/07	23/08/07	Reservatório Cibratel I	RS	RSSS	RSSS	Itanhaém	Reservatório	Semi-enterr	
002/07	3865/07	29/08/07	Reservatório R81	RV	RVSS	RVSS3	São José dos Campos	Reservatório	Apoiado	
003/07	3866/07	11/09/07	Reservatório dos Prados	RS	RSSS	RSSS	Peruibe	Reservatório	Apoiado	
004/07	3867/07	12/09/07	Reservatório R1 - PC Guaraú	RS	RSSS	RSSS	Peruibe	Reservatório	Apoiado	
005/07	3868/07	13/09/07	Reservatório R2 - PC Guaraú	RS	RSSS	RSSS	Peruibe	Reservatório	Apoiado	
006/07	4204/07	19/09/07	Reservatório Teodoro Sampaio	RB	RBR	RBR	Teodoro Sampaio	Reservatório	Semi-enterr	
007/07	4205/07	0 e 21/09/07	Decantador 1 - ETA	RB	RBDS	RBDS	Assis	Decantador	Enterrado	
007/07	4205/07	0 e 21/09/07	Decantador 2 - ETA	RB	RBDS	RBDS	Assis	Decantador	Enterrado	
008/07	4207/07	7 e 28/09/07	Reservatório Baixo	RS	RSSN	RSSN4	Bertioga	Reservatório	Semi-enterr	
009/07	4206/07	7 e 28/09/07	Reservatório Alto	RS	RSSN	RSSN4	Bertioga	Reservatório	Elevado	
010/07	4852/07	16/10/07	Decantador 1 - ETA Dr. Jovino Silveira	RG	RGDS	RGDS4	Serra Negra	Decantador	Apoiado	
011/07	4853/07	16/10/07	Reservatório - ETA Marchi Caruso	RG	RGDS	RGDS4	Serra Negra	Reservatório	Semi-enterr	
012/07	4854/07	17/10/07	Reservatório enterrado - ETA	RG	RGDS	RGDS2	São João da Boa Vista	Reservatório	Enterrado	
013/07	4855/07	17/10/07	Torre - ETA	RG	RGDS	RGDS2	São João da Boa Vista	Reservatório	Elevado	
014/07	4857/07	18/10/07	Reservatório Novaes - R2	RG	RGDS	RGDS3	Espírito Santo do Pinhal	Reservatório	Semi-enterr	
014/07	4856/07	18/10/07	Reservatório Novaes - R1	RG	RGDS	RGDS3	Espírito Santo do Pinhal	Reservatório	Semi-enterr	
015/07	5096/07	18/10/07	Reservatório R1 - ETA	RG	RGDS	RGDS3	Espírito Santo do Pinhal	Reservatório	Enterrado	
016/07	4858/07	24/10/07	Reservatório Vicente de Carvalho	RS	RSSN	RSSN3	Guarujá	Reservatório	Apoiado	
017/07	4859/07	06/11/07	Reservatório R2	RG	RGF	RGFF5	Igarapava	Reservatório	Semi-enterr	
018/07	4860/07	07/11/07	Reservatório R5	RG	RGF	RGFF5	Igarapava	Reservatório	Semi-enterr	
019/07	4861/07	08/11/07	Reservatório R6	RG	RGF	RGFF5	Igarapava	Reservatório	Elevado	
020/07	5451/07	09/12/07	Decantador 1 - ETA Nhumirim	RG	RGDM	RGDM4	Santa Rosa do Viterbo	Decantador	Semi-enterr	
020/07	5451/07	09/12/07	Decantador 2 - ETA Nhumirim	RG	RGDM	RGDM4	Santa Rosa do Viterbo	Decantador	Semi-enterr	
021/07	5452/07	0 e 11/12/07	Reservatório - Câmara 1 - ETA Mariana	RG	RGDM	RGDM2	Mococa	Reservatório	Semi-enterr	
021/07	5452/07	0 e 11/12/07	Reservatório - Câmara 2 - ETA Mariana	RG	RGDM	RGDM2	Mococa	Reservatório	Semi-enterr	
022/07	5454/07	12/12/07	Reservatório Semi-enterrado - Câmara 1	RG	RGDS	RGDS2	São João da Boa Vista	Reservatório	Semi-enterr	
023/07	5455/07	13/12/07	Reservatório Magalhães - Câmara 1	RG	RGDS	RGDS2	São João da Boa Vista	Reservatório	Semi-enterr	
024/07	5456/07	14/12/07	Decantador 2 - ETA Dr Jovino Silveira	RG	RGDS	RGDS4	Serra Negra	Decantador	Apoiado	
025/07	5457/07	14/12/07	Reservatório Semi-enterrado - ETA Marchi Caruso	RG	RGDS	RGDS4	Serra Negra	Reservatório	Semi-enterr	

Histórico

Mapa

Pesquisa: Dados Gerais

Pesquisa: Anomalias

Manual: Sistema

Manual: Inspeção

Manual: Proce. Reparos



PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO UNIDADES DO INTERIOR E LITORAL

Microsoft Excel - Banco de Dados - Total [Modo de Compatibilidade]

	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Voltar Exportar Legendas			Anomalia (tipo)			Coordenadas		Quantidade	Espaçamento Médio (cm)	LARG. (cm)	Comp. (cr)
2	Nome_cidade	Elemento	Face	Número Ordem	Cód	Anomalia	X (m)	y (m)				
3												
4	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	1	57	Carbonatado (m²)	0,8	3,40	1	-	15	60
5	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	2	59	Armadura exposta (m²)	9,2	3,40	3	30	10	5
6	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	3	34	Fissura (m)	9,0	3,80	1	-	10	190
7	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	4	59	Armadura exposta (m²)	14,5	3,40	2	15	30	40
8	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	5	34	Fissura (m)	15,8	3,80	1	-	10	78
9	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	6	34	Fissura (m)	16,0	9,41	1	-	10	41
10	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	7	59	Armadura exposta (m²)	16,0	3,20	3	5	30	20
11	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	8	59	Armadura exposta (m²)	16,3	3,60	1	-	10	10
12	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	9	59	Armadura exposta (m²)	20,0	0,40	1	-	10	5
13	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	10	64	Erosão (m²)	21,0	0,65	1	-	65	100
14	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	11	59	Armadura exposta (m²)	22,8	0,70	2	20	10	5
15	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	12	59	Armadura exposta (m²)	27,2	3,40	2	20	10	5
16	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	13	34	Fissura (m)	27,0	3,80	1	-	10	15
17	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	14	34	Fissura (m)	28,0	3,80	1	-	10	136
18	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	15	59	Armadura exposta (m²)	34,8	3,40	1	-	10	5
19	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	16	59	Armadura exposta (m²)	35,8	3,30	1	-	10	5
20	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	17	59	Armadura exposta (m²)	37,3	1,40	1	-	10	10
21	Reservatório Cibratel L_tanhaém	Parede	Face interna	18	59	Armadura exposta (m²)	42,2	0,70	3	15	10	5

Histórico

Mapa

Pesquisa: Dados Gerais

Pesquisa: Anomalias

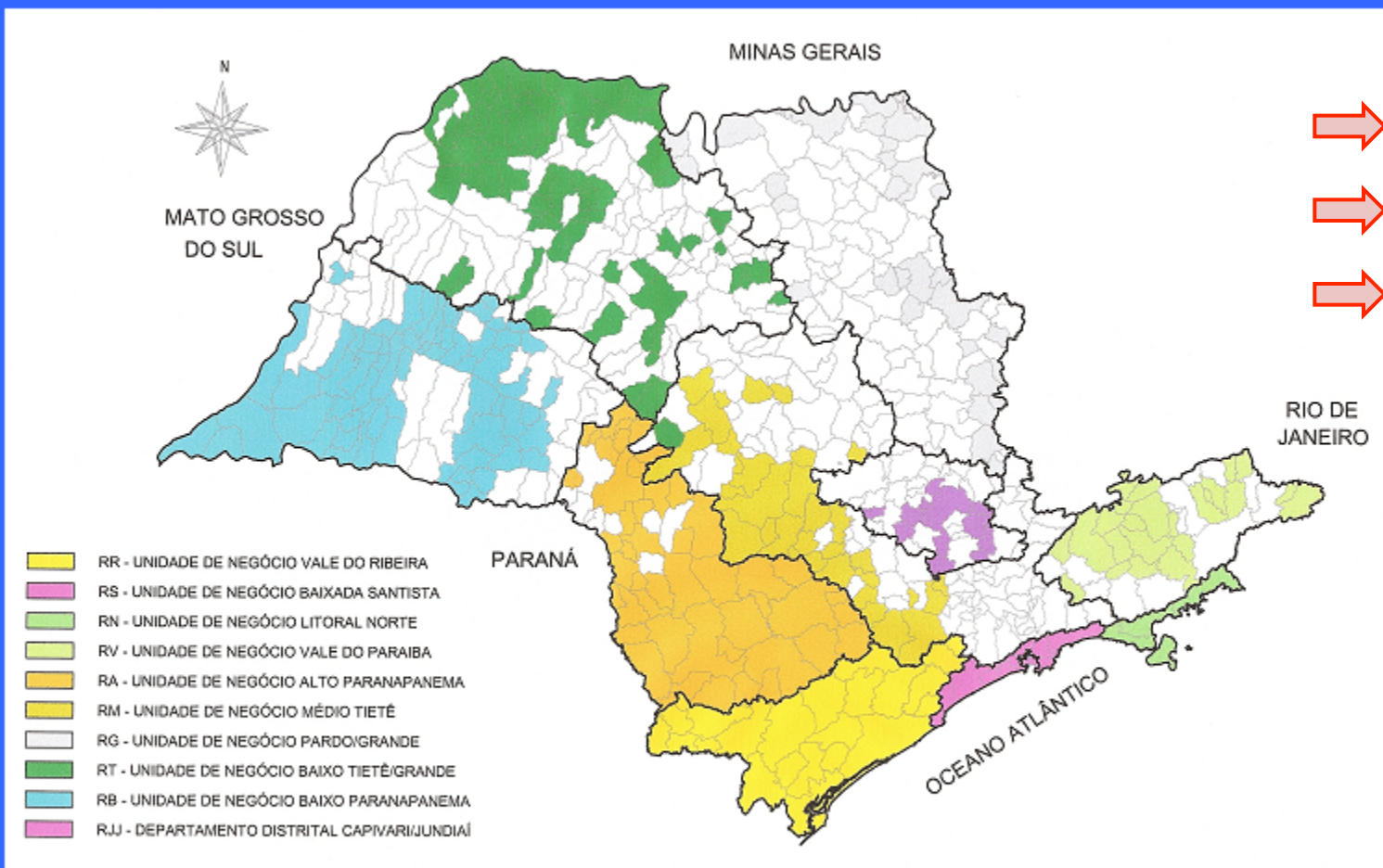
Manual: Sistema

Manual: Inspeção

Manual: Proce. Reparos

Reservatórios, ETA's e ETE's Inspeccionados

MAPA



Unidade de Negócio



Cidade



Estrutura

Reservatórios, ETA's e ETE's Inspeccionados

MAPA



RS

Santos

Reservatório Saboó Baixo



Avançar

Reservatório Saboó Baixo - Santos

Foto



Foto

F. Técnica

Anomalia

Galvanizado

F. Resumo

Desenho

Relatório

Mapa

Reservatório Saboó Baixo - Santos

Ficha Técnica

Nome da Estrutura: Reservatório Saboó Baixo **Cidade:** Santos

Função: Reservatório **Tipo:** Semi-enterrado **Formato:** Poligonal

Data da Inspeção: 05/06/2009 **No do relatório:** 2478/09

Unid. De Negócio: RS **Div. Operacional:** RSB **Setor:** RSBB2

Capacidade Nominal (m3): 4000

***G.D.:** 84 **Classificação:** Crítica

****Valor Estimado para Recuperação Básica (R\$):** 207216,41

Ação Complementar (Ref/Rec/Outros): -

****Valor Estimado para Ação Complementar(R\$):** -

Obs: Não consta nesse custo a substituição da cobertura, pois necessita de projeto de substituição.

* Grau de Deterioração (G.D.) ** Valor calculado na data da inspeção; referente apenas a essa célula/câmara de reservação.

Foto

F. Técnica

Anomalia

Galvanizado

F. Resumo

Desenho

Relatório

Mapa

Reservatório Saboó Baixo - Santos

Anomalia

Voltar

Exportar

Nome_cidade	Elemento	Face	Anomalia	Extensão total de anomalias
Reservatório Saboó Baixo_Santos	Laje de cobertura	Face interna	Armadura exposta (m2)	844,9
	Parede	Face externa	Armadura exposta (m2)	0,3
			Concreto Disgregado (m2)	2,3
			Fissura (m)	0,8
		Face interna	Concreto Disgregado (m2)	9,3
			Fissura (m)	21,7
	Viga	Face interna	Armadura exposta (m2)	5,574
			Concreto Disgregado (m2)	3,04
			Concreto Segregado (m2)	0,024

Foto

F. Técnica

Anomalia

Galvanizado

F. Resumo

Desenho

Relatório

Mapa

Reservatório Saboó Baixo - Santos

F. Resumo

2478_09.pdf (SECURED) - Adobe Acrobat Pro Extended

File Edit View Document Comments Forms Tools Advanced Window Help

FOLHA RESUMO DO RELATÓRIO DE INSPEÇÃO N° 2478/09

I – Dados Cadastrais

Relatório de Inspeção n° SB-RT-045/09	Data da Inspeção: 05/06/2009
Obra: Reservatório Saboó Baixo	Tipo: Poligonal – Semi-enterrado
Unidade de Negócio Baixada Santista – RS	
Departamento Distrital de Santos – RSB / Setor de Distribuição – RSBB2	
Localização: Praça Ruy de Lugo Vina, nº 8 – Santos / SP	

II – Descrição da Obra

Trata-se de um reservatório de água potável, poligonal, semi-enterrado, com capacidade nominal de 4.000m³ de reservação, em câmara única.

III – Avaliação do Estado Atual da Obra

A.) – Quanto ao Desempenho Estrutural:

- Apresenta estabilidade e segurança estrutural
- Apresenta recalques diferenciais de fundação
- Apresenta desnivelamentos, desaprumos ou desalinhamentos
- Apresenta risco de colapso parcial

Foto

F. Técnica

Anomalia

Galvanizado

F. Resumo

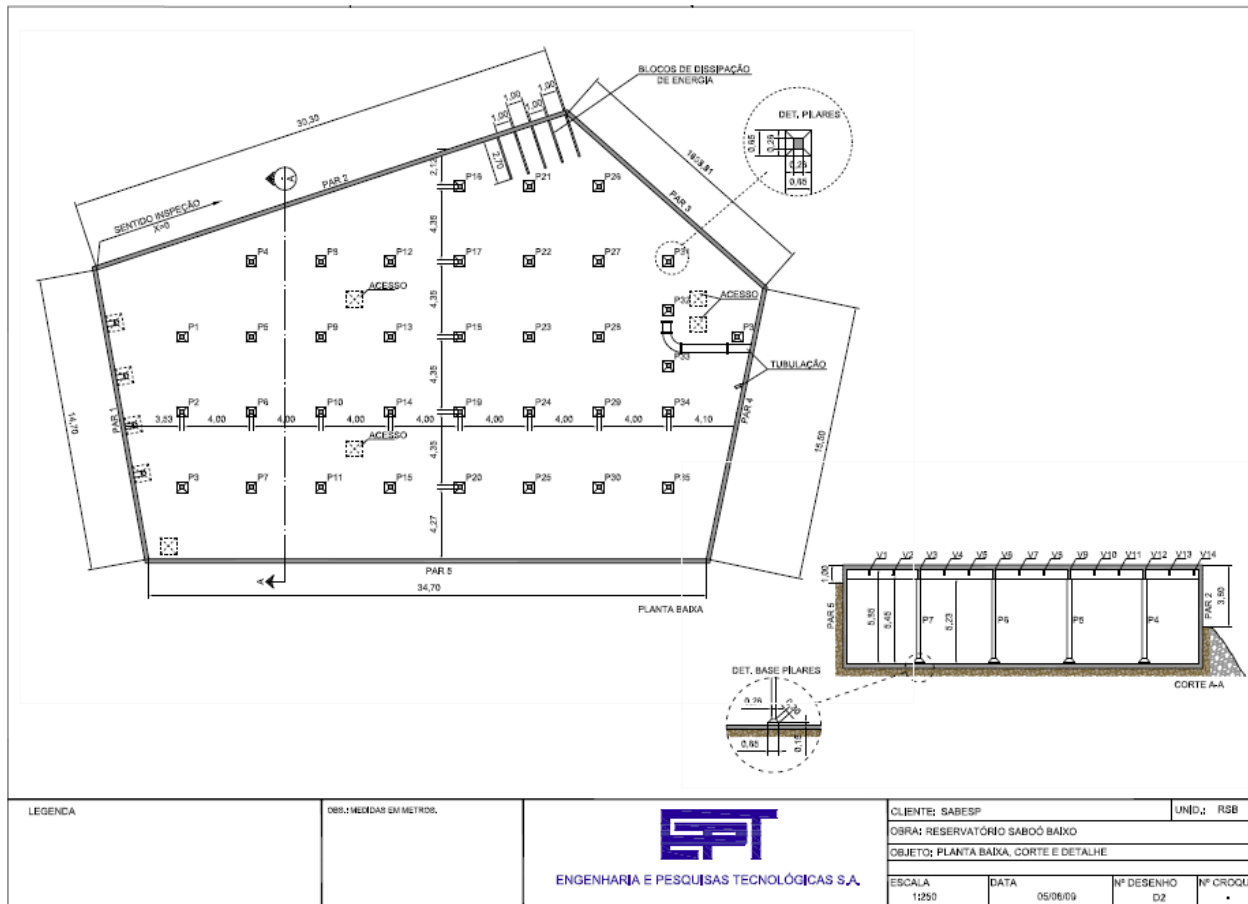
Desenho

Relatório

Mapa

Reservatório Saboó Baixo - Santos

Desenho



Foto

F. Técnica

Anomalia

Galvanizado

F. Resumo

Desenho

Relatório

Mapa

Reservatório Saboó Baixo - Santos

Relatório

2478_09.pdf (SECURED) - Adobe Acrobat Pro Extended

File Edit View Document Comments Forms Tools Advanced Window Help

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO – UNIDADES DO INTERIOR E LITORAL



Nº 2478/09

Reservatório Saboó Baixo

Foto

F. Técnica

Anomalia

Galvanizado

F. Resumo

Desenho

Relatório

Mapa



Superintendência de Manutenção Estratégica Departamento de Engenharia de Manutenção



Nome da Estrutura: Reservatório Saboó Baixo

Cidade: Santos

Custos	Reparo Tradicional	Reparo Aço Galvanizado	% *
Laje de Cobertura	R\$ 537.785,00	R\$ 784.115,00	25,4%
Elementos com AS	R\$ 627.389,21	R\$ 786.588,13	25,4%
Recuperação Total	R\$ 745.174,44	R\$ 991.331,00	33,0%

Fator de Durabilidade -> Custo galvanizado/Custo Tradicional

Laje de Cobertura	1,46
Recuperação Total	1,33

* (Custo do reparo tradicional - Custo do reparo Galvanizado)/Custo do reparo tradicional *100

Foto

F. Técnica

Anomalia

Galvanizado


F. Resumo

Desenho

Relatório

TechConsult

Scanduzzi & Olivan Engenheiros Associados



Histórico

Sist. Sabesp

Vergalhão Galvanizado

Aplicação do Aço Galvanizado para área de saneamento.



TechConsult

Scandiuzzi & Olivan Engenheiros Associados

Custo da Vida Útil

Existem diversos métodos para calcular vantagens ou desvantagens econômicas



VPL = Valor Presente Líquido;

Considera:

- Custo do empréstimo do R\$;
- Custo inicial;
- Custos de manutenções subsequentes;
- Vida útil do projeto.

Custo da Vida Útil

$$VPL = 1 + \underbrace{M_1 / ((1+r)^{p_1})}_{\substack{\downarrow \\ 2009}} + \underbrace{M_2 / ((1+r)^{p_2})}_{\substack{\downarrow \\ 2019}} + \underbrace{M_3 / ((1+r)^{p_3})}_{\substack{\downarrow \\ 2029}} + \dots$$

Onde:

- VPL = Valor Presente Líquido;
- M_1 = Custo da manutenção no ano p_1 ;
- M_2 = Custo da manutenção no ano p_2 ;
- r = Taxa de retorno.

Análise Comparativa

Comparação de custos para nova construção: Exemplo : laje de cobertura

- **Caso 1:** Reservatório “A”

Laje circular com espessura de 30cm e área de **28,26m²**;

Avaliação do **Custo Inicial** para construção nova:

CA com aço galvanizado = **1,5** x CA com aço normal;

Custo Final considerando durabilidade mínima do aço galvanizado 50 anos e a durabilidade do aço normal 10 anos e taxa de retorno de capital de 5%

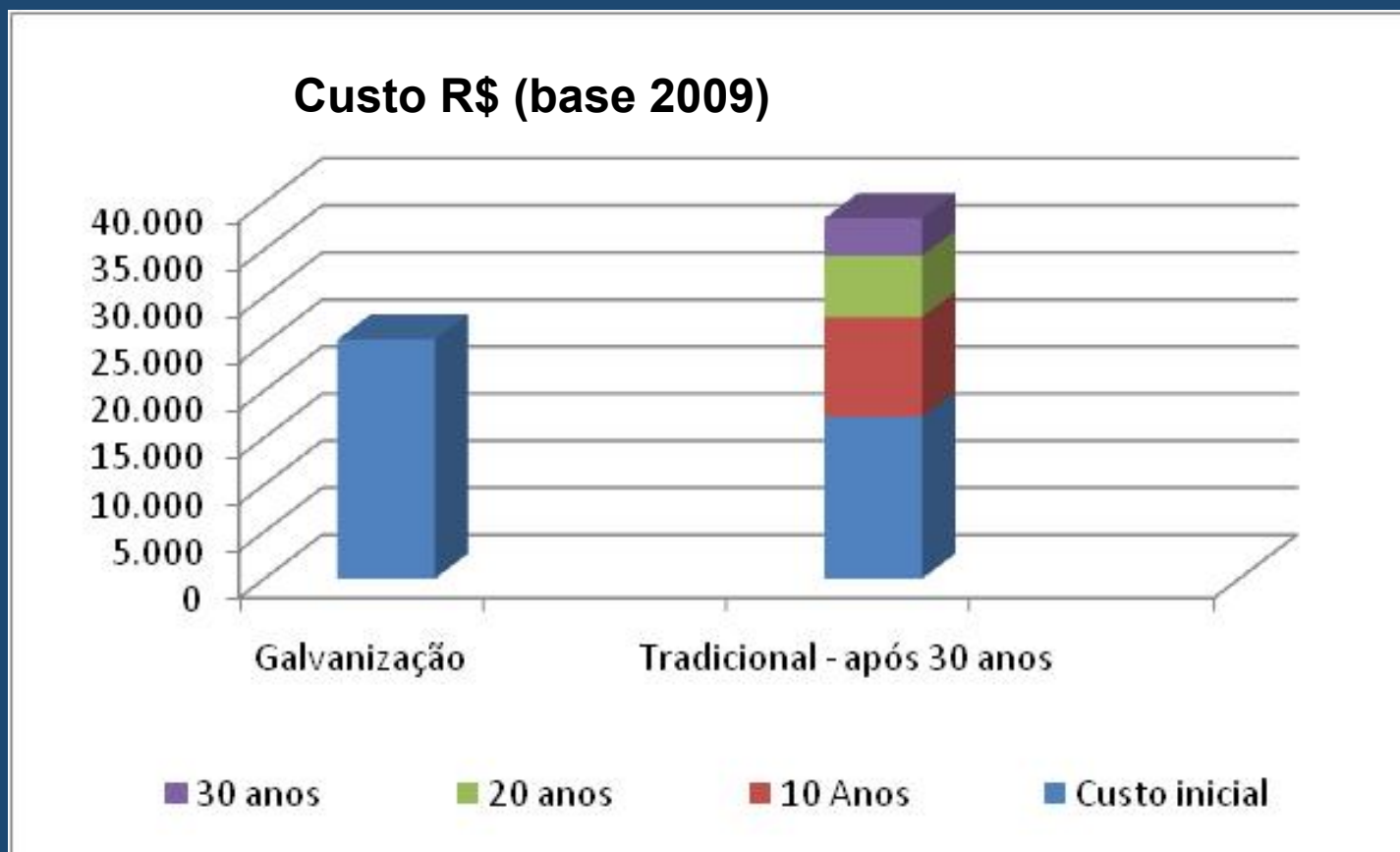
⇒ redução de custo da ordem de **39,6%** ;

Para 40 anos ⇒ redução de **33,6%**;

Para 30 anos ⇒ redução de **25,9%**.

Análise Comparativa: VPL

1º. Caso : Laje nova : Reservatório "A"



Análise Comparativa

Comparação de custos para nova construção:
Exemplo : laje de cobertura

- **Caso 2:** Reservatório "B"

Laje circular com espessura de 30cm e área de **850m²**;

Avaliação do **Custo Inicial** para construção nova:

CA com aço galvanizado = **1,5** x CA com aço normal;

Custo Final considerando durabilidade mínima do aço galvanizado **5x** a durabilidade do aço normal

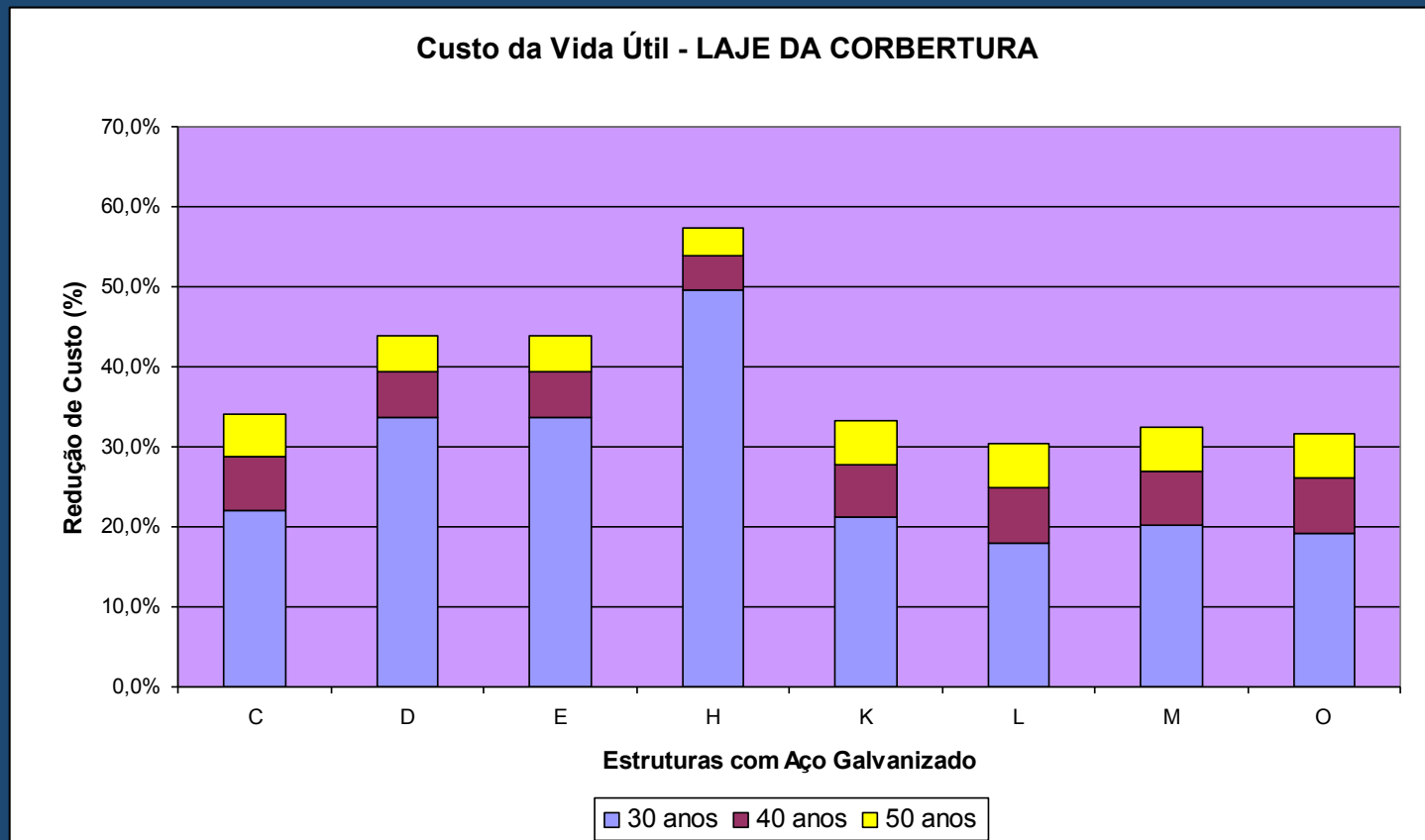
➡ redução de custo da ordem de **40,3%** ;

Para **4x** ➡ redução de **34,4%**;

Para **3x** ➡ redução de **26,8%**.

Análise Comparativa: VPL

Relação do custo da recuperação para várias estruturas para vida útil de 30, 40 e 50 anos



Análise Comparativa: VPL

Nome da Estrutura	Custo Inicial			Fator Durabilidade		Economia:		Ação
	Laje de Cobertura	Elementos C/ AS	Total	Laje de Cobertura	Total	Laje de Cobertura	Total	
Reservatório Cruzeiro R1	sem AS	sem AS	0,0%	sem As	1,0	sem As	sem As	Trad.
Reservatório Cruzeiro R2	sem AS	sem AS	0,0%	sem As	1,0	sem As	sem As	Trad.
Reservatório Saboó Baixo	25,4%	25,4%	33,0%	1,5	1,3	-40,3%	-45,5%	Galv.
Reservatório Saboó Alto - Câmara 1	87,8%	87,8%	59,3%	1,2	1,6	-49,3%	-34,8%	Galv.
Reservatório Saboó Alto - Câmara 2	87,8%	87,8%	59,3%	1,2	1,6	-49,3%	-34,8%	Galv.
Reservatório José Menino	901,4%	901,4%	205,2%	10,0	3,1	310,0%	25,0%	Trad.
Reservatório José Menino Colégio - Câmara 1	236,2%	236,2%	17,5%	3,2	1,2	31,7%	-51,9%	Trad.
Reservatório José Menino Colégio - Câmara 2	-2,3%	-2,3%	-0,6%	0,9	1,0	-61,4%	-59,3%	Galv.
Reservatório Barbosa - Câmara 1	448,4%	448,4%	111,1%	7,7	2,1	214,9%	-13,6%	Trad.
Reservatório Barbosa - Câmara 2	490,9%	490,9%	115,2%	7,7	2,2	214,7%	-11,9%	Trad.
Reservatório Monte Serrat	47,5%	47,5%	24,6%	1,5	1,2	-39,6%	-49,0%	Galv.
Reservatório Marapé - Câmara 1	53,6%	53,6%	8,1%	1,5	1,1	-37,1%	-55,7%	Galv.
Reservatório Marapé - Câmara 2	49,3%	49,3%	8,1%	1,5	1,1	-38,9%	-55,7%	Galv.
Reservatório Barbosa Baixo	sem AS	sem AS	9,7%	sem As	1,1	sem As	-55,1	Trad.
Reservatório Vila Progresso	260,2%	260,2%	20,6%	1,5	1,2	-38,1%	-50,6%	Galv.

(-) redução de custo (+) acréscimo de custo : 50 anos r= 5%

Análise Comparativa: VPL

Nome da Estrutura	Economia: Durabilidade para Laje de cobertura (anos)								
	30 Anos			40 Anos			50 Anos		
	5%	6%	7%	5%	6%	7%	5%	6%	7%
Reservatório Cruzeiro R1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Reservatório Cruzeiro R2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Reservatório Saboó Baixo	26,8%	22,0%	17,5%	34,4%	28,7%	23,2%	40,3%	34,0%	27,9%
Reservatório Saboó Alto - Câmara 1	37,7%	33,7%	29,9%	44,2%	39,4%	34,7%	49,3%	43,9%	38,7%
Reservatório Saboó Alto - Câmara 2	37,7%	33,7%	29,9%	44,2%	39,4%	34,7%	49,3%	43,9%	38,7%
Reservatório José Menino	-403,1%	-435,5%	-466,9%	-350,7%	-389,9%	-427,6%	-310,0%	-353,5%	-395,6%
Reservatório José Menino Colégio - Câmara 1	-61,6%	-72,1%	-82,1%	-44,8%	-57,4%	-69,5%	-31,7%	-45,7%	-59,2%
Reservatório José Menino Colégio - Câmara 2	52,7%	49,6%	46,7%	57,6%	53,9%	50,4%	61,4%	57,3%	53,4%
Reservatório Barbosa - Câmara 1	-286,4%	-311,3%	-335,4%	-246,1%	-276,3%	-305,2%	-214,9%	-248,3%	-280,6%
Reservatório Barbosa - Câmara 2	-286,1%	-311,0%	-335,1%	-245,9%	-276,0%	-305,0%	-214,7%	-248,1%	-280,4%
Reservatório Monte Serrat	25,9%	21,1%	16,5%	33,6%	27,9%	22,3%	39,6%	33,2%	27,0%
Reservatório Marapé - Câmara 1	22,9%	17,9%	13,1%	30,9%	24,9%	19,1%	37,1%	30,5%	24,0%
Reservatório Marapé - Câmara 2	25,0%	20,2%	15,5%	32,8%	27,0%	21,3%	38,9%	32,4%	26,1%
Reservatório Barbosa Baixo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Reservatório Vila Progresso	24,1%	19,2%	14,4%	32,0%	26,0%	20,3%	38,1%	31,5%	25,2%

(+) redução de custo

(-) acréscimo de custo

Análise Comparativa: VPL

Nome da Estrutura	ECONOMIA: Durabilidade para Estrutura total (anos)								
	30 Anos			40 Anos			50 Anos		
	5%	6%	7%	5%	6%	7%	5%	6%	7%
Reservatório Cruzeiro R1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Reservatório Cruzeiro R2	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Reservatório Saboó Baixo	33,2%	28,9%	24,7%	40,1%	34,9%	29,9%	45,5%	39,8%	34,2%
Reservatório Saboó Alto - Câmara 1	20,0%	14,8%	9,9%	28,3%	22,1%	16,1%	34,8%	27,9%	21,2%
Reservatório Saboó Alto - Câmara 2	20,0%	14,8%	9,9%	28,3%	22,1%	16,1%	34,8%	27,9%	21,2%
Reservatório José Menino	-53,3%	-63,2%	-72,7%	-37,3%	-49,3%	-60,8%	-24,9%	-38,2%	-51,0%
Reservatório José Menino Colégio - Câmara 1	41,0%	37,2%	33,5%	47,1%	42,5%	38,1%	51,9%	46,8%	41,9%
Reservatório José Menino Colégio - Câmara 2	50,1%	46,8%	43,7%	55,3%	51,4%	47,6%	59,3%	55,0%	50,8%
Reservatório Barbosa - Câmara 1	-6,0%	-12,9%	-19,5%	5,0%	-3,2%	-11,2%	13,6%	4,4%	-4,4%
Reservatório Barbosa - Câmara 2	-8,1%	-15,0%	-21,8%	3,2%	-5,3%	-13,4%	11,9%	2,6%	-6,5%
Reservatório Monte Serrat	37,4%	33,4%	29,5%	43,9%	39,1%	34,4%	49,0%	43,6%	38,4%
Reservatório Marapé - Câmara 1	45,7%	42,2%	38,8%	51,3%	47,1%	43,0%	55,7%	51,0%	46,5%
Reservatório Marapé - Câmara 2	45,7%	42,2%	38,8%	51,4%	47,1%	43,0%	55,7%	51,1%	46,5%
Reservatório Barbosa Baixo	44,9%	41,4%	37,9%	50,7%	46,4%	42,2%	55,1%	50,4%	45,7%
Reservatório Vila Progresso	39,4%	35,5%	31,7%	45,7%	41,0%	36,5%	50,6%	45,4%	40,3%

(+) redução de custo

(-) acréscimo de custo

Agenda

1. **Plano de Manutenção Civil** : inspeção em 243 estruturas; Cadastro de todas as anomalias com compilação no sistema informatizado; Análise da anomalia mais frequente, elemento mais solicitado e causa mais provável;
2. Análise comparativa das características dos aços com e sem revestimento de zinco;
3. Estabelecimento de dois processos de recuperação : com e sem revestimento do aço com zinco;
4. Cálculo dos custos levando em conta a durabilidade;
5. Conclusões.

Considerações Finais

Cada caso precisa ser analisado, levando em conta o **custo direto inicial e a durabilidade**;

O procedimento de recuperação com demolição da estrutura existente e substituição por uma nova com aço galvanizado, leva a um **aumento significativo da durabilidade da estrutura a um custo final menor**, na maioria dos casos.

O trabalho de recuperação com aço galvanizado é **abrangente**, o que acarreta **facilidade**, tanto para a **execução**, como para a **fiscalização** da execução da reconstrução;



Considerações Finais

Há significativa **redução nos custos indiretos** com a **diminuição de paralisações do abastecimento de água** para a população, trazendo **benefícios diretos sociais, financeiros e de qualidade de vida;**

A utilização de aço galvanizado é mais indicada nos casos em que a **agressividade do meio ambiente** em que a estrutura está exposta reduz significativamente a vida útil da estrutura;

A alta durabilidade e a baixa manutenção levam ao menor consumo de recursos e acarreta uma **quantidade menor de material de construção gasto.**

Sustentabilidade

- Baixas emissões no processo de galvanização;
 - Aço galvanizado pode ser reciclado e o zinco é 100% reciclável;
 - Os resíduos líquidos do processo são reutilizáveis, quando exauridos são neutralizados antes do descarte;
 - Alta durabilidade e baixa manutenção = Menor consumo de recursos;
-
-  número de manutenções
 -  quantidade de material gasto

Agradecimentos



Obrigada

liolivan@techocnsult.com.br
daniele.albagli@vmetais.com.br