



R-A 067/2009

São Paulo, 22 de Abril de 2009.

**À**  
**FUND. APLICAÇÕES DE TECNOL. CRÍTICAS - ATECH**  
Rua do Rócio, 313 – 11º andar – Vila Olímpia  
São Paulo – SP

**At.: Sr. Abrahão Saliture Neto**

**Ref.: Entrega de Relatório**

Prezados Senhores,

Pela presente, encaminhamos para apreciação e comentários de V.Sas., o relatório  
**“DETERMINAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE DE SOLO E ÁGUA  
SUBTERRÂNEA AO CONCRETO”**

Sendo o que nos apresenta para o momento, subscrevemo-nos,

Atenciosamente,

Quím. Silvio Lanza  
Diretor Técnico



R-A 067 / 2009

**FUND. APLICAÇÕES DE TECNOL. CRÍTICAS - ATECH**  
**SÃO PAULO – SP**

**DETERMINAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE DE SOLO E**  
**ÁGUA SUBTERRÂNEA AO CONCRETO**

**MARÇO / 2009**



## ÍNDICE

### Páginas

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. METODOLOGIA DOS TRABALHOS.....	02
2.1 AMOSTRAGEM.....	02
2.2 ANÁLISES.....	02
3. RESULTADOS OBTIDOS.....	04
4. CONSIDERAÇÕES.....	05

### Anexos:

I – Tabela I – “Tipos de agressividade e valores limites para a avaliação do grau de agressividade” – Águas

II – Laudos Analíticos



## **1 - INTRODUÇÃO**

O presente relatório tem como objetivo a avaliação do grau de agressividade de solo e da água subterrânea ao concreto, com base na Normalização Técnica CETESB L1.007, conforme a proposta nº 3034/09.

O grau de agressividade ao concreto, obtido através da avaliação de algumas características físico-químicas do solo e da água subterrâneas, permite o dimensionamento de fundações e do tipo de concreto em função das características do meio.

São apresentadas as metodologias utilizadas no desenvolvimento dos trabalhos, bem como os resultados obtidos.



## **2 - METODOLOGIA DOS TRABALHOS**

### **2.1 AMOSTRAGEM**

A coleta das amostras foi realizada nos dias 23 e 26/03/2009 pela equipe técnica da **ATECH** e identificadas da seguinte forma:

#### **Amostras de Água:**

- TSP-01; e
- TSP-03.

#### **Amostras de Solo:**

- Perfil 1 – Amostra A – Profundidade 1,45 à 11,45 m;
- Perfil 2 – Amostra B – Profundidade 5,45 à 8,45 m;
- Perfil 3 – Amostra C – Profundidade 7,45 à 14,45 m;
- Perfil 4 – Amostra D – Profundidade 11,00 à 19,45 m;
- Perfil 5 – Amostra E – Profundidade 11,45 à 26,45 m; e
- Perfil 6 – Amostra F – Profundidade 9,45 à 17,45 m.

Ao término dos serviços de campo, as amostras coletadas foram encaminhadas para análises em nossas instalações laboratoriais, em São Paulo

### **2.2 ANÁLISES**

Foram processadas análises conforme os parâmetros da NORMA CETESB – L1.007 “DETERMINAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE DO MEIO AQUOSO AO CONCRETO – DEZ. 1988”, que tem como base a norma DIN 4030 – Part 1. Os parâmetros analisados foram os seguintes:

#### **Amostras de Água:**

- Alcalinidade de Bicarbonatos, Alcalinidade de Carbonatos, Alumínio Total, Cálcio Total, Cloreto, Dureza Total, Ferro Total, Gás Carbônico, Magnésio Total, Manganês Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Nitrato, Óleos Minerais, Óleos Vegetais e Gordura Animal, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sulfato, Sulfeto e Zinco Total.

#### **Amostras de Solo:**

- Cloreto, Índice de Acidez, Magnésio Total, Manganês Total, Sulfato e Sulfeto.



A avaliação do grau de agressividade para as águas baseia-se na comparação dos resultados obtidos nas determinações analíticas realizadas com a tabela “Tipos de agressividade e valores limites para a avaliação do grau de agressividade” da norma citada. Além do grau de agressividade, que pode variar de nulo a muito forte, é também obtida a ação agressiva esperada ao concreto. Para efeito ilustrativo, a tabela é apresentada no anexo I.

Para o caso do solo, a sistemática é similar, porém a comparação leva em consideração um número menor de variáveis, (Tabela “Avaliação da agressividade do Solo”) e o grau de agressividade é definido somente como “fraco” ou “muito forte”.

As análises foram processadas pela NOVA AMBI, segundo metodologia básica descrita no “STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 21th Edition” e USEPA, adotadas no Brasil pelos principais Órgãos Estaduais de Controle Ambiental.

A NOVA AMBI possui sistema da qualidade analítica implantado, baseado na norma NBR ISO/IEC 17025, acreditada pelo INMETRO e habilitada pela ANVISA.



### **3- RESULTADOS OBTIDOS**

Os resultados obtidos foram compilados nas Tabelas 3.1 e 3.2 apresentadas a seguir. O grau de agressividade foi analisado com base nas Tabelas I e II da Norma técnica CETESB L1.007.

Em anexo, também são apresentados os laudos analíticos correspondentes às análises processadas em cada amostra coletada

**TABELA 3.1**  
**TABELA COMPARATIVA DE RESULTADOS**  
*Água Subterrânea*

Parâmetros	Unid.	Laudo nº 157571	Laudo nº 157572
		TSP-01	TSP-02
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	5	21
Alcalinidade de Carbonatos	mg/L	<1	<1
Alumínio Total	mg/L	0,17	0,68
Cálcio Total	mg/L	0,08	3,4
Cloreto	mg/L	31	13
Dureza Total	mg/L	14	25
Ferro Total	mg/L	0,21	1,2
Gás Carbônico	mg/L	62	160
Magnésio total	mg/L	0,18	2
Manganês Total	mg/L	0,005	0,027
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	<0,07	0,2
Nitrogênio Nitrato	mg/L	<0,10	<0,10
Oleos Minerais	mg/L	<10	<10
Oleos Veget. e Gordura Animal	mg/L	<10	<10
pH	-	4,71	5,46
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	214	420
Sulfato	mg/L	2	3
Sulfeto	mg/L	<0,002	<0,002
Zinco Total	mg/L	0,08	0,08
<b>GRAU DE AGRESSIVIDADE</b>		<b>Forte</b>	<b>Forte</b>
<b>AÇÃO AGRESSIVA</b>		<b>Lixiviação</b>	<b>Lixiviação</b>



#### 4 – CONSIDERAÇÕES

As duas amostras de **água** foram classificadas com relação ao grau de agressividade segundo a tabela da norma CETESB L1.007 apresentada no anexo, resultando numa **agressividade ao meio aquoso “Forte”, relacionado com o “fenômeno preponderante de Lixiviação, incluindo a hidrólise dos compostos de cálcio do aglomerante”**. Esta conclusão foi baseada no confronto dos resultados obtidos com a tabela apresentada no anexo I, especificamente com as colunas n°s 4 e 5, que indica a condição de agressividade “forte” para  $\text{CO}_2 > 30 \text{ mg/L}$  e pH entre 5,5 e 4,5.

A referida norma, no entanto, descreve algumas condições atenuantes ou agravantes deste efeito. As condições agravantes tendem a aumentar a intensidade ou a possibilidade de deterioração do concreto. Por outro lado, as condições atenuantes tendem a diminuir a intensidade ou possibilidade de deterioração do concreto. Desta forma, adicionalmente à conclusão obtida pelos comparativos realizados, devem ser observadas as ocorrências destas condições agravantes ou atenuantes abaixo descritos:

Fatores Agravantes:

- A água está em movimento;
- Variação constante do nível do lençol freático;
- Existência de pressão hidráulica unilateral;
- Temperatura da água superior a  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Estrutura de concreto de seção delgada (inferior a 20 cm).

Fatores atenuantes da agressividade:

- Contato do concreto com a água somente após 28 dias de sua execução;
- O concreto é envolvido de terreno reconhecidamente coesivo;
- Solos com baixa permeabilidade ( $< 10^{-3} \text{ cm/s}$ ).

Com relação aos resultados obtidos nas amostras de **solo**, pode-se verificar que, comparativamente à tabela apresentada no ANEXO II, as **amostras A, B, C, D e F não são agressivas ao concreto**. A **amostra E apresenta agressividade “Fraca”**, pois apresenta Acidez  $> 200 \text{ ml/100g}$ . Para os agentes agressivos adicionais pesquisados, os resultados não indicam fator agressivo adicional.



## **ANEXO I**

TABELA I - Tipos de Agressividade e Valores Limites para a Avaliação do Grau de Agressividade



**TABELA I - TIPOS DE AGRESSIVIDADE E VALORES LIMITES PARA A AVALIAÇÃO DO GRAU DE AGRESSIVIDADE**

Reações	A				B					C		
Agressividade em meio aquoso	Fenômeno Preponderante de lixiviação incluindo a hidrólise dos compostos de cálcio do aglomerante				Fenômenos preponderantes acompanhados de lixiviação					Fenômeno de expansão por formação de gipsita e/ou etringita acompanhada de lixiviação		
					Carbonatação		Troca iônica					
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12
Grau	Águas Puras	Águas não salinas ácidas		Águas Salinas			Águas Magnesianas	Águas Amoniacais		Águas do mar, salobra, de esgoto ou poluída industrialmente. SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)		
				ácidas	alcalinas							
	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	pH	CO <sub>2</sub> agressivo (mg/L)	pH	pH	Alcali_nidade (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)		Mg <sup>2+</sup> <100 mg/L, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> <100 mg/L	Mg <sup>2+</sup> ≥100 mg/L	
								NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> < 150mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > 150mg/L	Cl <sup>-</sup> <1000 mg/L	Cl <sup>-</sup> ≥1000 mg/L	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ≥100 mg/L
Nulo	>150	7,0	-	7	7	-	<100	<100	<50	<200	<250	<100
Fraca	<b>150 a 50</b>	<b>&gt;6,0</b>	<b>&lt;20</b>	<b>&gt;6,0</b>	-	-	100 a 150	100 a 150	50 a 100	200 a 350	250 a 400	100 a 200
Média	150 a 50	6,0 a 5,6	20 a 30	6,0 a 5,6	-	-	150 a 250	150 a 250	100 a 150	350 a 600	400 a 700	200 a 350
Forte	<50	5,5 a 4,5	>30	5,5 a 4,5	8 a 9	400	150 a 500	250 a 500	150 a 250	600 a 1200	700 a 1500	350 a 600
Muito Forte	<50	<4,5	-	<4,5	>9	>600	>500	>500	>250	>1200	>1500	>600



## **ANEXO II**

TABELA II - Avaliação da Agressividade do Solo

**TABELA II – AVALIAÇÃO DA AGRESSIVIDADE DO SOLO  
(Conforme DIN 4030)**

	Agressividade	
	Fraca	Muito Forte
Acidez B. G.	> 200	-
Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) mg/kg de solo seco ao ar	2000 a 5000	> 5000

**NOTA:**

- a) sugere-se a adoção de um cimento resistente a sulfato quando o teor de  $\text{SO}_4^{2-}$  for maior do que 3000 mg/kg;
- b) no caso de solos que, por qualquer motivo, possam conter teores de sulfetos  $\text{S}^{2-}$  maiores do que 100 mg/kg de solo seco ao ar, recomenda-se uma atenção particular para cada projeto ou obra específica;
- c) a agressividade tende a diminuir a medida que a permeabilidade cai a valores menores que  $10^{-3}$  cm/s (item não avaliado).



### **ANEXO III**

### **LAUDOS ANALITICOS**