

**Interessado:** Chimica Edile do Brasil Ltda.

**Endereço:** Rod. Cachoeiro X Safra – BR 482, km 06 – Cachoeiro de Itapemirim/ES

**CEP:** 83707-700

**Referência:** Orçamento 51910

**Amostras n<sup>os</sup>:** 165.205, 165.206, 165.293 a 165.298. **Data de entrada:** 04/03/2013

**Material declarado:** Matérias primas e aditivos.

**Período de realização dos ensaios:** 25.03.2013 a 22/07/2013

**Objetivo:** Estudo de parâmetros indicativos de durabilidade

## 1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o estudo de parâmetros indicativos de durabilidade realizados através de ensaios de retração autoclave, permeabilidade por capilaridade, penetração de água sob pressão, resistência á compressão, resistência á tração na flexão e resistência á abrasão em corpos de prova de concreto moldados de dosagens de concretos sugeridas pelo interessado. As matérias primas utilizadas no preparo das dosagens foram fornecidas pela Engemix. As amostras coletadas pela ABCP na usina da Engemix do Jaguaré receberam as seguintes identificações:

ABCP	Interessado
165.205	Aditivo Lento DRY D 1 – MIX DESIGN – Tipo Pav
165.206	Aditivo Lento DRY D 1 – MIX DESIGN – Tipo NG Super Lento
165.293	Aditivo Polifuncional – Mira 94, fornecedor Grace
165.294	Areia de quartzo – Dibloco
165.295	Brita 1 – Itapiserra – Araçariçuama
165.296	Pedrisco - Itapiserra – Araçariçuama
165.297	Pó de pedra - Itapiserra – Araçariçuama
165.298	Cimento Portland Votoran CP II-E 40 – Santa Helena

## 2. MÉTODOS DE ENSAIO E DOCUMENTOS REFERENCIADOS

ABNT NBR 5738/08 Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.

ABNT NBR 5739/07 Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

ABNT NBRNM 67/98 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do



	tronco de cone.
ABNT NBRNM 47/02	Concreto - Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método Pressométrico.
ABNT NBR 10787/12	Concreto endurecido — Determinação da penetração de água sob pressão
ABNT NBR 9779/12	Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade
ABNT NBR 9781/13	Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio
ASTM C 151/09	Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement.
ASTM C 157/08	Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete.
ABNT NBR 2142/10	Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos - Método de ensaio
IT-GT-2004/98	Preparo de concreto em laboratório (concreto simples)
NBR 9781/13	Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e método de ensaio (anexo C).

### 3. METODOLOGIA UTILIZADA

O objetivo deste trabalho foi o de fazer um estudo comparativo entre um concreto convencional e o mesmo concreto com a adição dos aditivos DRY D1 – PAV e DRY D1 – NG.

Foram preparadas no laboratório três dosagens de concreto sendo uma considerada referência e as outras duas com a adição de 10,0 kg/m<sup>3</sup> de concreto do aditivo DRY D1 – PAV (**Dosagem 01**) e 10 kg/m<sup>3</sup> de concreto do aditivo DRY D1 – NG (**Dosagem 02**).

Com os concretos das referidas dosagens foram realizados os seguintes ensaios:

- **Concreto no estado fresco**
  - Determinação do abatimento pelo ensaio de tronco de cone (slump);
  - Determinado o teor de ar incorporado;
  - Determinação da massa específica;
  - Determinação da exsudação;
  - Moldagem dos corpos de prova para a realização dos ensaios com o concreto endurecido.



- **Concreto no estado endurecido**
  - Resistência à compressão nas idades de 3, 7 e 28 dias;
  - Resistência à tração por flexão nas idades de 3, 7 e 28 dias;
  - Determinação da permeabilidade por capilaridade, após 28 dias;
  - Determinação da penetração de água sob pressão, após 28 dias;
  - Determinação da resistência a abrasão, após 28 dias;
  - Determinação da expansão através do ensaio de autoclave, após 28 dias;
  - Determinação da retração do concreto em corpos de prova prismáticos, até a idade de 16 semanas.

#### 4. CARACTERÍSTICAS DOS CONCRETOS

Foi sugerida uma dosagem de concreto que atendesse os seguintes parâmetros, definidos pelo interessado:

- Consumo de cimento entre 320 kg/m<sup>3</sup> e 380 kg/m<sup>3</sup>
- Teor de argamassa entre 0,49% e 0,52%
- Abatimento 100 +/- 20 mm
- Relação água/cimento ≤ 0,55
- Consumo de água ≤ 185 ltr/m<sup>3</sup>
- Teor de ar incorporado ≤ 4,0%
- Exsudação ≤ 3,0%

##### 4.1. Preparo dos concretos

Procurando atender os parâmetros estabelecidos, pelo interessado, foram calculadas as seguintes dosagens de concretos:

##### *Dosagem referência*

- |                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| • Cimento Votoran CP II-E 40    | 363 kg/m <sup>3</sup>          |
| • Areia fina de quartzo Dibloco | 283 kg/m <sup>3</sup>          |
| • Pó de pedra Araçariguama      | 420 kg/m <sup>3</sup>          |
| • Brita 0 Araçariguama          | 438 kg/m <sup>3</sup>          |
| • Brita 1 Araçariguama          | 675 kg/m <sup>3</sup>          |
| • Água                          | 193 ltr./m <sup>3</sup>        |
| • Aditivo Mira 94               | 0,60% sobre a massa de cimento |



As outras duas dosagens (referência) foram calculadas acrescentando 10,0 kg/m<sup>3</sup> de concreto, do aditivo DRY D1- PAV e 10,0 kg/m<sup>3</sup> de concreto, do aditivo DRY D1- NG. As dosagens foram preparadas em betoneira estacionária com capacidade de 50 litros, eixo vertical e mistura forçada,

As preparações dos concretos obedeceram a uma sequência de colocação dos materiais conforme estabelecido na IT-GT-2004, do sistema de qualidade ISO 9002 da ABCP. Primeiramente a betoneira (cuba, pás, etc.) foi umedecida, sendo adicionado todo o agregado graúdo e parte da água de amassamento ( $\pm 1/3$  da água), com o acionamento da betoneira por 15s. Em seguida foi adicionado o cimento juntamente com o aditivo DRY D1 e outra parte da água de amassamento ( $\pm 1/3$  da água), e a betoneira acionada por mais 45s. Por último foi adicionado o agregado miúdo e o restante da água juntamente com o aditivo polifuncional, sendo a betoneira acionada por mais 3 minutos.

Imediatamente após a mistura de cada um dos concretos realizaram-se os ensaios para a determinação das propriedades dos concretos no estado fresco. Determinou-se a massa específica, o abatimento pelo tronco de cone, o teor de ar incorporado e a exsudação.

Com a verificação dos resultados do abatimento de cada um dos concretos e a aceitação de acordo com o valor previamente estabelecido, moldaram-se corpos-de-prova cilíndricos, conforme o que estabelece a NBR 5738, para a determinação dos ensaios de durabilidades previstos. Logo após a moldagem os corpos-de-prova foram colocados em câmara úmida, desmoldados após 24 horas da moldagem e mantidos em cura até a realização dos ensaios, conforme estabelecem as normas.

## **4.2. Resultados dos ensaios**

Os resultados obtidos após a realização dos ensaios dos concretos nos estados frescos e endurecidos podem ser vistas na *Tabela 1*.



TABELA 1 – Resultados obtidos

Identificação	Traço unitário cim: a fina: a média: p0: p1: a/c	<b>Concreto no Estado Fresco</b>				<b>Concreto endurecido - Ensaio de resistências</b>					
		Abatimento (mm)	Ar incorporado (%)	Exsudação (%)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia à compressão (MPa)			Resistencia à Tração na flexão (MPa)		
						03 dias	07 dias	28 dias	03 dias	07 dias	28 dias
<b>Dosagem Referência</b>	1: 0,780: 1,157: 1,207: 1,860: 0,50	<b>110</b>	<b>1,3</b>	<b>2,7</b>	<b>2370</b>	<b>27,8</b>	<b>35,6</b>	<b>45,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,5</b>	<b>5,6</b>
<b>Dosagem 01</b>	1: 0,780: 1,157: 1,207: 1,860: 0,50 com 10 kg/m <sup>3</sup> de <b>DRY D1 - PAV</b>	<b>90</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>2380</b>	<b>43,2</b>	<b>46,3</b>	<b>54,2</b>	<b>4,3</b>	<b>4,8</b>	<b>5,5</b>
<b>Dosagem 02</b>	1: 0,780: 1,157: 1,207: 1,860: 0,50 com 10 kg/m <sup>3</sup> de <b>DRY D1 - NG</b>	<b>11,0</b>	<b>1,4</b>	<b>3,3</b>	<b>2371</b>	<b>38,5</b>	<b>43,4</b>	<b>52,3</b>	<b>4,2</b>	<b>4,3</b>	<b>5,5</b>

**Nas 3 dosagens foi utilizado 0,6% de aditivo Mira 04 da Grace, sobre a massa de cimento.**



#### 4.2.1. Resultados dos ensaios de retração

Os resultados obtidos nos ensaios de retração com os corpos de prova moldados das dosagens propostas podem ser vistos na *Tabela 2*.

TABELA 2 – Determinação das variações dimensionais (retração)

Condição de cura	Idade	Variação dimensional média (%)		
		Dosagens		
		<i>Referência</i>	<i>Dosagem D 01</i>	<i>Dosagem D 02</i>
<b>Câmara úmida (*)</b>	1 dia	Leitura inicial		
<b>Câmara seca (**)</b>	4 dias	<b>-0,013</b>	<b>-0,003</b>	<b>0,028</b>
	7 dias	<b>-0,022</b>	<b>-0,026</b>	<b>0,018</b>
	14 dias	<b>-0,041</b>	<b>-0,039</b>	<b>0,006</b>
	28 dias	<b>-0,055</b>	<b>-0,049</b>	<b>-0,010</b>
	56 dias	<b>-0,071</b>	<b>-0,055</b>	<b>-0,032</b>
	112 dias	<b>-0,077</b>	<b>-0,063</b>	<b>-0,035</b>

Notas: O sinal negativo indica retração  
(\*) Condições climáticas: Umidade > 90°C e temperatura = 23 +/- 2 °C  
(\*\*) Condições climáticas: Umidade = 50 +/- 5 °C e temperatura = 23 +/- 2 °C

#### 4.2.2. Resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade

Os resultados obtidos nos ensaios de absorção de água por capilaridade com os corpos de prova moldados das dosagens propostas podem ser vistos na *Tabela 3*. Os corpos de prova, após a desforma, permaneceram na câmara úmida durante 28 dias, após esse período é que foram submetidos ao ensaio de capilaridade.

TABELA 3 – Determinação da absorção de água por capilaridade

Dosagem	CP	Diâmetro do c.p. (cm)	Absorção por capilaridade (g/cm <sup>2</sup> )	Ascensão capilar (cm)
<b>Referencia</b>	01	10,0	<b>0,73</b>	<b>5,0</b>
	02		<b>0,49</b>	<b>3,0</b>
	03		<b>0,71</b>	<b>5,0</b>
<b>Dosagem D 01</b>	01	10,0	<b>0,13</b>	<b>Não houve</b>
	02		<b>0,13</b>	<b>Não houve</b>
	03		<b>0,13</b>	<b>Não houve</b>
<b>Dosagem D 02</b>	01	10,0	<b>0,09</b>	<b>Não houve</b>
	02		<b>0,13</b>	<b>Não houve</b>
	03		<b>0,12</b>	<b>Não houve</b>

#### 4.2.3. Resultados dos ensaios de penetração de água sob pressão

Os resultados obtidos nos ensaios de penetração de água sob pressão, com os corpos de prova moldados das dosagens propostas, podem ser vistos nas Tabelas 4, 5 e 6. As Figuras 01, 02 e 03 ilustram a penetração de água no interior dos corpos de prova. Os corpos de prova, após a desforma, permaneceram na câmara úmida durante 28 dias, após esse período é que foram submetidos ao ensaio de penetração de água.

TABELA 4 – Penetração de água sob pressão (**Dosagem Referência**)

CP	Pressão (MPa)	Data	Horário	Penetração externa (mm)	Penetração Interna (mm)
01	0,1	21/05/2013	7:00	Não houve	<b>30</b>
	0,3	23/05/2013	7:00	<b>5</b>	
	0,7	24/05/2013	7:00	<b>10</b>	
02	0,1	21/05/2013	7:00	30	<b>90</b>
	0,3	23/05/2013	7:00	30	
	0,7	24/05/2013	7:00	50	

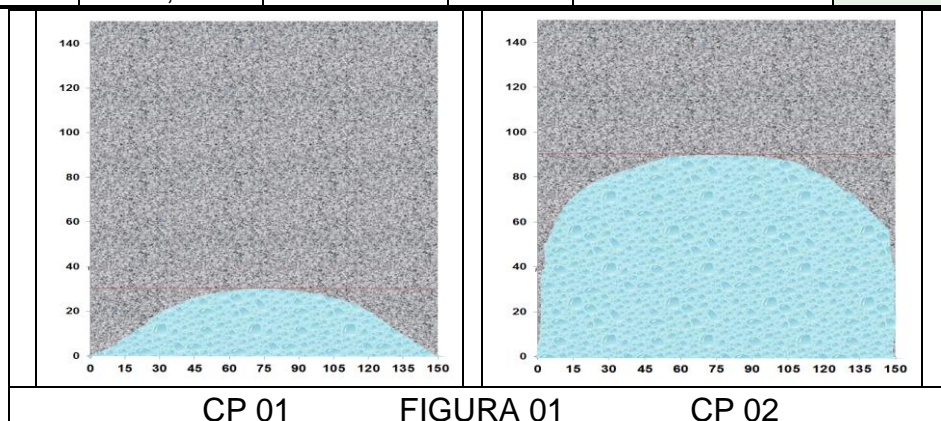


TABELA 5 – Penetração de água sob pressão (*Dosagem 01*)

CP	Pressão (MPa)	Data	Horário	Penetração externa (mm)	Penetração Interna (mm)
01	0,1	21/05/2013	7:00	10	30
	0,3	23/05/2013	7:00	10	
	0,7	24/05/2013	7:00	10	
02	0,1	21/05/2013	7:00	5	40
	0,3	23/05/2013	7:00	5	
	0,7	24/05/2013	7:00	10	

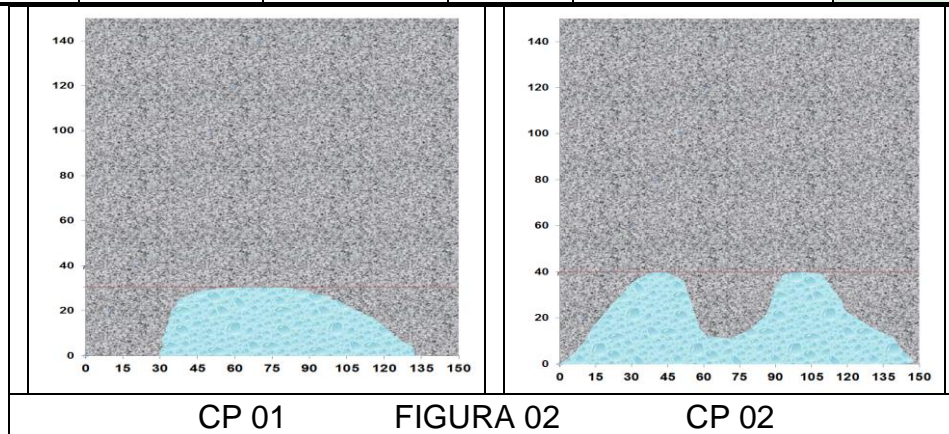
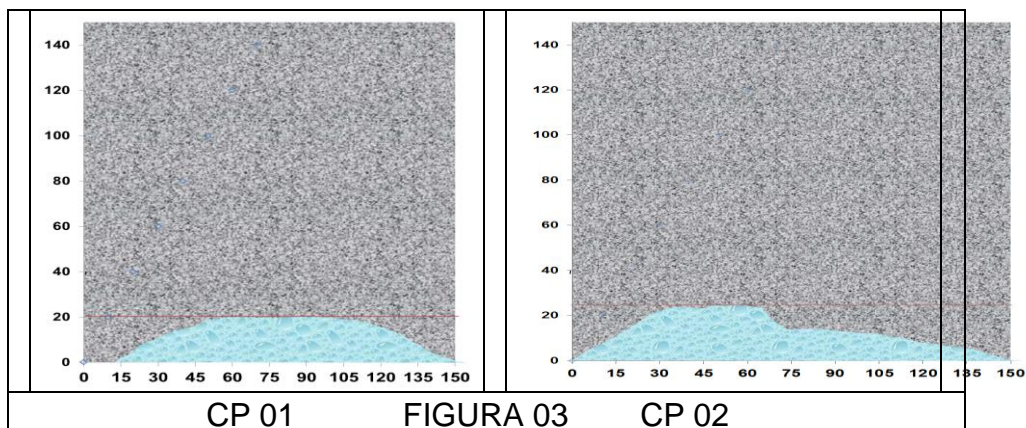


TABELA 6 – Penetração de água sob pressão (*Dosagem 02*)

CP	Pressão (MPa)	Data	Horário	Penetração externa (mm)	Penetração Interna (mm)
01	0,1	21/05/2013	7:00	Não houve	20
	0,3	23/05/2013	7:00	Não houve	
	0,7	24/05/2013	7:00	10	
02	0,1	21/05/2013	7:00	10	25
	0,3	23/05/2013	7:00	20	
	0,7	24/05/2013	7:00	20	





#### 4.2.4. Resultado dos ensaios de desgaste por abrasão

#### 4.3. Considerações técnicas

O ensaio de desgaste por abrasão está baseado na norma europeia EN 1338 e consiste de um disco rotativo de aço com diâmetro de 200 mm e espessura de 70 mm, um funil de escoamento para a alimentação do material abrasivo (composto de óxido de alumínio fundido branco, grana F80), um suporte para o corpo de prova, um contrapeso e uma caixa de armazenamento do material abrasivo usado, conforme indicado na *Figura 1*.

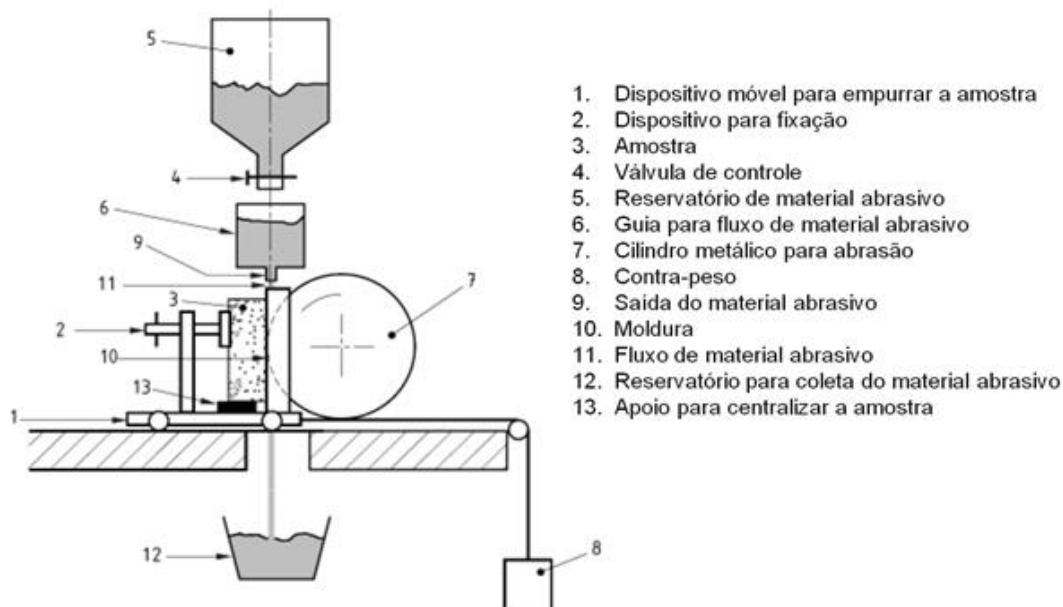


FIGURA 1 – Dispositivo para ensaio de resistência à abrasão

O ensaio consiste em posicionar o corpo de prova no equipamento, centralizando-o em relação ao centro do disco rotativo.

Abastecer o reservatório de material abrasivo de modo que o fluxo seja constante com  $(100 \pm 0,05)$  g a cada  $100 \pm 5$  rotações do disco.

Abrir a válvula de controle para o material abrasivo e simultaneamente ligar o motor configurado em 75 revoluções em  $60 \pm 3$  s. Observar se o fluxo de material abrasivo é uniforme durante a realização do ensaio. O ensaio deve ser realizado em no mínimo três corpos de prova.



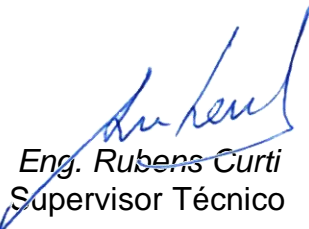
O resultado é obtido através da medida da cavidade do corpo de prova oriunda do desgaste produzido pelo disco de aço e o material abrasivo, e podem ser vistos na Tabela 7. Os corpos de prova, após a desforma, permaneceram na câmara úmida durante 28 dias, após esse período é que foram submetidos ao ensaio de desgaste.

TABELA 7 – Determinação do desgaste por abrasão

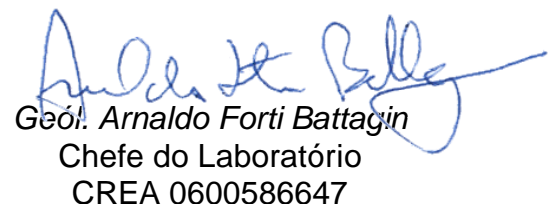
Dosagem	Corpo de prova	Cavidade (mm)			Valor médio da cavidade (mm)	Resultado final corrigido (mm)	Parâmetros da NBR 9781/13	
		A	B	C			Cavidade máxima (mm)	
						Tráfego leve	Tráfego pesado	
Referencia	01	12,8	9,7	17,1	16,7	17,1	≤ 23,0	≤ 20,0
	02	17,8	23,7	19,4				
Dosagem D 01	01	20,4	19,6	19,6	19,4	19,8		
	02	16,2	20,4	20,1				
Dosagem D 02	01	17,6	17,9	17,8	17,0	17,4		
	02	13,5	18,9	16,4				

Obs.: O resultado corrigido foi determinado através da aferição do equipamento

São Paulo, 29 de julho de 2013



Eng. Rubens Curti  
Supervisor Técnico



Geól. Arnaldo Forti Battagin  
Chefe do Laboratório  
CREA 0600586647