

SOLIDIFICAÇÃO DE LODO AO CROMO DE CURTUME EM MATRIZ DE CIMENTO

Ana Luiza Ferreira Campos Maragno

Tese apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos, da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Hidráulica e Saneamento



ORIENTADOR: Prof. Tit. Jurandyr Povinelli

São Carlos
1999

Clas.	TESE - EESC
Curr.	13320
Tombo	190/99

311 0000 F827

5/5 1063103

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

M298s Maragno, Ana Luiza Ferreira Campos
Solidificação de lodo ao cromo de curtume em matriz
de cimento / Ana Luiza Ferreira Campos Maragno. -- São
Carlos, 1999.

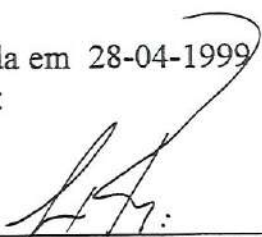
Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 1999.
Área: Hidráulica e Saneamento.
Orientador: Prof. Dr. Jurandyr Povinelli.

1. Curtume. 2. Lodo ao cromo. 3. Metais pesados.
4. Solidificação 5. Impregnação. I. Título.

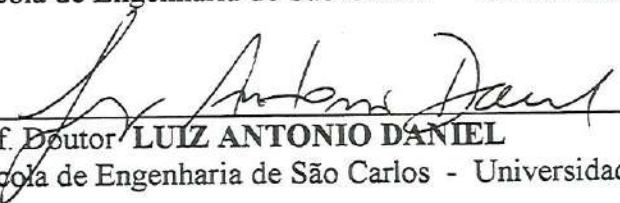
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Engenheira **ANA LUIZA FERREIRA CAMPOS MARAGNO**

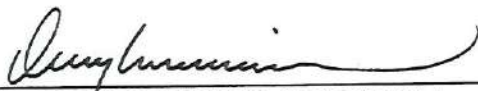
Tese defendida e aprovada em 28-04-1999
pela Comissão Julgadora:



Prof. Titular **JURANDYR POVINELLI (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **LUIZ ANTONIO DANIEL**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **OSNY PELLEGRINO FERREIRA**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)




Prof. Doutor **MÁRIO TAKAYUKI KATO**
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)



Prof. Doutor **FRANCISCO RICARDO ANDRADE BIDONE**
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS)



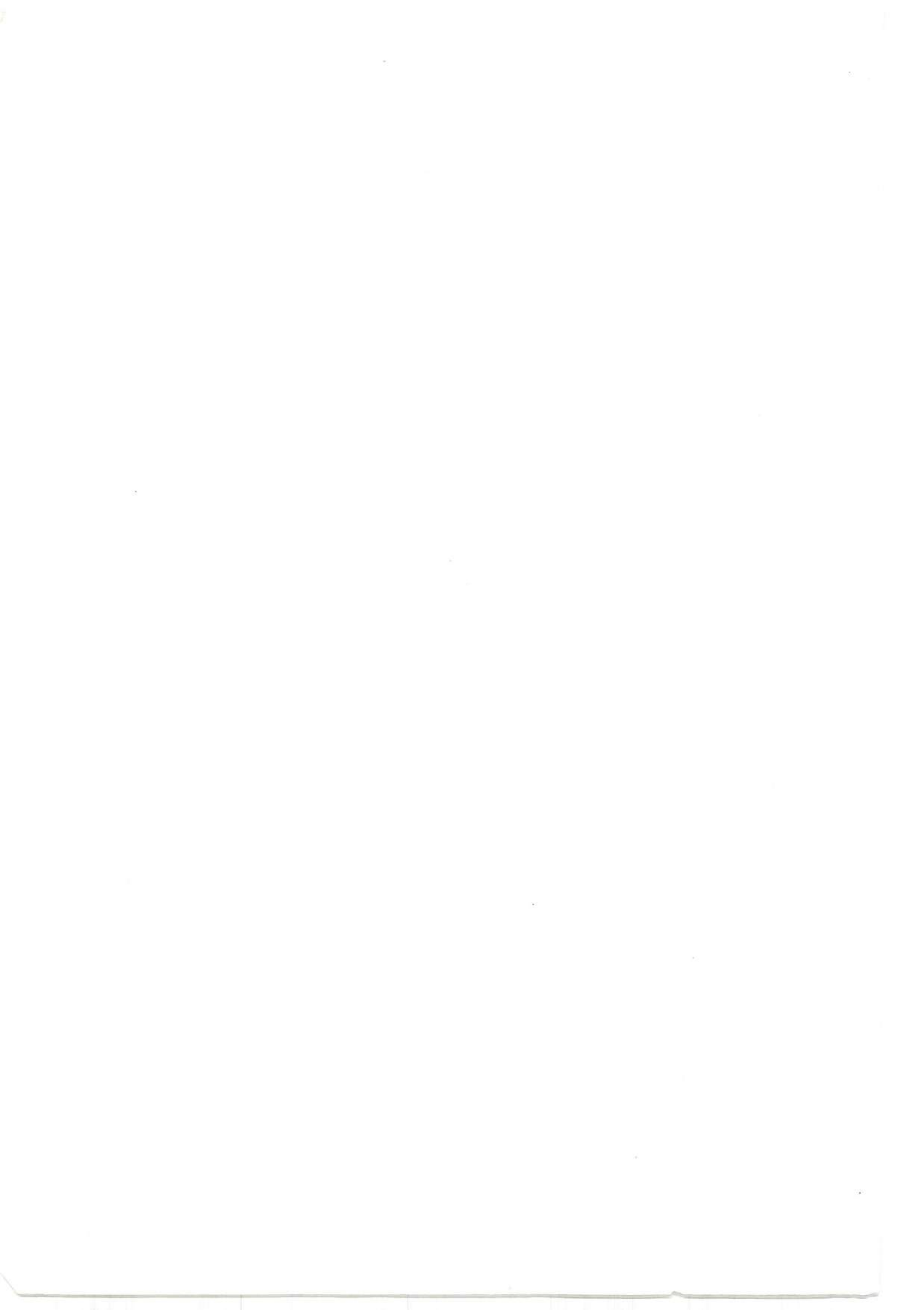
Prof. Associado **EDUARDO CLETO PIRES**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



JOSE CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação



Aos meus pais, Clarimundo e Dalva,
ao meu marido, Evandro José e aos meus filhos Rodrigo e Iara



AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Tit. Jurandyr Povinelli pela excelente orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

À CAPES, pela bolsa de estudo concedida durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos técnicos do Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - USP, especialmente ao amigo e ecólogo José Miguel Deriggi (in memoriam) pelo apoio e a alegria transmitida e ao químico Júlio César Trofino, pelo apoio técnico durante a realização das análises físico-químicas.

Aos técnicos do Laboratório de Construção Civil do Departamento de Arquitetura e Construção da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Aos técnicos do Laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Aos técnicos da Prefeitura do Campus da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Aos professores Dr. Laércio Ferreira e Silva e Dr. Osny Pellegrino Ferreira pelo auxílio e sugestões durante a realização da pesquisa.

Aos funcionários da Biblioteca Central da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Aos colegas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio e incentivo dispensados na realização deste trabalho.

Aos amigos Angela, Edson e Roberta pelo incentivo e principalmente pela amizade construída.

Em especial, ao meu marido Evandro José pelo apoio, carinho e estímulo manifestados durante a realização deste trabalho.



SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	i
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	xli
RESUMO	lxxxvi
ABSTRACT	lxxxvii
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	4
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 - Resíduos sólidos	5
3.1.1 - Lodo ao cromo	6
3.1.1.1 - Principais técnicas empregadas no tratamento e destinação final do lodo ao cromo	8
3.2 - Técnicas de solidificação de lodos	10
3.2.1 - Processo à base de cimento	11
3.2.2 - Outras técnicas de solidificação	17
3.3 - Outros trabalhos realizados sobre solidificação de resíduos, influências sofridas e algumas soluções	18
3.3.1 - Solidificação de lamas galvânicas com a utilização de cimento	19
3.3.2 - Os efeitos da presença de determinados compostos e de compostos orgânicos na solidificação com cimento	22
3.3.3 - Metais pesados e a cura do cimento	25
3.3.4 - Matrizes melhoradas	26
3.3.5 - Solidificação de areia de fundição de descarte em matrizes de cimento	27
3.4 - Impregnação das matrizes com resina poliuretânica à base de óleo de mamona	29
3.5 - Cromo - ocorrências, efeitos sobre os animais, o homem e as plantas	32
3.6 - Conclusão	36



4 - METODOLOGIA	37
4.1 - Materiais empregados.....	37
4.1.1 - Fonte de contaminantes	37
4.1.2 - Cimento empregado.....	38
4.1.3 - Areia e brita empregadas	39
4.1.4 - Resina poliuretânica à base de óleo de mamona	42
4.1.5 - Prova em branco.....	42
4.2 - Metodologia da fase experimental.....	43
4.3 - Ensaios de impregnação com resina de mamona.....	49
4.4 - Aplicações.....	50
5 - RESULTADOS	59
5.1 - Ensaios preliminares	59
5.1.1 - Caracterização do resíduo ao cromo estudado	60
5.1.1.1 - Lixiviação e solubilização do resíduo ao cromo	60
5.1.1.2 - Granulometria do resíduo ao cromo	61
5.1.1.3 - Umidade do resíduo ao cromo	61
5.1.1.4 - Análise de metais do resíduo ao cromo	62
5.1.1.5 - Determinação da massa específica aparente	62
5.1.2 - Determinação das proporções resíduo-cimento e da consistência das misturas	62
5.1.3 - Resistência mecânica à compressão	63
5.1.4 - Resultados dos ensaios preliminares	64
5.1.4.1 - Ensaios de lixiviação e solubilização do resíduo ao cromo	64
5.1.4.2 - Ensaio de granulometria do resíduo ao cromo	67
5.1.4.3 - Análise de metais do resíduo ao cromo	68
5.1.4.4 - Ensaios de resistência à compressão e consistência	69
5.1.5 - Discussões dos resultados dos ensaios preliminares	71
5.1.5.1 - Proporções entre o cimento e o resíduo	71
5.1.5.2 - Tempo de cura das matrizes	71
5.1.5.3 - Consistência das misturas	71
5.2 - Fase experimental.....	72
5.2.1 - Ensaios realizados com o lodo seco a 110°C, moído (A)	72



5.2.1.1 - Ensaio de resistência à compressão	72
5.2.1.2 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla das matrizes solidificadas.....	73
5.2.2 - Ensaio realizado com o lodo seco a 110°C, moído e peneirado (B)	74
5.2.2.1 - Ensaio de resistência à compressão	74
5.2.2.2 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla das matrizes solidificadas.....	75
5.2.3 - Ensaio realizado com o lodo seco a 110°C e 250°C, moído (C)	75
5.2.3.1 - Ensaio de resistência à compressão	75
5.2.3.2 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla das matrizes solidificadas.....	76
5.2.4 - Ensaio realizado com o lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado (D)	77
5.2.4.1 - Ensaio de resistência à compressão	77
5.2.4.2 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla das matrizes solidificadas.....	78
5.2.5 - Ensaio de absorção de água das matrizes solidificadas	78
5.2.6 - Ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova impregnados	80
5.2.7 - Ensaio com a água destilada	81
5.2.8 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla da pasta de cimento e da resina poliuretânica.....	82
5.3 - Aplicação na Construção Civil.....	82
5.3.1 - Ensaio de resistência mecânica à compressão dos bloquetes confeccionados	82
5.3.2 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla dos bloquetes confeccionados.....	83
5.3.3 - Ensaio de abrasão “Los Angeles” dos bloquetes confeccionados.....	83
5.3.4 - pH.....	84
5.3.5 - Ensaio de difratometria de raio X.....	85
6 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	89
6.1 - Moldagem dos corpos de prova.....	89
6.2 - Resistência à compressão das matrizes solidificadas	92
6.3 - Lixiviação dos metais nas matrizes solidificadas	97
6.4 - Solubilização múltipla dos metais nas matrizes solidificadas	109
6.5 - Solubilização múltipla e lixiviação do cimento puro	133
6.6 - Ensaio de absorção de água das matrizes solidificadas	134



6.7 - Resistência à compressão dos bloquetes.....	134
6.8 - Lixiviação e solubilização múltipla dos bloquetes.....	136
6.9 - Abrasão Los Angeles dos bloquetes confeccionados.....	138
6.10- Lixiviação e solubilização múltipla dos corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona.....	139
6.11 - Resistência à compressão dos corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona.....	146
6.12 - pH.....	147
6.13- Difractometria de raios X.....	147
7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	149
7.1 - Conclusões.....	149
7.2 - Recomendações.....	154
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157

ANEXO A - TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados com lodo seco a 110°C, moído (A)

ANEXO B - TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados com lodo seco a 110°C, moído e peneirado (B)

ANEXO C - TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados com lodo seco a 110°C e a 250°C, moído (C)

ANEXO D - TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados com lodo seco a 110°C e a 250°C, moído e peneirado (D)

ANEXO E - TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados com pasta de cimento Portland e resina poliuretânica à base de óleo de mamona

ANEXO F - TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados com bloquetes



LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A - Lodo seco a 110°C, moído

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI - American Concrete Institute

a/c - Relação água cimento em massa

Al - Alumínio

B - Lodo seco a 110°C, moído e peneirado

BQ₁ - Bloquete confeccionado cimento + areia comum + brita nº 1

BQ₂ - Bloquete confeccionado lodo seco 110°C, cimento, areia comum e brita nº 1

BQ₃ - Bloquete confeccionado lodo seco 110°C, cimento, areia fundição e brita nº 1

BQ₄ - Bloquete confeccionado lodo úmido, cimento, areia comum e brita nº 1;

BQ₅ - Bloquete confeccionado lodo úmido, cimento, areia de fundição e brita nº 1

BQ_{AL} - Bloquete confeccionado cimento, areia lavada e brita nº 1

BQ_{AF} - Bloquete confeccionado cimento, areia de fundição e brita 1

C - Lodo seco a 110°C e 250°C, moído

Ca (OH)₂ - Hidróxido de cálcio

Cd - Cádmio

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Conc. - Concentração

CP (C. P.) - Corpo de prova

CP I - Cimento Portland Comum

CP II-E - Cimento Portland Composto com Escória

CP III - Cimento Portland de Alto Forno

CP IV - Cimento Portland Pozolânico

Cr - Cromo

Cr³⁺ - Cromo trivalente

Cr⁶⁺ - Cromo hexavalente

Cu - Cobre

D - Lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado

ECTA - Engenharia Consultoria e Tecnologia das Águas S/C Ltda.

EESC - Escola de Engenharia de São Carlos

Fe - Ferro

g/cm^3 - Grama por centímetro cúbico

Grad. - Graduação

Hg - Mercúrio

L. F. - Limite fixado pela NBR 10.004 (1987)

mg L^{-1} - mg/L - Miligrama por litro

mg/kg - Miligrama por quilograma

mg/g - Miligrama por grama

Mn - Manganês

MPa - Megapascal

NBR - Norma Brasileira Registrada

NCO - Radical isocianato

Ni - Níquel

N_2 - Nitrogênio gasoso

nd - não detectado

Pb - Chumbo

pH - Potencial hidrogeniônico

PVC - cloreto de polivinila

US-EPA - Environmental Protection Agency dos Estados Unidos

USP - Universidade de São Paulo

WHO - World Health Organization

Zn - Zinco

μm - Micrômetro

$\mu\text{g/L}$ - Micrograma por litro

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - Características do cimento empregado	38
TABELA 4.2 - Ensaio de granulometria realizado com a areia comum empregada na confecção dos bloquetes.....	39
TABELA 4.3 - Ensaio de granulometria realizado com a areia de fundição empregada na confecção dos bloquetes	40
TABELA 4.4 - Ensaio de granulometria realizado com a brita nº 1 empregada na confecção dos bloquetes.....	41
TABELA 4.5 - Proporções entre cimento e resíduo utilizadas no trabalho.....	45
TABELA 4.6 - Graduações utilizadas para a realização do ensaio de abrasão Los Angeles, de acordo com a NBR 6465 (1984)	52
TABELA 5. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições: Lodo empregado: A; B Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP Data da coleta: 18/04/95	64
TABELA 5. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições: Lodo empregado: A e B Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP Data da coleta: 24/08/96	65
TABELA 5. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições: Lodo empregado: C; D Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP Data da coleta: 24/08/96	66

TABELA 5. 4 - Ensaio de granulometria realizado com o lodo seco a 110°C, moído (A), coletado no Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP, no dia 18/04/95	67
TABELA 5. 5 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L ⁻¹ e mg/g) na digestão com ácido nítrico dos lodos A e B, conforme metodologia de TALBOT adaptada por BARRETO (1994). Coleta efetuada no Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP, no dia 18/04/95	68
TABELA 5. 6 - Resistência média à compressão das matrizes de cimento e resíduo para o tempo de cura de 7 dias, lodo seco a 110°C, moído (lodo A)	69
TABELA 5. 7 - Resistência média à compressão das matrizes de cimento e resíduo para o tempo de cura de 7 dias, lodo seco a 110°C, moído e peneirado (B)	70
TABELA 5. 8 - Resistência média à compressão das matrizes de lodo de curtume seco a 110°C, moído (A)	72
TABELA 5. 9 - Resistência média à compressão das matrizes de lodo de curtume seco a 110°C, moído e peneirado (B)	74
TABELA 5.10 - Resistência média à compressão das matrizes de lodo de curtume seco a 110°C e 250°C, moído (C).....	75
TABELA 5.11 - Resistência média à compressão das matrizes de lodo de curtume seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado (D)	77
TABELA 5.12 - Ensaios de absorção de água por imersão, realizado para matrizes impregnadas com resina poliuretânica à base de óleo de mamona e matrizes sem a impregnação	79
TABELA 5.13 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão para os lodos A, B, C, e D, traço 1:1, corpos de prova (C. P.) impregnados e sem impregnação, tempo de cura de 14 dias	80
TABELA 5.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L ⁻¹) da água destilada	81
TABELA 5.15 - Resistência média à compressão dos bloquetes confeccionados.....	82

TABELA 5.16 - Ensaio de abrasão “Los Angeles” realizado para os bloquetes confeccionados, com o tempo de cura de 90 dias, graduação B.....	84
TABELA 5.17 - Principais compostos obtidos nos ensaios de difratometria de raios X para as amostras de cimento, lodos A, B, C e D.....	85
TABELA 5.18 - Principais compostos obtidos nos ensaios de difratometria de raios X para os bloquetes confeccionados.....	86
TABELA 6.1 - Resultados comparativos do ensaio de resistência à compressão dos bloquetes confeccionados no presente trabalho e no trabalho realizado por OLIVEIRA (1996).....	135
TABELA 6.2 - Resultados comparativos dos ensaio de abrasão Los Angeles obtidos no presente trabalho e no trabalho realizado por OLIVEIRA (1996)	138
TABELA 6.3 - Comparação entre os resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}), no ensaio de lixiviação, para os corpos de prova sem impregnação (controle) e impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona, para as condições: Tempo de cura do corpo de prova: 14 dias Traço (cimento/resíduo): 1:1 Lodo empregado: A, B, C e D	145
TABELA A. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições: Idade do corpo de prova: 7 dias Traço (cimento/resíduo): 5:1 Lodo empregado: A	A1
TABELA A. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições: Idade do corpo de prova: 28 dias Traço (cimento/resíduo): 5:1 Lodo empregado: A	A2

- TABELA A. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: A A3
- TABELA A. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: A A4
- TABELA A. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: A A5
- TABELA A. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: A A6
- TABELA A. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: A A7
- TABELA A. 8 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: A A9

- TABELA A. 9 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: AA11
- TABELA A.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: AA12
- TABELA A.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: AA14
- TABELA A.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: AA15
- TABELA A.13 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: AA16
- TABELA A.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: AA18

- TABELA A.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A A20
- TABELA A.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A A21
- TABELA A.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A A23
- TABELA A.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A A24
- TABELA A.19 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: A A25
- TABELA A.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: A A27

- TABELA A.21 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: AA29
- TABELA A.22 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: AA31
- TABELA A.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final obtidos ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: AA33
- TABELA A.24 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: AA34
- TABELA A.25 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: AA35
- TABELA A.26 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: AA37

- TABELA A.27 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: A A39
- TABELA A.28 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: A A41
- TABELA A.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: A..... A43
- TABELA A.30 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: A..... A44
- TABELA A.31 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: A A45
- TABELA A.32 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: A A47

- TABELA A.33 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: AA49
- TABELA A.34 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: AA51
- TABELA A.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: de 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: AA53
- TABELA A.36 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: AA54
- TABELA A.37 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
 Lodo empregado: AA55
- TABELA A.38 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
 Lodo empregado: AA57

- TABELA A.39 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: A A59
- TABELA A.40 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: A A60
- TABELA A.41 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: A A61
- TABELA A.42 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: A A62
- TABELA A.43 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
Lodo empregado: A A64

- TABELA A.44 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: AA66
- TABELA A.45 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: AA67
- TABELA B. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B.....B1
- TABELA B. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: BB2
- TABELA B. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B.....B3
- TABELA B. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B.....B4

- TABELA B. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B B5
- TABELA B. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B B6
- TABELA B. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: B B7
- TABELA B. 8 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: B B8
- TABELA B. 9 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: B B9
- TABELA B.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: B B11

- TABELA B.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: B.....B13
- TABELA B.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: B.....B14
- TABELA B.13 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: B.....B15
- TABELA B.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: B.....B17
- TABELA B.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: BB18
- TABELA B.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: BB20

- TABELA B.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: B B22
- TABELA B.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: B B23
- TABELA B.19 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: B B24
- TABELA B.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: B B26
- TABELA B.21 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: B B28
- TABELA B.22 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: B B30

- TABELA B.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final obtidos ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: B..... B32
- TABELA B.24 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: B..... B33
- TABELA B.25 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B34
- TABELA B.26 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B36
- TABELA B.27 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B38
- TABELA B.28 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B40

- TABELA B.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B42
- TABELA B.30 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B43
- TABELA B.31 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: B B44
- TABELA B.32 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: B B46
- TABELA B.33 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: B B47
- TABELA B.34 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: B B49

- TABELA B.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: de 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: B.....B51
- TABELA B.36 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: B.....B52
- TABELA B.37 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: B.....B53
- TABELA B.38 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: B.....B55
- TABELA B.39 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: B.....B56
- TABELA B.40 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
Lodo empregado: B.....B57

- TABELA B.41 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: B B59
- TABELA B.42 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: B B60
- TABELA C. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: C C1
- TABELA C. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: C C3
- TABELA C. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: C C5
- TABELA C. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: C C7

- TABELA C. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: C C8
- TABELA C. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: C C9
- TABELA C. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: C C10
- TABELA C. 8 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: C C12
- TABELA C. 9 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: C C14
- TABELA C.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: C C16

- TABELA C.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: C C18
- TABELA C.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: C C19
- TABELA C.13 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: C C20
- TABELA C.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: C C22
- TABELA C.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: C C24
- TABELA C.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: C C26

- TABELA C.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: C..... C28
- TABELA C.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: C..... C29
- TABELA C.19 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C30
- TABELA C.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C32
- TABELA C.21 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C34
- TABELA C.22 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C36

- TABELA C.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final obtidos ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C38
- TABELA C.24 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C39
- TABELA C.25 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C40
- TABELA C.26 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C42
- TABELA C.27 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C44
- TABELA C.28 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C46

- TABELA C.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C..... C48
- TABELA C.30 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C..... C49
- TABELA C.31 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C50
- TABELA C.32 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C52
- TABELA C.33 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C54
- TABELA C.34 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C56

- TABELA C.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: de 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C58
- TABELA C.36 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C59
- TABELA C.37 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
 Lodo empregado: C C60
- TABELA C.38 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: C C62
- TABELA C.39 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: C C64

- TABELA C.40 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: C..... C65
- TABELA D. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD1
- TABELA D. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD3
- TABELA D. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD5
- TABELA D. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD7
- TABELA D. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD9

- TABELA D. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD10
- TABELA D. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: DD11
- TABELA D. 8 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: DD13
- TABELA D. 9 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: DD15
- TABELA D.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: DD17
- TABELA D.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: DD19

- TABELA D.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: DD20
- TABELA D.13 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: DD21
- TABELA D.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: DD23
- TABELA D.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: DD25
- TABELA D.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: DD27
- TABELA D.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: DD29

- TABELA D.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: DD30
- TABELA D.19 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD31
- TABELA D.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD33
- TABELA D.21 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD36
- TABELA D.22 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD39
- TABELA D.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final obtidos ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD41

- TABELA D.24 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD42
- TABELA D.25 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: DD43
- TABELA D.26 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: DD45
- TABELA D.27 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: DD47
- TABELA D.28 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: DD49
- TABELA D.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: DD51

- TABELA D.30 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: DD52
- TABELA D.31 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: DD53
- TABELA D.32 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: DD55
- TABELA D.33 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: DD57
- TABELA D.34 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: DD60
- TABELA D.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: de 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: DD62

- TABELA D.36 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: DD63
- TABELA D.37 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
 Lodo empregado: DD64
- TABELA D.38 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
 Lodo empregado: DD66
- TABELA D.39 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
 Lodo empregado: DD67
- TABELA D.40 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: DD68
- TABELA D.41 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: DD70

- TABELA D.42 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: DD71
- TABELA E. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E1
- TABELA E. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E3
- TABELA E. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E5
- TABELA E. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E6
- TABELA E. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E7

- TABELA E. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32.....E8
- TABELA E. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona.....E9
- TABELA E. 8 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona.....E10
- TABELA E. 9 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona.....E11
- TABELA F. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Água/cimento: 0,80
 Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F1
- TABELA F. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Água/cimento: 0,80
 Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F2

- TABELA F. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF3
- TABELA F. 4 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF4
- TABELA F. 5 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF5
- TABELA F. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F6
- TABELA F. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F7

TABELA F. 8 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água..... F8

TABELA F. 9 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água..... F9

TABELA F.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água..... F10

TABELA F.11 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água ... F11

TABELA F.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água ... F12

- TABELA F.13 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF13
- TABELA F. 14 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF14
- TABELA F.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF15
- TABELA F.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF16
- TABELA F.17 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF17

- TABELA F.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água..... F18
- TABELA F.19 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água..... F19
- TABELA F.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água..... F20
- TABELA F.21 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água F21
- TABELA F.22 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água F22

- TABELA F.23 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F23
- TABELA F.24 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F24
- TABELA F.25 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F25
- TABELA F.26 - Traços utilizados na moldagem dos bloquetes (em massa)F26

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3. 1 - Fluxograma do sistema de tratamento de águas residuárias do Curtume Francouro Ltda	7
FIGURA 4. 1 - Curva granulométrica da areia comum empregada na confecção dos bloquetes.....	39
FIGURA 4. 2 - Curva granulométrica da areia de fundição empregada na confecção dos bloquetes.....	40
FIGURA 4. 3 - Curva granulométrica da brita nº 1 empregada na confecção dos bloquetes.....	41
FIGURA 4. 4 - Aspecto do lodo ao cromo	53
FIGURA 4. 5 - Resíduo seco a 110°C e a 250°C, moído (C) submetido ao ensaio de solubilização.....	54
FIGURA 4. 6 - Moldes para os ensaios de resistência à compressão (à esq.) e para os ensaios de lixiviação e solubilização (à dir.).....	54
FIGURA 4. 7 - Moldagem dos corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão.....	55
FIGURA 4. 8 - Corpos de prova submetidos ao ensaio de lixiviação	55
FIGURA 4. 9 - Corpos de prova submetidos ao ensaio de solubilização.....	56
FIGURA 4.10- Aspecto dos bloquetes moldados.....	56
FIGURA 4.11- Bloquetes submetidos ao ensaio de solubilização	57
FIGURA 5. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições: Lodo empregado: A; B Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP Data de coleta: 18/04/95.....	64

FIGURA 5. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições: Lodo empregado: A e B Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP Data de coleta: 24/08/96	65
FIGURA 5. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições: Lodo empregado: C; D Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP Data de coleta: 24/08/96	66
FIGURA 5. 4 - Curva granulométrica do lodo seco a 110°C , moído (A), coletado no Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP, no dia 18/04/95.....	67
FIGURA 5. 5 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) na digestão com ácido nítrico dos lodos A e B, conforme metodologia de TALBOT adaptada por BARRETO (1994). Coleta efetuada no Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP, no dia 18/04/95	68
FIGURA 5. 6 - Resistência à compressão das matrizes de cimento e resíduo seco a 110°C , moído (A), para o tempo de cura de 7 dias.....	69
FIGURA 5. 7 - Resistência à compressão das matrizes de cimento e resíduo seco a 110°C , moído e peneirado (B), para tempo de cura de 7 dias	70
FIGURA 5. 8 - Resistência à compressão das matrizes de cimento e resíduo seco a 110°C , moído (A), para os traços estudados, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias	73
FIGURA 5. 9 - Resistência à compressão das matrizes de cimento e resíduo seco a 110°C , moído e peneirado (B), para os traços estudados, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias	74

FIGURA 5.10 - Resistência à compressão para os corpos de prova confeccionados com lodo seco a 110°C e 250°C, moído (C), para os traços estudados, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias.....	76
FIGURA 5.11 - Resistência à compressão para os corpos de prova confeccionados com lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado (D), para os traços estudados, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias	77
FIGURA 5.12 - Absorção de água por imersão dos corpos de prova de controle e impregnados, traço 1:1	79
FIGURA 5.13 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão para os corpos de prova moldados com os lodos A, B, C, e D, traço 1:1, tempo de cura de 14 dias	80
FIGURA 5.14 - Resistência média à compressão dos bloquetes	83
FIGURA 5.15 - Difratoograma do bloquete confeccionado com areia comum, cimento, brita nº 1 e lodo de curtume seco a 110°C (BQ ₂).....	87
FIGURA 5.16 - Difratoograma do bloquete confeccionado com areia comum, cimento, brita nº 1 e lodo de curtume úmido (BQ ₄)	88
FIGURA 6. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L ⁻¹) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições: Idade do corpo de prova: 7 dias Traço (cimento/resíduo): 1:1, fôrmas com e sem vaselina Lodo empregado: A	90
FIGURA 6. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L ⁻¹) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições: Idade do corpo de prova: 28 dias Traço (cimento/resíduo): 1:1, fôrmas com e sem vaselina Lodo empregado: A	91

- FIGURA 6. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, fôrmas com e sem vaselina
 Lodo empregado: A91
- FIGURA 6. 4 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: A, B, C, D94
- FIGURA 6. 5 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: A, B, C, D94
- FIGURA 6. 6 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: A, B, C, D95
- FIGURA 6. 7 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: A, B, C, D95
- FIGURA 6. 8 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: A, B, C, D96

- FIGURA 6.9 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: A, B, C, D 96
- FIGURA 6.10 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: A..... 99
- FIGURA 6.11 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: B..... 100
- FIGURA 6.12 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: C..... 101
- FIGURA 6.13 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: D..... 102
- FIGURA 6.14 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: A, B, C, D..... 103

FIGURA 6.15 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições: Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias Traço (cimento/resíduo): 2:1 Lodo empregado: A, B, C, D	104.
FIGURA 6.16 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições: Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias Traço (cimento/resíduo): 1:1 Lodo empregado: A, B, C, D	105
FIGURA 6.17 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições: Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias Traço (cimento/resíduo): 1:2 Lodo empregado: A, B, C, D	106
FIGURA 6.18 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições: Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias Traço (cimento/resíduo): 1:3 Lodo empregado: A, B, C, D	107
FIGURA 6.19 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições: Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias Traço (cimento/resíduo): 1:4 Lodo empregado: A, B, C, D	108
FIGURA 6.20 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições: Idade do corpo de prova: 7 dias Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 Lodo empregado: A	117

- FIGURA 6.21 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: A..... 118
- FIGURA 6.22 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: A..... 119
- FIGURA 6.23 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: A..... 120
- FIGURA 6.24 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: B..... 121
- FIGURA 6.25 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: B..... 122
- FIGURA 6.26 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: B..... 123

FIGURA 6.27 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: B 124

FIGURA 6.28 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: C 125

FIGURA 6.29 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: C 126

FIGURA 6.30 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: C 127

FIGURA 6.31 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: C 128

FIGURA 6.32 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de Solubilização Múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: D 129

- FIGURA 6.33 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: D..... 130
- FIGURA 6.34 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: D..... 131
- FIGURA 6.35 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: D..... 132
- FIGURA 6.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
 Amostra empregada: BQ₁, BQ₂, BQ₃, BQ₄, BQ₅..... 137
- FIGURA 6.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação (controle) e impregnado com resina de mamona
 Lodo empregado: A..... 140
- FIGURA 6.38 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação (controle) e impregnado com resina de mamona
 Lodo empregado: B..... 141

- FIGURA 6.39 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação (controle) e impregnado com resina de mamona
 Lodo empregado: C 142
- FIGURA 6.40 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação (controle) e impregnado com resina de mamona
 Lodo empregado: D 143
- FIGURA 6.41 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina de mamona
 Lodo empregado: A, B, C, D 144
- FIGURA A. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: A A1
- FIGURA A. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: A A2

- FIGURA A. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: AA3
- FIGURA A. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: AA4
- FIGURA A. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: AA5
- FIGURA A. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: AA6
- FIGURA A. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: AA8
- FIGURA A. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: AA10

- FIGURA A. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: A A11
- FIGURA A.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: A A13
- FIGURA A.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: A A14
- FIGURA A.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: A A15
- FIGURA A.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A A17
- FIGURA A.14 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A A19

- FIGURA A.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: AA20
- FIGURA A.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: AA22
- FIGURA A.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: AA23
- FIGURA A.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: AA24
- FIGURA A.19 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: AA26
- FIGURA A.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: AA28

- FIGURA A.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: A A30
- FIGURA A.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: A A32
- FIGURA A.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: A A33
- FIGURA A.24 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: A A34
- FIGURA A.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: A A36
- FIGURA A.26 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: A A38

- FIGURA A.27 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: AA40
- FIGURA A.28 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: AA42
- FIGURA A.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: AA43
- FIGURA A.30 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: AA44
- FIGURA A.31 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: AA46
- FIGURA A.32 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: AA48

- FIGURA A.33 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: A A50
- FIGURA A.34 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: A A52
- FIGURA A.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: de 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: A A53
- FIGURA A.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: A A54
- FIGURA A.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: A A56
- FIGURA A.38 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: A A58

- FIGURA A.39 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade dos corpos de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: AA59
- FIGURA A.40 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: AA60
- FIGURA A.41 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: AA61
- FIGURA A.42 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: AA63
- FIGURA A.43 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
Lodo empregado: AA65

- FIGURA A.44 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: A A66
- FIGURA A.45 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: A A67
- FIGURA B. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B B1
- FIGURA B. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B B2
- FIGURA B. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B B3
- FIGURA B. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: B B4

- FIGURA B. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: BB5
- FIGURA B. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: BB6
- FIGURA B. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: BB7
- FIGURA B. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: BB8
- FIGURA B. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: BB10
- FIGURA B.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: BB12

- FIGURA B.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: B B13
- FIGURA B.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: B B14
- FIGURA B.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: B B16
- FIGURA B.14 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: B B17
- FIGURA B.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: B B19
- FIGURA B.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: B B21

- FIGURA B.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: B.....B22
- FIGURA B.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: B.....B23
- FIGURA B.19 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: BB25
- FIGURA B.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: BB27
- FIGURA B.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: BB29
- FIGURA B.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: BB31

- FIGURA B.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: B B32
- FIGURA B.24 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: B B33
- FIGURA B.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B35
- FIGURA B.26 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B37
- FIGURA B.27 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B39
- FIGURA B.28 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B B41

- FIGURA B.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B.....B42
- FIGURA B.30 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: B.....B43
- FIGURA B.31 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: BB45
- FIGURA B.32 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: BB46
- FIGURA B.33 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: BB48
- FIGURA B.34 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: BB50

- FIGURA B.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: de 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: B B51
- FIGURA B.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: B B52
- FIGURA B.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: B B54
- FIGURA B.38 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: B B55
- FIGURA B.39 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: B B56
- FIGURA B.40 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
Lodo empregado: B B58

- FIGURA B.41 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: B.....B59
- FIGURA B.42 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: B.....B60
- FIGURA C. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: CC2
- FIGURA C. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: CC4
- FIGURA C. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: CC6
- FIGURA C. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: CC7

- FIGURA C. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: C C8
- FIGURA C. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: C C9
- FIGURA C. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: C C11
- FIGURA C. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: C C13
- FIGURA C. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: C C15
- FIGURA C.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: C C17

- FIGURA C.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: C..... C18
- FIGURA C.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: C..... C19
- FIGURA C.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: C C21
- FIGURA C.14 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: C C23
- FIGURA C.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: C C25
- FIGURA C.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: C C27

- FIGURA C.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: C C28
- FIGURA C.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: C C29
- FIGURA C.19 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C31
- FIGURA C.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C33
- FIGURA C.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C35
- FIGURA C.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C C37

- FIGURA C.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C..... C38
- FIGURA C.24 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: C..... C39
- FIGURA C.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C41
- FIGURA C.26 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C43
- FIGURA C.27 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C45
- FIGURA C.28 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C47

- FIGURA C.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C48
- FIGURA C.30 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:3
 Lodo empregado: C C49
- FIGURA C.31 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C51
- FIGURA C.32 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C53
- FIGURA C.33 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C55
- FIGURA C.34 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C C57

- FIGURA C.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: de 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C..... C58
- FIGURA C.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:4
 Lodo empregado: C..... C59
- FIGURA C.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
 Lodo empregado: C..... C61
- FIGURA C.38 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: C..... C63
- FIGURA C.39 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: C..... C64

- FIGURA C.40 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: C C65
- FIGURA D. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD2
- FIGURA D. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD4
- FIGURA D. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD6
- FIGURA D. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD8
- FIGURA D. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: DD9

- FIGURA D. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: DD10
- FIGURA D. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: DD12
- FIGURA D. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: DD14
- FIGURA D. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: DD16
- FIGURA D.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: DD18
- FIGURA D.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: DD19

- FIGURA D.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: D D20
- FIGURA D.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: D D22
- FIGURA D.14 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: D D24
- FIGURA D.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: D D26
- FIGURA D.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: D D28
- FIGURA D.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: D D29

- FIGURA D.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1
 Lodo empregado: DD30
- FIGURA D.19 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD32
- FIGURA D.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD35
- FIGURA D.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD38
- FIGURA D.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD40
- FIGURA D.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:2
 Lodo empregado: DD41

- FIGURA D.24 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: DD42
- FIGURA D.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: DD44
- FIGURA D.26 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: DD46
- FIGURA D.27 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: DD48
- FIGURA D.28 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: DD50
- FIGURA D.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: DD51

- FIGURA D.30 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: DD52
- FIGURA D.31 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: DD54
- FIGURA D.32 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: DD56
- FIGURA D.33 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (em mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: DD59
- FIGURA D.34 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: DD61
- FIGURA D.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: de 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: DD62

- FIGURA D.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: DD63
- FIGURA D.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: DD65
- FIGURA D.38 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: DD66
- FIGURA D.39 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: DD67
- FIGURA D.40 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
Lodo empregado: DD69
- FIGURA D.41 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
Lodo empregado: DD70

- FIGURA D.42 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona
 Lodo empregado: DD71
- FIGURA E. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E2
- FIGURA E. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E4
- FIGURA E. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E5
- FIGURA E. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 365 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E6
- FIGURA E. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32 E7

- FIGURA E. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Água/cimento: 0,28
 Amostra empregada: pasta de cimento Portland CP II-E-32..... E8
- FIGURA E. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretana à base de óleo de mamona..... E9
- FIGURA E. 8 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretana à base de óleo de mamona E10
- FIGURA E. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretana à base de óleo de mamona E11
- FIGURA F. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Água/cimento: 0,80
 Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F1
- FIGURA F. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Água/cimento: 0,80
 Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F2

- FIGURA F. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água F3
- FIGURA F. 4 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água F4
- FIGURA F. 5 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água F5
- FIGURA F. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água F6
- FIGURA F. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água F7

- FIGURA F. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F8
- FIGURA F. 9 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F9
- FIGURA F.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 1,00
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água.....F10
- FIGURA F.11 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água....F11
- FIGURA F.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água....F12

FIGURA F.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água ... F13

FIGURA F.14 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água ... F14

FIGURA F.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,80
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água ... F15

FIGURA F.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água..... F16

FIGURA F.17 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água..... F17

- FIGURA F.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF18
- FIGURA F.19 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF19
- FIGURA F.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF20
- FIGURA F.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF21
- FIGURA F.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, águaF22

FIGURA F.23 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água F23

FIGURA F.24 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água F24

FIGURA F.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias
Água/cimento: 0,40
Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água F25

RESUMO

MARAGNO, A. L. F. C. *Solidificação de lodo ao cromo de curtume em matriz de cimento*. São Carlos, 1999. 166p., + ANEXOS Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

As indústrias de curtimento de couro produzem grande quantidade de resíduos sólidos, incluindo os resultantes do tratamento de efluentes. Este trabalho propõe um estudo da utilização, em peças para a construção civil, do lodo ao cromo gerado em uma das linhas de tratamento do Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP.

As peças foram executadas utilizando-se a técnica de tratamento conhecida como processo de solidificação de resíduos com cimento. As matrizes confeccionados com o lodo de curtume foram submetidas aos ensaios de lixiviação, solubilização múltipla e resistência mecânica à compressão, com as idades de 7, 28, 90 e 365 dias, nas proporções de cimento-resíduo (em massa) de 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4. Foram estudados quatro tipos de lodo: lodo seco a 110°C, moído; lodo seco a 110°C, moído e peneirado; lodo seco a 110°C e 250°C, moído e o lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado. Utilizou-se também, para o traço 1:1, a impregnação das matrizes com resina poliuretana à base de óleo de mamona. Foram realizados, em algumas amostras, ensaios de Difratomia de Raio X.

Os resultados dos ensaios realizados possibilitaram concluir que a solidificação do lodo ao cromo com cimento é técnica viável para controlar a presença de cromo nos extratos lixiviados e solubilizados, principalmente empregando-se o lodo seco a 110°C, moído e o lodo seco a 110°C, moído e peneirado, para os traços 5:1, 2:1 e 1:1. Os resultados dos ensaios de resistência demonstraram a potencialidade de emprego do lodo ao cromo em peças para a construção civil, obtendo-se resistência de 28 MPa, para os bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C, moído, aos 90 dias de cura.

Palavras chaves: curtume, lodo ao cromo, metais pesados, solidificação, impregnação.



ABSTRACT

MARAGNO, A. L. F. C. *Solidification of tannery sludge to chromium in cement matrix*. São Carlos, 1999. 166p., + ANEXOS Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The leather tanning industries produce a great quantity of refuses, including the ones resulting of the effluent treatment. This work proposes a study of the use of sludge to chromium produced in one of the treatment lines of the Curtume Francouro Ltda, from Franca, SP, in construction parts in Civil Engineering.

This study adapted the process of solidification of refuses with cement to the treatment of the construction parts. The matrices made with the tannery sludge were submitted to tests of leaching, multiple solubilization, and compression strength, with the ages of 7, 28, 90, and 365 days in the proportion of refuse-cement (in mass) of 5:1, 2:1, 1:1, 1:3, and 1:4. Four types of sludge were studied: grounded dry sludge at 110°C; grounded and sifted dry sludge at 110°C; grounded dry sludge at 110°C and 250°C; and grounded and sifted dry sludge at 110°C and 250°C. For the 1:1 mixture proportion, the imbibition of the matrices with polyurethane resin in the basis of castor oil was also used. X-ray diffractometry tests were done in some samples.

The results lead to the conclusion that the solidification of the sludge to chromium with cement is a viable technique to control the presence of chromium in the leached and solubilized extracts, mainly with the presence of grounded dry sludge at 110°C and grounded and sifted dry sludge at 110°C for mixture proportion of 5:1, 2:1, and 1:1. The results of the strength tests demonstrated the usefulness of the sludge to chromium usage in construction parts in Civil Engineering. It was obtained the 28 MPa strength for blocks made of grounded dry sludge at 110°C, cured at 90 days.

Key words: tannery, sludge to chromium, heavy metals, solidification, imbibition.



1 - INTRODUÇÃO

Os processos industriais submetem insumos à operações que propiciam a sua transformação em produtos com maior valor agregado, operações estas com eficiência sempre inferior a cem por cento, ocasionando, desta forma, a geração de subprodutos sólidos, líquidos e gasosos (CHAMIE & ALÉM SOBRINHO, 1993).

Os curtumes produzem uma grande quantidade de resíduos sólidos, nos quais se incluem os rejeitos do processamento industrial e os resultantes dos tratamentos dos efluentes gerados.

De acordo com COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) (1980), somando-se os rejeitos do processamento das peles e os resíduos do tratamento de efluentes, o resultado pode chegar a 1,2 vezes a quantidade de couro produzida.

HUGHES (1988) relata que, em 1984, o curtimento de 14 milhões de peles nos Estados Unidos resultou em 100 mil toneladas de lodo seco.

De acordo com a CETESB (1980), o Brasil é o quarto maior produtor de couros e peles do mundo, produzindo couros bovinos, eqüinos e suínos, peles de ovinos, caprinos e de coelhos e ainda couros de animais silvestres como lagarto, jacaré e veado.

BARBOSA (1996) relata que “as fontes geradoras dos principais resíduos de curtume são: a decantação primária, que produz um lodo rico em sais, predominando os sulfetos, e uma pequena parcela remanescente do curtimento, denominado lodo primário; processo de curtimento que gera o lodo ao cromo, rico em sais de cromo; e as operações de recorte e acabamento do couro que resultam em raspas, aparas e serragens que também contêm cromo”.

A preocupação com o lançamento dos resíduos de curtume no ambiente se deve à presença de matéria orgânica e de matéria inorgânica, rica em sais, sulfetos e no metal pesado Cromo, e com concentrações menores de outros metais como Zinco, Chumbo, Cobre e Níquel.

De acordo com HUGHES (1988), em alguns países da Europa e da África, na Austrália e nos Estados Unidos, a disposição de resíduos sólidos de curtume tem sido objeto de muito interesse.

No Rio Grande do Sul, grande pólo produtor de couro, as indústrias de curtimento formaram cooperativas para o tratamento dos resíduos gerados, com a finalidade principal de redução de custos no processo.

CURTUMES gaúchos buscam solução para os resíduos sólidos (1991) mostra que os resíduos sólidos de curtumes que contêm cromo estão sendo depositados provisoriamente em aterros. No Estado de São Paulo, segundo determinação da CETESB, esses resíduos devem ser acondicionados e armazenados nas instalações do curtume. É o que ocorre no Curtume Francouro Ltda, situado em Franca, SP, local de coleta do material a ser estudado neste trabalho.

Tendo em vista as atuais formas de disposição do lodo, o Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos desenvolve projetos de tratamento de resíduos sólidos de curtume através da vermicompostagem e da solidificação.

A solidificação refere-se à tecnologia que utiliza aditivos ou processos para alterar o estado físico do resíduo, facilitando o seu manuseio, o acondicionamento, o transporte e a disposição final do mesmo, tornando-o menos tóxico por imobilização física e/ou química dos seus constituintes (CLÁUDIO, 1987; BARTH et al., 1990a). Portanto, a solidificação tem como objetivos: melhorar as características físicas e de manuseio dos resíduos, diminuir a área superficial através da qual possa ocorrer a transferência ou perda de poluentes, limitar a solubilidade de constituintes perigosos contidos no resíduo (CETESB, 1985).

Existem diversas técnicas de solidificação de lamas tóxicas, mas a solidificação com cimento é um método de tratamento viável e o mais utilizado para resíduos com elevadas concentrações de metais pesados tóxicos.

O lodo, objeto deste estudo, é gerado no curtimento ao cromo, fase em que as fibras da pele são transformadas em produto imputrescível, o couro. (BRAILE & CAVALCANTI, 1979).

No presente trabalho tem-se como objetivo o estudo da utilização do lodo de curtume em diferentes proporções de cimento Portland CP II-E-32, através da técnica de solidificação, como uma opção para o tratamento desses resíduos.

O estudo prevê ainda a possível utilização de peças, executadas com resíduos perigosos, Cromo no caso, na Construção Civil.



2 - OBJETIVOS

Estudar aplicações na Engenharia Civil como opção de disposição do lodo gerado em curtumes e verificar a influência da matéria orgânica na resistência à compressão da matriz solidificada, acompanhando o desempenho das matrizes ao longo do tempo.

Verificar, nos extratos da solubilização e da lixiviação, as concentrações dos seguintes metais: Zinco, Chumbo, Cádmio, Níquel, Ferro, Manganês, Cobre e Cromo.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Resíduos sólidos

Entende-se por resíduos sólidos, conforme especificado na NBR 10.004 - Resíduos sólidos - classificação (1987), "resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividade da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível".

A NBR 10.004 - Resíduos sólidos - classificação (1987) estabelece três classes de resíduos, a saber: Classe I - Perigosos, Classe II - Não Inertes e Classe III - Inertes. Assim, pois, "como resíduos perigosos, são definidos todos os resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, em função de suas características de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento de mortalidade ou incidência de doenças, e/ou apresentam efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada".

Os resíduos Classe II - não inertes - são aqueles que não se enquadram na classificação de resíduos perigosos e não são considerados inertes.

Os resíduos Classe III - inertes - são aqueles que submetidos ao Teste de solubilização - conforme NBR 10.006 - Solubilização de resíduos sólidos (1987) - não têm nenhum dos seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos Padrões de Potabilidade da Água.

“Dentre os resíduos perigosos classificados como sólidos, os de consistência semi-sólida representam a maior parcela, bem como os que, usualmente, oferecem maior risco de contaminação ambiental” (CLÁUDIO, 1987).

3.1.1 - Lodo ao cromo

O processo de curtimento, de acordo com BIDONE (1995), “converte o colágeno, que é o principal componente do couro, em uma substância imputrescível. A pele curtida é chamada de couro”.

“A maior parte dos couros é curtida atualmente ao cromo, utilizando-se, principalmente, os sais ou os óxidos deste elemento para tornar o couro mais resistente à passagem da água, mais elástico e flexível” (JOST apud BIDONE, 1995).

“No curtimento ao cromo emprega-se, comumente, o sulfato básico de cromo que, em alguns casos, é produzido no próprio curtume a partir de sais de cromo hexavalente. Este cromo hexavalente, tóxico ao homem, agente carcinogênico, de ação corrosiva na pele e mucosas, é um oxidante forte, pois reage facilmente com a matéria orgânica em meio ácido. Assim sendo, no processo de curtimento, qualquer residual de cromo hexavalente (cromatos e dicromatos) será reduzido a cromo trivalente, através da reação com a matéria orgânica” (CETESB, 1980).

De acordo com a CETESB (1980), “os resíduos sólidos gerados em estações de tratamento de águas residuárias de curtumes são basicamente constituídos de gorduras e lamas precipitadas nas diferentes etapas do tratamento”.

Na FIGURA 3.1 tem-se o fluxograma do sistema de tratamento de efluentes do Curtume Francouro Ltda. O lodo, objeto desta pesquisa, é proveniente do leito de secagem da linha 2.

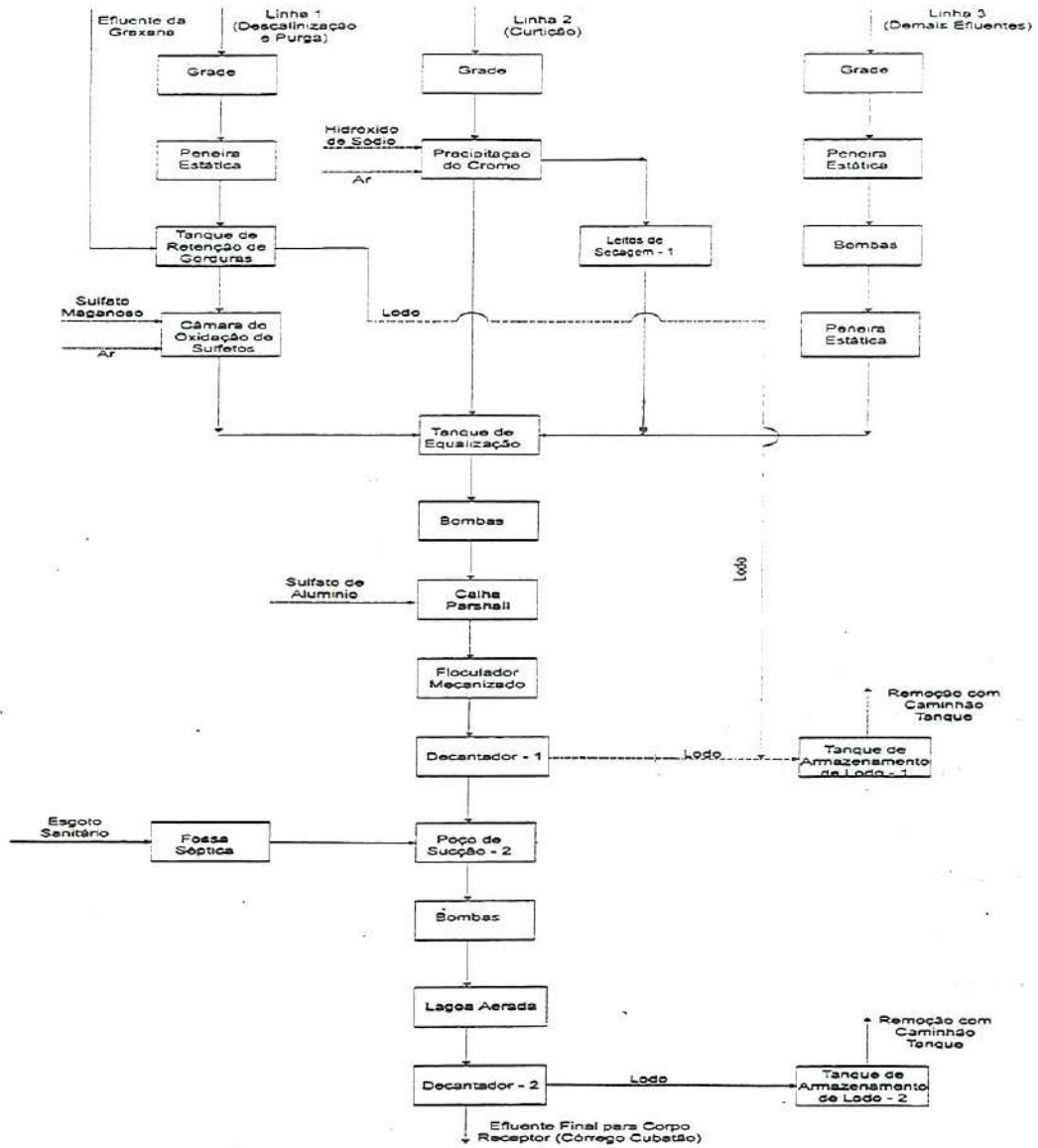


FIGURA 3.1 - Fluxograma do sistema de tratamento de águas residuárias do Curtume Francouro Ltda

Fonte: Engenharia Consultoria e Tecnologia das Águas S/C Ltda - ECTA (1987)

3.1.1.1 - Principais técnicas empregadas no tratamento e destinação final do lodo ao cromo

“Uma vez que o tratamento das águas residuárias geradas pelos curtumes inclui necessariamente, pelo menos uma unidade de decantação (primária), as técnicas empregadas para o tratamento do lodo residual devem ser criteriosamente estudadas por ser sua operação muito dispendiosa” (CETESB, 1980).

“No caso particular da incineração do lodo gerado pelas unidades de tratamento de águas residuárias, podem ser utilizados fornos de leito fluidizado, fornos providos de atomizadores e fornos de câmaras múltiplas. A adoção desta incineração, no entanto, está condicionada a um controle quanto à emissão de poluentes para a atmosfera e à destinação das cinzas devido à presença do cromo” (CETESB, 1980).

Diversos autores, (GUTTERRES, 1986; HEIDEMANN, 1992; UNIÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CURTUMES DA ITÁLIA, 1992), em todas as partes do mundo, estudam alternativas para a destinação dos resíduos gerados nos curtumes.

BACIN apud BIDONE (1995) relata experiências realizadas no Rio Grande do Sul, onde aparas são transformadas em fertilizantes condicionadores via vermicompostagem, enquanto BARCELÓ et al. apud BIDONE (1995) apontam aproveitamento para os resíduos de pele curtida ao cromo pela adição dos mesmos em pó na pasta cerâmica.

Diversos autores (FISCH, 1992; GUNSE et al., 1992; BIDONE, 1995) estudam a utilização de lodos de curtume na agricultura para a fertilização do solo.

FISCH (1992) estudou o uso do lodo ao cromo, proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes de um curtume gaúcho, no cultivo do rabanete e concluiu ser viável a utilização do lodo ao cromo na agricultura. Foram estudadas quatro concentrações de lodo ao cromo no solo: 5 toneladas de lodo por hectare; 10 toneladas de lodo por hectare; 20 toneladas de lodo por hectare e 40 toneladas de lodo por hectare.

BIDONE (1995) refere que, e os “resultados obtidos mostraram que a vermicompostagem dos resíduos de curtume, adequadamente misturados com substrato orgânico destinado à complementação alimentar das minhocas, proporcionou a atenuação do cromo, interferindo na sua mobilidade durante o processo, podendo ela assim, representar uma alternativa interessante de acondicionamento prévio de resíduos metálicos de processamento industrial, para posterior disposição”.

De acordo com CETESB (1980), “com relação à presença de cromo, estudos realizados na Inglaterra revelaram que é difícil ocorrer lixiviação significativa deste metal presente em lamas de curtumes, quando as mesmas são dispostas em aterros sanitários convencionais, uma vez que o cromo, além de estar sob forma trivalente, insolúvel, é passível de ficar retido no solo por adsorção. Outros estudos mostraram que o cromo é muito pouco afetado pela maioria dos ácidos orgânicos, mas é solubilizado lentamente pelo ácido acético, o que explica, em parte, a sua eventual presença no lixiviado”.

POHLAND & GOULD (1986) estudando a codisposição anaeróbia de lodos com metais pesados com resíduo domiciliar, verificaram que em concentrações não inferiores àquelas inibidoras dos processos biológicos, ocorre a combinação de dois processos: a precipitação dos metais na forma de sulfetos e de hidróxidos, com a remoção dos mesmos do lixiviado e a mobilização dos metais pela complexação dos mesmos com substâncias húmicas do lixo, formando complexos solúveis e menos tóxicos.

“A Environmental Protection Agency dos Estados Unidos (EPA) estabelece como restrição à disposição de resíduos de curtumes em aterros sanitários convencionais, a presença de Cromo (total) em concentração não superior a $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ no lixiviado obtido em teste padronizado” (CETESB, 1980).

Com relação à presença de Cromo, a legislação norte-americana estabelece que nos casos em que a concentração deste metal no extrato obtido no teste de lixiviação ultrapassar o limite de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, os resíduos deverão ser dispostos em aterros industriais com as seguintes características: existência de uma camada de solo argiloso de no mínimo 3,00 metros de espessura, diretamente sob a superfície do aterro; distância mínima de 4,50 metros entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível histórico do lençol freático e evapotranspiração anual na área selecionada maior que a precipitação anual (CETESB, 1980).

Solidificação refere-se à tecnologia que utiliza aditivos ou processos para alterar as características do resíduo, facilitando o manuseio, o acondicionamento, o transporte e a disposição final do mesmo, tornando-o menos tóxico por imobilização física e/ou química dos constituintes do resíduo (CLÁUDIO, 1987).

De acordo com diversos autores (CETESB, 1985; KORCHI et al., 1986; CLÁUDIO, 1987; KORCHI et al., 1987; GILLIAN & SPENCE, 1990; OLIVEIRA & BUCHLER, 1993) a solidificação com auxílio de cimento Portland é um método de tratamento viável e o mais utilizado para resíduos com elevada concentração de metais pesados tóxicos.

3.2 - Técnicas de solidificação de lodos

De acordo com CETESB (1985), “os processos de solidificação existentes são classificados como fixação inorgânica e técnicas de encapsulamento. No primeiro caso, os processos baseiam-se na utilização de materiais como cimento, cal, silicatos e argilas, enquanto que no segundo caso são empregados polímeros orgânicos específicos”.

3.2.1 - Processo à base de cimento

“O cimento (Portland) é um clínquer anidro que contém, além de outros componentes, aluminato tricálcico, silicato de cálcio, silicato tricálcico e é obtido através da queima de uma mistura de cal, argila e outros silicatos, a altas temperaturas. Quando misturado com água, o cimento é hidratado, formando posteriormente um sólido rígido. A hidratação se dá em dois estágios; no primeiro, ocorre a formação de uma membrana protetora na superfície das partículas de silicato de cálcio e no segundo, após a cura inicial, observa-se em cada grão de cimento o crescimento de fibrilas que se irradiam por todo o espaço intersticial. Desta forma, tem-se um aumento no comprimento e no número de fibrilas, que gradualmente começam a emaranhar-se uma com as outras e, quando cessa o seu crescimento, elas começam a unir-se lateralmente, formando lâminas contínuas do material. Esta matriz fibrilar incorpora os agregados e/ou resíduos adicionados na massa sólida monolítica” CETESB (1985).

“A maioria dos resíduos na forma de lamas pode ser misturado diretamente com o cimento, proporcionando a incorporação dos sólidos suspensos na matriz rígida do concreto endurecido. Este processo é particularmente eficiente para resíduos com elevados teores de metais tóxicos, uma vez que no pH da mistura diversos cátions multivalentes são convertidos em hidróxidos e carbonatos insolúveis. Os íons metálicos também podem ser incorporados na estrutura cristalina que minerais do cimento formam” (CETESB, 1985).

“O endurecimento e a cura dos cimentos Portland comuns podem ser retardados, por muitos dias, pela presença de impurezas tais como matéria orgânica, siltes, argila, carvão e lignita” (CETESB, 1985).

De acordo com CETESB (1985), as vantagens dos sistemas de tratamento a base de cimento são:

- a) a matéria-prima é abundante e barata;
- b) a tecnologia, o controle das misturas e manuseio do cimento são bem conhecidos;
- c) a secagem e a desidratação do resíduo não são necessárias, visto que o cimento precisa de água para sua hidratação e posterior endurecimento. Assim sendo, a quantidade de cimento a ser adicionada pode ser dosada em função do teor de água do resíduo;
- d) o sistema é tolerante à maioria das variações químicas. O cimento, dada a sua alcalinidade, pode neutralizar ácidos e não é afetado por oxidantes fortes, tais como nitrato ou cloretos;
- e) as características de lixiviação do produto final, se necessário, podem ser melhoradas através de revestimento selante; e
- f) a quantidade de cimento usada pode variar, permitindo assim que os produtos finais tenham uma alta capacidade de suporte, que se tornem bons materiais de fundação ou sub-base e que tenham baixa permeabilidade.

Dentre as desvantagens deste sistema, citadas por CETESB (1985), encontram-se:

- a) a necessidade de quantidades relativamente grandes de cimento, o que em parte é compensado pelo baixo custo do material, torna o peso e o volume do produto final normalmente o dobro do de outros processos de fixação, e
- b) a necessidade de aterros bem projetados e construídos para a disposição de produtos finais não revestidos.

De acordo com MERRIT et al. (1993), o objetivo da tecnologia de solidificação é a imobilização de elementos tóxicos, evitando com isso sua lixiviação para o ambiente. A imobilização pode ocorrer por duas formas: imobilização química e imobilização física. A primeira ocorre quando o contaminante é convertido, por reações químicas, a uma forma menos solúvel. Os autores citam ainda a precipitação e adsorção como exemplos de processos químicos que podem levar à imobilização química. A imobilização física ocorre quando o contaminante é encapsulado em uma matriz sólida.

Outra afirmação dos autores se refere ao fato de que, quando é aplicada a tecnologia de solidificação a solos que contêm elementos tóxicos, maior enfoque deveria ser dado às propriedades que afetam a lixiviação, como pH do solo, difusibilidade e a durabilidade da matriz.

De acordo com BARTH (1990), a tecnologia de solidificação está sendo utilizada nos Estados Unidos da América para tratar resíduos inorgânicos, orgânicos e radioativos. O autor diferencia solidificação de estabilização. Para ele, solidificação é a conversão de um resíduo líquido em um resíduo não-líquido, reduzindo a área superficial disponível. Afirma, ainda, que o processo de solidificação pode não diminuir a lixiviação da matriz formada. A estabilização, geralmente, se refere a uma reação química que torna alguns componentes do resíduo menos lixiviáveis. A diferença entre os termos é importante, desde que exista metal no resíduo a ser tratado. O processo pode envolver tanto a solidificação como a estabilização, enquanto que para resíduos orgânicos recalcitrantes, só a solidificação.

Ainda citando o mesmo autor, o processo de solidificação foi desenvolvido como uma tentativa do homem para melhorar a navegação e o transporte. Antigamente (3.000 A.C.), a dinastia chinesa de Dschoud tinha o costume de construir estradas. O porto romano de Cosa (2º século A. C.) utilizou argamassas chamadas pozolanas para proteção do porto. Segundo o autor, esta estrutura do porto de Cosa ainda existe e indica a sua durabilidade a longo prazo.

Nos anos cinquenta, iniciou-se o tratamento de resíduos radioativos através do processo de solidificação. O objetivo deste processo era limitar, através da solidificação, a contaminação do meio pelos líquidos presentes no resíduo a ser tratado. Estes processos foram aperfeiçoados, utilizando uréia formaldeído e asfalto para obter mais consistência e menor peso. Nos anos de 1970 a 1983 foi melhor orientado o tratamento de solidificação, envolvendo resíduo radioativo de baixo nível de radiação. Embora não fossem utilizadas práticas de administração de resíduos perigosos, antes dos anos setenta, estavam sendo avaliados elementos aditivos de solidificação como a cal.

Nos anos oitenta, surgiram regulamentações para orientar a utilização do processo de solidificação, pois havia, na época, proibição em dispor resíduos líquidos no solo.

Através de regulamentações foram enfocadas as características de lixiviação dos resíduos a serem tratados.

Com relação à remediação de locais que contém resíduos perigosos, no ano de 1988, nos Estados Unidos, 20% das decisões tomadas com relação a estes locais incluíam como parte do tratamento o processo de solidificação. Muitas destas decisões envolviam locais que continham poluentes inorgânicos e orgânicos.

BARTH (1990) sugere que se pesquisem as reações entre o elemento tóxico e o aglomerante e que a evolução da resistência da matriz formada seja uma forma de avaliar a técnica de solidificação.

McKINLEY et al. (1992) estudaram a solidificação de cinzas de incinerador municipal para resíduos sólidos, resíduo classificado como perigoso devido à presença de chumbo e cádmio. Foram realizados ensaios de lixiviação com o resíduo bruto e com matrizes confeccionadas com cinza e cimento e, ainda, em matrizes inalteradas e em matrizes trituradas (moídas). A concentração de chumbo no lixiviado da matriz moída foi significativamente superior à da matriz intacta. Verificou-se, porém, que as concentrações de chumbo não alcançaram os níveis encontrados com a cinza não solidificada (resíduo bruto). A concentração de cádmio, no extrato lixiviado, tanto para a matriz intacta, quanto para a moída, foi muito baixa. Concluiu-se que a cinza pode ser estabilizada com um traço 1:1 (relação cinza/cimento).

SHUKLA et al. (1992) verificaram a eficiência da técnica de solidificação à base de cimento Portland, utilizando pentaclorofenol como elemento tóxico. Concluíram que a técnica realmente é eficiente para tratar este tipo de resíduo perigoso, e que as interações entre os componentes do cimento e do resíduo adicionado precisam ser melhor estudadas. Os resultados indicaram que o pentaclorofenol pode retardar a hidratação do cimento e, assim, reduzir a resistência da matriz obtida, pela formação de uma matriz mais porosa. Os testes de lixiviação mostraram que cerca de 3 a 4% de pentaclorofenol pode ser lixiviado. A maior parte do pentaclorofenol lixiviado parece ter vindo da superfície do cimento hidratado e uma parcela através dos poros da matriz.

HILLS et al. (1993) comparam a utilização de cimento Portland comum e de cinzas volantes, provenientes da queima de carvão pulverizado, na solidificação de lodo prensado obtido da neutralização de resíduos inorgânicos ácidos e alcalinos.

Foram utilizadas quatro séries. Séries 1 e 2: diferentes proporções entre o cimento Portland comum e o resíduo estudado (série 1: de 0 a 20% de resíduo; série 2: de 0 a 30% de resíduo); série 3: mistura entre cinza volante, cimento Portland e resíduo e série 4: mistura entre cinza volante e resíduo (com adição de hidróxido de cálcio, para auxiliar na hidratação).

Foram utilizadas as seguintes porcentagens de resíduo (em peso): para a série 1: de 0 a 20% de resíduo; para as séries 2, 3 e 4: de 0 a 30% de resíduo.

Verificou-se nas séries 1 e 2, entre outras coisas, a influência das proporções utilizadas na pega do cimento, no calor de hidratação e na resistência das misturas, sendo que, na maioria dos resultados, houve uma redução da resistência com o aumento na quantidade de resíduo adicionado. Concluiu-se, através dos resultados da série 3, que a adição da cinza volante à mistura de cimento e resíduo retardou a hidratação do cimento. Verificou-se, através dos ensaios realizados com a série 4, que os resultados de resistência obtidos foram, em geral, menores do que os da série 3, embora os resultados de resistência obtidos para a maior carga de resíduo (30%), para o tempo de cura de 28 dias, tenham sido aproximadamente iguais aos obtidos para a série 3. Todos os ensaios foram realizados aos 7, 14 e 28 dias de cura.

YANG et al. (1994) estudaram dois resíduos industriais: um lodo de galvanoplastia e um lodo tendo como componente principal o carbonato de cálcio, por eles denominado lodo carbonato de cálcio. Os dois lodos foram misturados em quantidades iguais, moídos e aquecidos a 1000°C por um período de quatro horas e em seguida resfriados. O material resultante foi moído.

O objetivo da pesquisa era verificar a viabilidade do uso deste material resultante como aglomerante, substituindo-se parte do cimento a ser utilizado na solidificação do lodo de galvanoplastia original. Foram utilizados, na pesquisa, dois sistemas:

- os sistemas solidificados, empregando o material resultante da mistura dos dois lodos: denominado grupo experimental;
- os sistemas solidificados apenas com cimento: denominado grupo de controle.

Determinaram para os sistemas: resistência, durabilidade e efetuaram ensaios de lixiviação.

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova de resíduos solidificados mostraram que a resistência obtida pelo grupo experimental foi superior à dos correspondentes corpos de prova do grupo de controle.

Com a finalidade de verificar os efeitos da substituição do cimento pelo material produzido, efetuaram, utilizando corpos de prova com 28 dias de cura, ensaios de lixiviação, obtendo os seguintes resultados:

- a) o grupo experimental apresentou uma menor concentração de Zinco, quando comparado com os resultados obtidos com o grupo de controle; no entanto, as concentrações de Zinco no extrato lixiviado foram todas menores que o limite permitido pela Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos;
- b) para o Cádmio, contudo, as concentrações no lixiviado, do grupo experimental, foram um pouco maiores que as do grupo de controle, embora essas concentrações sempre se encontraram abaixo dos limites fixados pela Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos.

Outro ensaio realizado, o denominado “lixiviação múltipla”, procurou simular a lixiviação a partir da matriz solidificada por repetidas extrações com ácido acético (100 g de amostra sólida em 2000 ml de ácido acético). Este teste foi realizado para o lodo bruto de galvanoplastia, e para as amostras solidificadas do grupo experimental, que apresentaram as maiores resistências à compressão. Foram realizadas, para cada amostra, 10 seqüências de ensaios de lixiviação. Foram obtidos, para o Zinco, os seguintes resultados: lodo bruto, concentrações de 168.630 mg L⁻¹ para a seqüência 1 e de 0,375 mg L⁻¹ para a seqüência 10; para as amostras solidificadas, concentrações de 0,337 mg L⁻¹ para a seqüência 1 e de 0,150 mg L⁻¹ para a seqüência 10. Já para o Cádmio, obtiveram-se os seguintes resultados: lodo bruto, concentrações de 28.800 mg L⁻¹ para a seqüência 1 e de 0,068 mg L⁻¹ para a seqüência 10; e, para as amostras solidificadas, concentrações de 0,075 mg L⁻¹ para a seqüência 1 e de 0,068 mg L⁻¹ para a seqüência 10.

Através destes resultados concluiu-se que a solidificação reduziu a porcentagem de Zinco e Cádmio no extrato lixiviado obtido através da “lixiviação múltipla”.

Utilizando amostras da mistura de lodos aquecidos, realizaram também ensaios de Difração de Raios X, quando os resultados mostraram que o produto final é um material muito complexo. Esse material, entretanto, demonstrou uma grande capacidade aglomerante na solidificação de lodos. Os autores sugerem que estudos adicionais devam ser realizados para melhor entendimento da composição do material produzido e seus mecanismos de reação com os metais pesados.

3.2.2 - Outras técnicas de solidificação

“Os materiais pozolânicos, artificiais ou naturais, contêm, dentre outras coisas, partículas silicosas que combinadas com cal, na presença de água, produzem um material com propriedades similares ao concreto. São materiais comumente usados nos processos de fixação química, constituídos pelas cinzas, poeiras de forno de cimento ou escória de alto forno. Por serem produtos residuais com pequeno ou nenhum valor comercial são empregados no processo de fixação denominado processo à base de cal e materiais pozolânicos. O uso desses materiais é particularmente vantajoso, pois permite que resíduos gerados em duas fontes distintas sejam tratados ao mesmo tempo” (CETESB, 1985).

“Certos sistemas de tratamento enquadram-se na categoria de processos à base de materiais pozolânicos e cimento, sendo a combinação desses materiais feita com o intuito de obter a melhor e mais econômica contenção para um resíduo específico a ser tratado” (CETESB, 1985).

“Estes materiais pozolânicos são freqüentemente adicionados ao cimento Portland para reagir com o hidróxido de cálcio livre e assim melhorar as resistências físicas e químicas do resíduo aglomerado” (CETESB, 1985).

“Os termoplásticos comumente empregados para solidificar resíduos são o betume, o asfalto e o polietileno. Estes são polímeros orgânicos que se caracterizam pelo seu amolecimento e endurecimento reversíveis, quando submetidos respectivamente a aquecimento e resfriamento. Normalmente o resíduo é seco, aquecido e disperso na matriz plástica aquecida. A mistura é então resfriada e solidificada, o que normalmente ocorre dentro de um recipiente, por exemplo, um tambor metálico” (CETESB, 1985).

Têm-se, também, a técnica de encapsulamento superficial. “Quando se aplica esta técnica, os resíduos prensados, aglomerados ou entamborados são revestidos superficialmente, com pincel ou spray, com materiais tais como poliuretanos, resinas tipo poliéster ou mistura destes. Tais materiais atuam como um selo entre o resíduo e o meio ambiente” (CETESB, 1985).

A técnica de auto solidificação foi desenvolvida para tratar resíduos que contêm grandes quantidades de sulfito ou sulfeto de cálcio (CETESB, 1985).

E “a técnica de transformação em vidro, produção de minerais sintéticos ou cerâmicos baseia-se na fusão de resíduos com sílica ou outros materiais para formar vidro ou material de silicato ou cerâmica” (CETESB, 1985).

3.3 - Outros trabalhos realizados sobre solidificação de resíduos, influências sofridas e algumas soluções

São apresentados, a seguir, alguns trabalhos realizados utilizando a técnica de solidificação de resíduos. Conforme pode ser verificado, há uma escassez de informações sobre o assunto, principalmente relacionada com a presença específica de cromo no resíduo a ser tratado, comparativamente com outras áreas do saneamento ambiental.

3.3.1 - Solidificação de lamas galvânicas com a utilização de cimento

O trabalho desenvolvido por CLÁUDIO (1987) apresenta resultados obtidos na solidificação de lama gerada no tratamento de efluentes galvânicos, utilizando cimento como aglomerante. Foram pesquisadas misturas de resíduo com Cimento Portland Comum (CPC), Pozolânico (POZ) e de Alto Forno (CAF), que tem atualmente as respectivas nomenclaturas: CP I, CP IV e CP III. Para cada tipo de cimento utilizado foram preparadas misturas com relações água/cimento iguais a 0,3; 0,5 e 0,7.

Os resultados obtidos nos ensaios de lixiviação e solubilização realizados aos 7, 28 e 90 dias de cura nas matrizes solidificadas permitiram concluir que a técnica utilizada foi apropriada para a fixação dos íons tóxicos presentes nas lamas galvânicas. Os ensaios de resistência mecânica à compressão obtidos indicaram que nas primeiras idades as resistências situaram-se muito abaixo dos valores esperados, enquanto que nas idades mais avançadas as resistências foram altas, superando, inclusive, as verificadas em argamassas e concretos de cimento Portland.

São apresentadas, a seguir, algumas conclusões obtidas por CLÁUDIO (1987):

- as medidas de consistência não apresentaram, para as misturas pesquisadas, o mesmo significado que para as argamassas e concretos de cimento Portland. Este parâmetro está, em geral, diretamente relacionado com a resistência final do material solidificado. Segundo o autor, as variações das consistências das misturas frescas de lama e cimento não têm, aparentemente, grande influência na resistência final da mistura solidificada, levando-se em conta o tempo de realização do experimento em questão;
- as misturas de resíduo e cimento apresentaram valores de consistência menores (menor fluidez) que as pastas de referência (prova em branco, sem a adição de lama tóxica) moldadas com cimento e água, nas mesmas relações água/cimento, em massa;

- os vários tipos de cimento utilizados no experimento, de maneira geral, indicaram serem as misturas de Cimento Pozolânico (POZ) sensivelmente mais rígidas que as misturas de Cimento de Alto Forno (CAF), e estas mais rígidas que as de Cimento Portland Comum (CPC);
- nas primeiras idades, as misturas com Cimento Portland Comum (CPC) são as que melhores resultados apresentaram, no que se refere às resistências mecânicas. Em seguida, vêm as misturas de Cimento de Alto Forno (CAF), e, finalmente as misturas com Cimento Pozolânico (POZ) são as que apresentaram as resistências menores até o tempo de cura de 28 dias;
- para os traços mais pobres em cimento, as misturas de Cimento Portland Comum e Cimento de Alto Forno já apresentavam, aos 7 dias de cura, resistências próximas às verificadas aos 90 dias de cura, as quais, apesar de muito baixas quando comparadas às resistências das pastas de referência (sem adição de lamas tóxicas), já permitiam a manipulação, transporte e até o uso para fins não estruturais das matrizes solidificadas;
- com 90 dias após a mistura dos materiais, as matrizes de Cimento Pozolânico foram as que apresentaram os melhores resultados do ponto de vista de resistência mecânica. Mesmo as misturas mais pobres em cimento ofereceram, nesta idade, resistência acima de 10 MPa;
- todas as misturas ensaiadas, mesmo as pobres em cimento, demonstraram, já aos 7 dias de cura, alta eficiência na fixação dos metais pesados presentes na lama empregada nos experimentos.

CHAMIE (1993), trabalhando também com lamas galvânicas procurou, além de reenquadrar os resíduos em uma classe menos agressiva ao meio ambiente, determinar o motivo deste enquadramento, se físico ou químico.

Foram ensaiados corpos de prova confeccionados com argamassa composta de resíduo e cimento Portland com escória (CP II E -32), sendo pesquisados os seguintes traços cimento/resíduo (em massa): 4:1; 5:1; 6:1; 7:1 e 8:1. Os tempos de cura de 7, 28 e 90 dias foram estabelecidas para a realização de todos os ensaios.

Os corpos de prova foram confeccionados, levando-se em conta a umidade natural dos resíduos, a trabalhabilidade e o índice de consistência das argamassas, e as características de cada um dos ensaios a serem executados. Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de lixiviação e solubilização, com o intuito de classificá-los; aos ensaios de porosidade ao Mercúrio e ao Nitrogênio; difratometria de Raios X, a fim de determinar se a estabilidade do resíduo se dava por via física ou química; e ao ensaio de resistência mecânica, para direcionar quais seriam as possíveis utilizações do material solidificado.

Os resultados obtidos indicaram que, para relações cimento/resíduo (em massa) iguais ou superiores a 6:1, a matriz cimentícia pode ser classificada como resíduo inerte. Isto se deve ao encapsulamento físico, obtido pela retenção mecânica das partículas do resíduo, que são maiores que os poros da matriz, e ao encapsulamento químico, proporcionado pela incorporação dos elementos constituintes do resíduo à estrutura cristalina da matriz.

Um dos resíduos da pesquisa era proveniente de uma unidade de fabricação de circuitos impressos que utilizava o processo “aditivo”, baseado na cobreação por oxirredução para a construção das trilhas condutoras sobre placas básicas sem laminado de cobre.

O outro resíduo era proveniente de uma fábrica de metais sanitários que utilizava processos convencionais de deposição de metais, como Cromo, Zinco e Níquel, em bases plásticas e metálicas, estas últimas, constituídas, entre outros elementos, de Cádmio, Ferro e Chumbo.

Dentre os resultados obtidos por CHAMIE (1993), citam-se:

- os resultados dos ensaios a que foram submetidos os corpos de prova confeccionados com argamassas que contêm resíduos provenientes da fábrica de metais sanitários indicaram uma tendência de incremento da resistência mecânica da matriz solidificada com o enriquecimento do traço cimento/resíduo, destacando-se que os resultados dos ensaios dos corpos de prova de traço 5:1 foram os mais favoráveis sob este aspecto, variando entre 6,60 MPa e 21,60 MPa, superando, inclusive, os resultados dos ensaios de traços mais ricos que ele, principalmente os resultados de traço 6:1 que foram os mais desfavoráveis, variando entre 2,20 MPa e 11,20 MPa;

- os melhores valores de resistência mecânica foram obtidos nos ensaios executados com corpos de prova com tempo de cura de 28 dias;
- os resultados de todos os ensaios de lixiviação realizados apresentaram concentração de metais no extrato lixiviado inferior aos padrões estabelecidos pela NBR 10.005 - Lixiviação de resíduos sólidos (ABNT, 1987), permitindo-se afirmar que a tecnologia de encapsulamento desses resíduos em matrizes é eficiente na sua reclassificação, segundo a NBR 10.004 - Resíduos sólidos - classificação (ABNT, 1987), de resíduos Classe I - perigosos em resíduos Classe II - não inertes;
- os resultados dos ensaios de solubilização mostraram concentração de metais no extrato solubilizado inferior aos padrões estabelecidos pela NBR 10.006 - Solubilização de resíduos sólidos (ABNT, 1987), permitindo a reclassificação de Classe I - perigosos em Classe III - inertes, classificação que enquadra as rochas, tijolos, vidros, certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente;
- os resultados dos ensaios de porosidade ao Hg e ao N₂ e de granulometria permitiram afirmar que a matriz de cimento retém fisicamente os grãos de resíduo;
- a difratometria de raios X indicou os compostos presentes na matriz formados pelos metais provenientes dos resíduos, no caso, Pb, Cd, Cr, Zn, Ni e Fe, demonstrando que tais espécies químicas encontram-se retidas no retículo cristalino da matriz formada.

3.3.2 - Os efeitos da presença de determinados compostos e de compostos orgânicos na solidificação com cimento

De acordo com WEITZMAN (1990), os termos solidificação e estabilização têm significados diferentes. “Solidificação” é a ação da água livre em um resíduo para melhorar suas características de manuseio, tornando-o aceitável para disposição em aterros. O termo “Estabilização” refere-se ao tratamento de um resíduo que resulta na diminuição da mobilidade de contaminantes em um ambiente de aterro.

Utilizando compostos orgânicos, WEITZMAN (1990) concluiu que o cimento e outros aglomerantes não apresentaram bom desempenho, confirmando os estudos feitos pela CETESB (1985), nos quais se verificou que o endurecimento e a cura dos cimentos Portland comuns podem ser retardados, por muitos dias, pela presença de impurezas tais como matéria orgânica.

Com relação aos compostos inorgânicos, o autor concluiu que os mesmos podem ser estabilizados pela técnica de solidificação.

De acordo com a CETESB (1985), o tempo de endurecimento da mistura cimento-resíduo, bem como reduções significativas na resistência mecânica podem ocorrer devido à presença de sais solúveis de manganês, estanho, zinco, cobre e chumbo, dos quais os três últimos são os mais prejudiciais. Outros compostos que também atuam como retardadores do endurecimento do cimento Portland, mesmo presente em baixas concentrações (alguns gramas por quilograma de cimento), são os sais de sódio, tais como arseniato, borato, iodato e sulfito.

Além de retardar o endurecimento, produtos contendo grandes quantidades de sulfatos podem reagir e formar sulfaluminato de cálcio hidratado, causando fragmentação ou aumento de volume do material solidificado. Para prevenir tal reação, quando da solidificação de resíduos com altas concentrações de sulfatos, foi desenvolvido um cimento especial com baixo teor de alumina (CETESB, 1985).

“Com a finalidade de melhorar as características físicas da mistura e diminuir as perdas por lixiviação de resíduos fixados, muitos aditivos foram desenvolvidos para serem usados com o cimento.... Em alguns trabalhos experimentais realizados com resíduos radioativos, observou-se que a adição de vermiculita ou argila como absorvente melhorou as condições de fixação daqueles resíduos” (CETESB, 1985).

“Têm-se utilizado também, como aditivo nos processos à base de cimento para reter os contaminantes, os silicatos solúveis; no entanto provocam um aumento de volume durante o endurecimento da mistura resíduo-cimento”.

“Como uma adaptação do processo à base de cimento foi proposta uma técnica na qual são dissolvidos resíduos ricos em metais com sílica de granulação fina, em pH baixo, sendo a mistura posteriormente polimerizada através da elevação do pH até 7. O gel resultante é adicionado ao cimento e endurecido em um espaço de três dias” (CETESB, 1985).

“De acordo com os testes efetuados pelo “Brookhaven National Laboratory”, a mistura de silicato de sódio e cimento Portland endurece rapidamente, sem que os íons metálicos afetem esse processo. Aparentemente, o silicato de sódio precipita a maioria dos íons inibidores que estão presentes na massa gelatinosa, eliminando suas interferências e acelerando o endurecimento da mistura cimento-resíduo. Dos resíduos testados, somente aqueles contendo ácido bórico inibiram o endurecimento das misturas. Portanto, a formação de um gel é um fato importante no desenvolvimento dessa técnica. Além disso, uma demora no endurecimento e uma diminuição da resistência final do produto podem ser causadas por excessiva agitação do gel depois de formado” (CETESB, 1985).

De acordo com POLLARD et al. (1991), a técnica de solidificação à base de cimento é um tratamento físico-químico que envolve tanto a complexação dos componentes perigosos dos resíduos em uma forma estável insolúvel (estabilização), como a captura do resíduo em uma matriz cimentícia sólida (solidificação). Resíduos industriais perigosos, que frequentemente apresentam constituintes que podem interferir nas reações de hidratação do cimento, e certos compostos orgânicos estão entre os conhecidos inibidores da cura do cimento.

Na indústria da construção, uma grande variedade de substâncias de origem orgânica tem sido utilizada para melhorar o desempenho e a trabalhabilidade de misturas de cimento. Tais materiais são rotineiramente introduzidos para retardar a cura durante o transporte, diminuir a produção de calor e aumentar a resistência final do cimento.

A complexidade das reações de hidratação, as variações nos parâmetros estudados e as diferentes reações entre o resíduo e o cimento têm impedido um prognóstico acurado dos efeitos de substâncias orgânicas nos processos de Solubilização (POLLARD et al., 1991).

POLLARD et al. (1991) estudaram, entre outras coisas, o efeito do fenol na pasta de cimento hidratada. As matrizes solidificadas foram analisadas através de ensaios de lixiviação, microscopia óptica, difração de Raios X e espectroscopia. Os resultados obtidos demonstraram que ocorreram diferenças significativas relativas às características físicas (como tempo de cura e resistência à compressão), morfológicas e de composição das matrizes.

Os autores concluíram que:

- até mesmo alterações sutis na estrutura química do interferente orgânico podem resultar em maiores diferenças na natureza da interação cimento e material orgânico;
- o fenol apresentou um efeito adverso no desenvolvimento da resistência a longo prazo;
- o triclorobenzeno reduziu o diâmetro médio do poro da pasta de cimento em que o mesmo foi incorporado, mas sem aumento significativo na lixiviação da matriz formada.

3.3.3- Metais pesados e a cura do cimento

O objetivo principal dos estudos realizados por COCKE (1990) era verificar como os metais, principalmente o Chumbo, poderiam influir na estabilidade de sistemas de solidificação. Os trabalhos realizados indicaram que o Chumbo se encontrava na superfície das partículas de cimento e concluíram que os sais insolúveis de Chumbo formam uma cobertura semelhante a uma gelatina, na maioria dos componentes do cimento, agindo como uma barreira para a difusão da água, que atrasa a razão de hidratação e resulta no retardo da pega.

COCKE (1990), estudando a solidificação de resíduos perigosos, verificou que íons de chumbo provocavam um retardamento na cura das matrizes solidificadas. Este efeito observado pelos autores foi também verificado por FOWLER et al. (1995).

FOWLER et al. (1995) estudaram longamente as reações do cimento através da produção de hidróxido de cálcio. Os resultados preliminares, obtidos pelos autores, indicaram que os efeitos de cada metal estudado (como Pb, Zn, Cr^{3+} e Fe), são diferentes. O Zinco interrompeu completamente a produção do hidróxido de cálcio, enquanto o Chumbo retardou a reação por aproximadamente 10 dias.

3.3.4 - Matrizes melhoradas

Segundo DANIALI (1990), a imobilização de substâncias presentes nos resíduos perigosos em matrizes de cimento Portland é considerada um ótimo método, devido a sua simplicidade e baixo custo. Entretanto, a alta porosidade da matriz de cimento, vista como responsável pela considerável lixiviação de metais, principalmente o chumbo, despertou o interesse do autor pelo melhoramento da matriz de cimento. Com a finalidade de proporcionar o melhoramento das matrizes de cimento o autor empregou o látex, uma emulsão acrílica de polímero.

Estudos preliminares sobre solidificação de resíduos inorgânicos contendo cromo e chumbo, em matrizes na qual se misturou o látex com a pasta de cimento, mostraram resultados encorajadores.

De acordo com DANIALI (1990), a lixiviação de substâncias solidificadas em matrizes de cimento Portland tem sido o objeto de numerosos estudos. Tem-se dado maior ênfase aos fundamentos químicos envolvidos no processo e menor atenção aos fatores que afetam as propriedades da matriz acabada. Um conhecimento da composição do cimento Portland torna possível predizer as propriedades da pasta de cimento. E, mais importante ainda, é possível, pelo adequado ajuste da composição do cimento, modificar certas propriedades suas para tornar seu desempenho mais satisfatório.

A relação água/cimento (a/c) é um parâmetro muito importante, devido à influência que exerce nas propriedades da pasta de cimento endurecido, tais como resistência, durabilidade e porosidade. Quando a pasta de cimento Portland é preparada e curada de forma convencional, desenvolve-se considerável porosidade capilar. Se a água presente nos poros capilares da matriz fosse removida e substituída por materiais compatíveis, a resistência, a durabilidade e a permeabilidade melhorariam substancialmente, reduzindo, assim, a lixiviação das matrizes formadas.

Durante a hidratação da pasta de cimento misturada com látex, este forma membranas filiformes sobre toda a matriz, que fortalecem o aprisionamento das partículas do resíduo dentro da pasta.

Utilizaram-se, como poluente, soluções aquosas de chumbo e cromo. Foram preparados, durante o experimento, 18 conjuntos de amostras com diferentes razões de água/cimento, látex/cimento e poluente/cimento. Todas as misturas continham água, cimento, poluente e látex, em diferentes razões. A água, o látex e a substância poluente foram completamente misturadas antes da adição do cimento e depois a mistura foi colocada em moldes cilíndricos de teflon. A cura da matriz melhorada com látex foi realizada em condição ambiente por 2 dias, após os quais as matrizes eram removidas de seus moldes (DANIALI, 1990).

Os resultados obtidos nos testes de durabilidade das amostras contendo os poluentes inorgânicos foram bons, pois, por exemplo, o teste de compressão não indicou perda de resistência devido à presença desses materiais.

DANIALI (1990) concluiu que os resultados preliminares dos testes físicos e de lixiviação das matrizes confeccionadas com cimento Portland, látex e poluentes, indicaram considerável melhora de comportamento em relação às matrizes de referência, constituídas de cimento e poluentes. Apesar dos resultados obtidos, o autor sugere a realização de mais pesquisas sobre o assunto.

3.3.5 - Solidificação de areia de fundição de descarte em matrizes de cimento

OLIVEIRA (1996) estudou a utilização de areia de descarte de fundição em peças para construção civil, objetivando a eliminação ou minimização dos efeitos ambientais causados por estes resíduos. Adotando como proposta de tratamento o processo de solidificação de resíduos, utilizando cimento Portland, foram confeccionados corpos de prova, com relações cimento/resíduo (em massa) de 1:3; 1:5; 1:8 e 1:10. As matrizes foram submetidas aos ensaios de lixiviação, solubilização, difratometria de Raios X e resistência mecânica à compressão, nos tempos de cura de 7, 28 e 90 dias. Foram ainda confeccionados bloquetes, utilizando a areia de fundição em substituição à areia comum, e os resultados comparados.

Dentre as conclusões do trabalho destacam-se:

- os resultados dos ensaios de resistência mecânica dos corpos de prova confeccionados com argamassas de cimento e areia de fundição foram proporcionais aos traços e tempos de cura das matrizes. Quanto mais rico o traço e maior o tempo de cura (idade) da matriz, melhor a sua resistência;
- em nenhuma das misturas de resíduo e cimento ensaiadas, as concentrações de metais na lixiviação ultrapassaram os limites estipulados pela NBR 10.004 (1987). Com exceção da concentração do lixiviado de Cromo de algumas amostras, todas as matrizes apresentaram uma redução na concentração dos íons metálicos em relação ao resíduo bruto (areia de fundição de descarte);
- os resultados dos ensaios de solubilização demonstraram que as concentrações de Alumínio e Cromo ultrapassaram os limites estipulados pela NBR 10.004 (1987), não permitindo ainda a classificação do resíduo utilizado na pesquisa como inerte. Os demais metais detectados pelo ensaio, como: Cobre, Ferro, Manganês e Zinco, apresentaram, para todos os traços e idades ensaiadas, concentrações inferiores aos limites fixados;
- entre os metais que apresentaram as maiores concentrações no resíduo bruto, o ferro foi o elemento mais eficientemente fixado pelas matrizes, enquanto que o alumínio apresentou, para a maioria das amostras solubilizadas, concentrações superiores ao limite estipulado. Para a maioria das amostras, as concentrações de cromo no extrato solubilizado excederam o valor encontrado no extrato solubilizado do resíduo bruto, demonstrando que, comparativamente aos demais metais, o cromo apresentou a pior fixação pelas matrizes solidificadas;
- de uma maneira geral, as matrizes solidificadas que apresentaram maiores valores de resistências mecânicas demonstraram também melhor eficiência na fixação dos metais. Desta forma, os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização das matrizes de traço 1:3 (90 dias de cura) e das matrizes de traço 1:2, permitiram enquadrá-las, segundo a NBR 10.004 (1987), na categoria dos resíduos não perigosos - inertes (classe III);

- os resultados de difratometria de raios X permitiram a identificação dos compostos químicos formados pelos elementos de interesse: Al, Cr, Cu, Fe, Mn e Zn. Os difratogramas indicaram, portanto, a ocorrência de encapsulamento químico, proporcionado pela incorporação dos elementos constituintes do resíduo à estrutura cristalina da matriz;
- os ensaios de resistência mecânica dos bloquetes empregando areia de fundição de descarte apresentaram valores menores que os bloquetes que não utilizaram este resíduo. Contudo, a resistência apresentada aos 90 dias de cura foi próxima ao limite estipulado pela NBR 9781 (1987) e demonstrou crescimento em função da idade dos bloquetes, sugerindo a possibilidade de emprego desses elementos em situações de tráfego normal;
- a medida do desgaste dos agregados produzidos com os bloquetes, através do ensaio de abrasão Los Angeles, permitiu concluir que teoricamente os materiais possuem o mesmo comportamento. A areia de fundição, portanto, não restringe a possibilidade de seu emprego em termos do desgaste que apresentaram;
- quanto à possibilidade de comprometimento ambiental decorrente da disposição desses elementos, os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização demonstraram que os bloquetes produzidos, empregando areia de fundição de descarte, foram classificados como inertes.

3.4 - Impregnação das matrizes com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Segundo ARAÚJO (1992), “as poliuretanas são materiais que tem lugar de destaque entre outros polímeros de uso industrial”.

Segundo esse mesmo autor, “as resinas poliuretanas têm uma aplicação ampla, sendo materiais favoráveis sob vários pontos de vista, citando-se:

- propriedades reológicas (viscosidade e fluidez);
- tensões superficiais, umedecimento (poder umectante) e penetração capilar;
- tempo máximo e mínimo de processamento;
- endurecimento, cura; e, principalmente
- economia”.

De acordo com o autor, “as poliuretanas são sempre mencionadas como exemplo de materiais que combinam alta resistência mecânica (força de ruptura) com elevado grau de estiramento antes da ruptura (% de alongamento)... Quando se trata de materiais não rígidos, tais como borrachas, a ruptura ocorre com porcentagens de alongamento inferiores a 1%, mas para similares de poliuretanas este estiramento situa-se entre 50% a 150% antes da ruptura. Esta combinação de propriedades básicas das poliuretanas levam à combinação de enormes resistências ao impacto e abrasão, além de excelente resistência à maioria dos líquidos orgânicos na forma de óleos e fluidos, colocando as poliuretanas em posição de destaque frente a outros polímeros”.

Assim como todo novo material, a resina poliuretânica à base de óleo de mamona apresenta alguma limitação em suas propriedades. As resinas poliuretânicas, comparativamente a outras resinas e plásticos, apresentam resistência relativamente fraca quanto à hidrólise, além de possuírem ainda, resistências limitadas a altas temperaturas (ARAÚJO, 1992).

A resina poliuretana é o produto da reação entre os polióis e o prepolímero. Os polióis são substâncias polihidroxiladas, dependentes do número de moles de radicais $-OH$ por molécula e o prepolímero é uma substância preparada pela reação de isocianatos orgânicos com polióis, apresentando um teor pré-determinado de $-NCO$ livre. De acordo com PALOSE & ACHAYA apud ARAÚJO (1992) o óleo de mamona tem uma excepcional estabilidade química, sendo composto não facilmente oxidável.

Através dos estudos realizados por ARAÚJO (1992) verificou-se uma tendência de aumento de dureza superficial pelo aumento da porcentagem do prepolímero na mistura reagente. Verificou-se, também, um progressivo aumento na estabilidade térmica das resinas com o aumento da taxa de $-NCO$ livre da mistura final. Esta estabilidade térmica varia no intervalo de 215 a 340°C. Concluiu-se, também, aumento da rigidez da poliuretana com o aumento de $-NCO$ livre na mistura final, em relação ao $-OH$.

Ensaio realizados no Laboratório de Construção Civil da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, com a resina poliuretância à base de óleo de mamona, nas proporções utilizadas na presente pesquisa, apresentaram os seguintes resultados: resistência à compressão de 19,5 MPa, resistência à tração de 13,0 MPa, módulo de deformação de 242 MPa, dureza (Shore B) de 60, alongamento de 19% e tempo de cura de 30 minutos.

De acordo com o comitê 201 do ACI - AMERICAN CONCRETE INSTITUTE apud MEHTA & MONTEIRO (1994), “a durabilidade do concreto de cimento Portland é definida como a capacidade de resistir à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração; isto é, o concreto durável conservará a sua forma original, qualidade e capacidade de utilização quando exposto ao seu meio ambiente”.

Todavia, nenhum material é indefinidamente durável; como um resultado de interações ambientais, as propriedades dos materiais mudam com o passar do tempo, perdendo em parte ou no todo suas propriedades e qualidades iniciais (MEHTA & MONTEIRO, 1994).

“A água, que é o agente primário tanto da criação, quanto da destruição de muitos materiais na natureza, é o fator central para a maioria dos problemas de durabilidade do concreto” (MEHTA & MONTEIRO, 1994).

Ao penetrar no concreto, os agentes agressivos reagem com alguns componentes do cimento produzindo compostos expansivos, capazes de comprometer o elemento. A penetração de diluentes também pode ocasionar danos ao concreto ao longo do tempo, mesmo sem ocorrerem reações químicas (SILVA, 1996). A ação danosa da água é drasticamente reduzida com a impregnação do concreto convencional por polímero, pois este promove o preenchimento e colmatação dos capilares ou microfissuras, os quais são suscetíveis de penetração de água ou outros líquidos. Com a impregnação ocorre a redução da absorção e da permeabilidade do concreto, tornando-as quase nulas (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE apud SILVA, 1996).

O polímero existente nos poros capilares do concreto também aumenta a sua resistência à abrasão, uma vez que, presente na interface pasta agregado, melhora a aderência entre os constituintes do concreto, não permitindo que as partículas dos agregados sejam extraídas com facilidade (SILVA, 1996).

Segundo a AMERICAN CONCRETE INSTITUTE apud SILVA (1996), a perda de massa no ensaio de abrasão no concreto impregnado de polímero é muito pequena, não havendo grande influência do tipo de polímero.

3.5 - Cromo - ocorrências, efeitos sobre os animais, o homem e as plantas

De acordo com McGRATH & SMITH (1990), o Cromo é um elemento químico de transição do grupo VIB da tabela periódica. Em termos de quantidade é considerado a 21º metal mais abundante da crosta terrestre, com uma concentração média de 100 mg/kg.

Os primeiros usos do Cr foram na fabricação de pigmentos, por volta de 1880, na França, Alemanha e Inglaterra. Até 1905, os compostos de Cromo foram utilizados como corante na indústria têxtil. Os três maiores usos do Cromo são: na fabricação de material refratário, na indústria metalúrgica e na indústria química (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

A WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), em 1984, relatou que muitas rochas e solos contêm pequenas quantidades de Cromo e sua principal fonte é o mineral cromita, no qual o metal se encontra na forma trivalente. O Cromo hexavalente também existe naturalmente, mas com menor frequência. Em seu estado natural de ocorrência, o Cromo apresenta-se em uma forma altamente insolúvel; entretanto, fatores do tempo, oxidação e ação das bactérias podem convertê-lo em uma forma levemente solúvel.

BARTLETT & JAMES (1979, 1983a, 1983b, 1983c) têm estudado o comportamento do Cromo no solo, enfatizando a possível oxidação do Cr^{3+} a Cr^{6+} , a complexação do Cr^{3+} e a redução das formas hexavalentes. MOORE & RAMAMOORTHY (1984) observaram que os dois mais importantes estados de oxidação do Cromo em águas naturais são o Cromo trivalente e o Cromo hexavalente.

A maioria das formas solúveis no solo, especialmente do Cromo hexavalente, resulta principalmente de contaminação por emissões industriais (WHO, 1984). O Cromo trivalente e o Cromo hexavalente ocorrem no meio biológico, mas apenas a forma trivalente é estável, enquanto que o Cromo hexavalente é rapidamente reduzido por várias espécies orgânicas (WHO, 1984).

O Cromo ocorre como contaminante das águas sujeitas à poluição de despejos de curtumes, indústrias de cromatos e de circulação de águas de refrigeração, para o controle da corrosão (BATTALHA & PARLATORE, 1977).

Segundo o NATIONAL RESEARCH COUNCIL apud WHO (1984), devido à baixa solubilidade do Cromo, geralmente os níveis deste metal na água são usualmente baixos (9,7 µg/L); entretanto, há exemplos de contaminação com concentrações elevadas de Cromo em rios que receberam efluentes contendo este metal.

Pode encontrar-se na forma trivalente ou hexavalente, ambos como sal solúvel ou partículas insolúveis, mas freqüentemente como um complexo químico, e a valência da forma química em águas naturais sofre a influência da acidez da água. O Cr^{3+} é o estado de oxidação mais estável e mais importante, e é convertido em hidróxido insolúvel em pH alcalino (WHO, 1984).

Ainda de acordo com WHO (1984) é utilizado na fabricação de ligas metálicas e, também, como agente oxidante, como inibidor da corrosão, na indústria têxtil, cerâmica, de vidro e fotográfica.

De acordo com NEMEROW apud OSSANAI (1979), os compostos de Cromo, na concentração de 5 mg L⁻¹, são tóxicos para os peixes de água doce. Apesar de os peixes serem, relativamente, tolerantes ao Cromo, alguns invertebrados aquáticos são mais sensíveis e a toxicidade varia com as espécies, estado de oxidação e o pH do meio.

De acordo com TOWILL et al. apud WHO (1984), o Cromo é absorvido através do trato gastrointestinal e respiratório e a quantidade absorvida difere para cada sistema e depende da forma como o Cromo se encontra.

O Cromo parece ser necessário para o metabolismo da glicose e de lipídios e para a utilização de aminoácidos em muitos sistemas, além de ser necessário na prevenção de diabetes e arteriosclerose em seres humanos.

Por outro lado, de acordo com KAUFMAN et al. apud WHO (1984), níveis de Cromo hexavalente de 10 mg/kg de peso corporal podem provocar necroses do fígado, nefrite e morte em homens e, em doses menores, podem causar irritações na mucosa gastrointestinal.

Além destes efeitos negativos, o Cromo hexavalente em altas doses pode causar câncer no trato intestinal, dermatites e úlceras na pele e nas narinas. Há, ainda, uma forte evidência de que trabalhadores expostos a altos níveis de Cr^{6+} têm maior risco de contraírem câncer nos pulmões (WHO, 1984).

A NBR 10.004 (1987) fixa na Listagem nº 8, o limite máximo de Cromo total no extrato obtido do ensaio de solubilização em $0,05 \text{ mg L}^{-1}$, e, na listagem nº 7, o limite máximo no extrato obtido do ensaio de lixiviação é fixado em $5,0 \text{ mg L}^{-1}$.

“Muito embora tenha sido constatado em diversos estudos, que a aplicação de Cromo em pequenas quantidades no solo seja benéfica ao crescimento das plantas, esse elemento não é reconhecido como essencial ao seu desenvolvimento” (CETESB, 1980).

De acordo com a CETESB (1980), “em face de inúmeros relatos e experimentos que evidenciaram a toxicidade do Cromo quando aplicado em solos agrícolas, particularmente se aplicado sob a forma hexavalente, o Ministério da Agricultura e Serviço de Auxílio ao Desenvolvimento da Pesca e Agricultura (ADAS) da Inglaterra estabeleceu como limite máximo tolerável a concentração de 500 mg de cromo por quilograma de solo”.

BIDONE (1995) estudando a influência da vermicompostagem dos resíduos de curtume na mobilidade do Cromo concluiu pela “inquestionável capacidade atenuadora do húmus ou vermicomposto na mobilidade do cromo durante o processo”. O autor cita que “dentre os aspectos que contribuíram para esta conclusão, destaca-se a capacidade de troca de cátions, com a sua força adsorptiva, o pH elevado do húmus diminuindo a solubilidade do metal e determinando a sua precipitação e o seu aprisionamento na instância das próprias leiras, a grande capacidade de retenção de água de rega pelo húmus atenuando o volume lixiviado, e a própria segregação do lixiviado gerado em recipientes adequados, servindo como um tratamento complementar para o cromo solúvel que a elevados pHs, precipitou nestas unidades”.

BIDONE (1995) resalta ainda que “é presumível ... que o cromo... houvesse sido retido neste húmus, complexado, em um estado amorfo, não detectável pelo ensaio de difração; enfim, quelado”.

O fenômeno da formação de quelado é explicado pela propriedade que têm certos compostos orgânicos em envolver um elemento metálico, tornando-o pinçado, sequestrado ou quelado. A quelação, que é uma forma de complexação, vem a ser o equilíbrio entre um íon metálico como Fe, Zn, Cu, Mn, entre outros, e o agente complexante, caracterizado pela formação de mais de uma ligação entre o metal e a molécula do agente complexante. Como consequência, resulta a formação de uma estrutura em anel, incorporando o íon metálico sem que ele realmente tome parte da composição química do agente complexante. Os quelados metálicos são solúveis em água, mas o elemento quelado não se ioniza e não se liberta para formar outros compostos quando em presença de agentes precipitantes, como os hidróxidos; o aprisionamento se dá sem ocorrer reação, como acontece nos complexos químicos e se faz com variáveis estabilidades (BIDONE, 1995).

O autor conclui que “...a vermicompostagem, pela possibilidade que oferece da obtenção de um produto como o húmus, com características quelantes e complexantes, mostrou ser um interessante agente atenuador de metais, e pode ser uma alternativa acelerada (60 a 90 dias de processamento) de codisposição de resíduos metálicos com material orgânico”.

BARBOSA (1996), estudando a absorção e translocação de Cromo em feijoeiro, rabanete e rúcula cultivados em vermicomposto de resíduos de curtume, concluiu, entre outras, que “as maiores acumulações de cromo ocorreram nas raízes das plantas estudadas, embora tenha ocorrido também translocação para as partes aéreas; não houve translocação de cromo para os grãos de feijão; a planta que mais acumulou cromo foi a rúcula, apesar de ter apresentado a maior produção de matéria seca, não evidenciando, inclusive, sinais de fitotoxicidade e o menor acúmulo de cromo entre as plantas estudadas, ocorreu no rabanete, mas este resultado deve ser analisado com cautela, pois as maiores acumulações nesta planta ocorreram no bulbo, os quais constituem as partes comestíveis”.

3.6 - Conclusão

A bibliografia estudada levou à evidência de que se faz necessária uma pesquisa que busque verificar a influência da matéria orgânica presente no lodo, bem como o comportamento dos metais pesados nas matrizes de cimento.

4 - METODOLOGIA

4.1 - Materiais empregados

Utilizou-se no trabalho o lodo proveniente do curtimento ao cromo, coletado em um curtume de Franca, SP, cimento Portland, areia comum, brita nº 1, areia de fundição e resina poliuretana à base de óleo de mamona.

4.1.1 - Fonte de contaminantes

O lodo ao cromo foi coletado no leito de secagem do Curtume Francouro Ltda, localizado na cidade de Franca, SP, armazenado em sacos plásticos resistentes, transportado para São Carlos, SP e armazenado em local coberto até sua utilização. Na FIGURA 4.4 tem-se o aspecto do lodo ao cromo.

Para se verificar a viabilidade do uso do resíduo em peças para a construção civil, optou-se por estudá-lo de quatro formas diferentes:

- A - lodo de curtume seco a 110° C, moído;
- B - lodo de curtume seco a 110° C, moído e peneirado;
- C - lodo de curtume seco a 110° C e 250° C, moído;
- D - lodo de curtume seco a 110° C e 250° C, moído e peneirado.

O lodo, objeto deste estudo, sofreu uma secagem prévia a 110° C, por 24 horas, com a finalidade de uniformizar os resultados de umidade. Após a secagem, o lodo foi moído em moinho de bolas, a fim de ser preparado para a mistura com o cimento.

Com a finalidade de se verificar a influência da matéria orgânica na resistência mecânica à compressão, foi realizado um peneiramento baseado nos resultados do ensaio de granulometria do resíduo seco a 110°C e feita uma nova secagem, desta vez a uma temperatura de 250°C. Utilizou-se o material que passou na peneira de 0,3 mm de abertura. Não se realizou a calcinação do lodo ao cromo devido à possibilidade de decomposição do carbonato, com posterior formação de óxido de cálcio livre, o qual poderia comprometer a resistência da matriz formada.

Foram realizados os ensaios de lixiviação seguindo a NBR 10.005 (1987) e solubilização (FIGURA 4.5) seguindo a NBR 10.006 (1987), bem como algumas determinações da umidade natural do lodo ao cromo, com a finalidade de se conhecer melhor o resíduo em estudo. O resíduo apresentou, em termos de matéria orgânica total, resultado médio de 25%.

4.1.2 - Cimento empregado

Foi utilizado durante o trabalho o cimento Portland CP II-E-32, da marca Ciminas, de um mesmo lote.

De acordo com os dados fornecidos pelo fabricante são apresentadas, na TABELA 4.1, algumas características do cimento empregado. Os resultados fornecidos são comparados com os limites fixados pela NBR 11.578 - Cimento Portland Composto (1991).

TABELA 4.1 - Características do cimento empregado

Parâmetro	Valores fornecidos pelo fabricante	Limite fixado pela NBR 11.578 (1991)
Anidrido Carbônico (%)	4,97	≤ 5,0
Resistência à compressão (MPa)	3 dias	≥ 10,0
	7 dias	≥ 20,0
	28 dias	≥ 32,0
Tempo de início de pega (min)	162	≥ 60,0
Tempo de fim de pega (min)	235	≤ 600,0

4.1.3 - Areia e brita empregadas

Foram empregadas areia comum, areia de fundição e brita nº 1 na confecção dos bloquetes. São apresentados a seguir os resultados obtidos com a análise granulométrica da areia comum, TABELA 4.2 e FIGURA 4.1, da areia de fundição, TABELA 4.3 e FIGURA 4.2 e da brita nº 1, TABELA 4.4 e FIGURA 4.3.

TABELA 4.2 - Ensaio de granulometria realizado com a areia comum empregada na confecção dos bloquetes

Abertura da peneira (mm)	massa retida (g)	% em massa retida		% em massa que passa
		individual	acumulada	acumulada
6,3	1,41	0,1	0,1	99,9
4,8	1,28	0,1	0,2	99,8
2,4	12,88	1,3	1,5	98,5
1,2	71,72	7,2	8,7	91,3
0,6	296,96	29,7	38,4	61,6
0,3	442,29	44,3	82,7	17,3
0,15	159,71	16,0	98,7	1,3
Prato	12,21	1,3	100	0
Total	998,46			

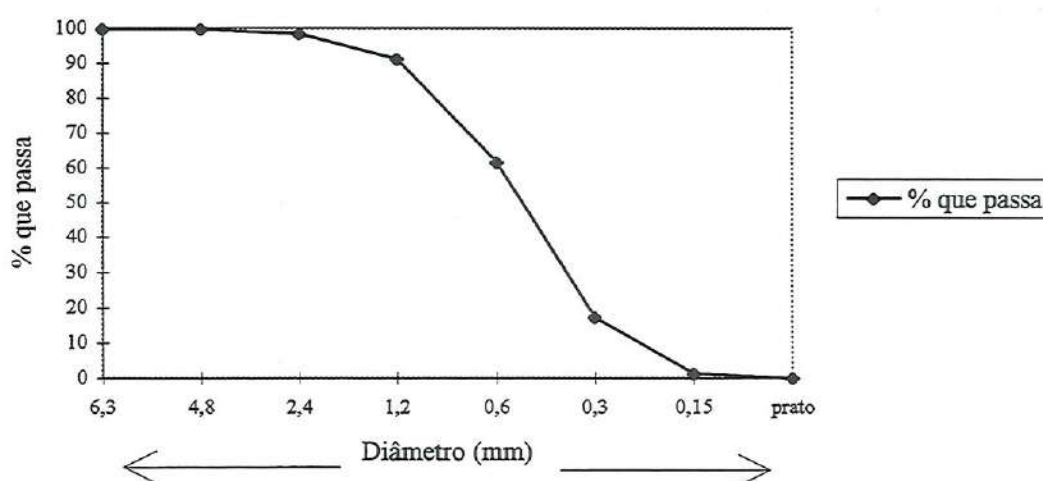


FIGURA 4.1 - Curva granulométrica da areia comum empregada na confecção dos bloquetes

TABELA 4.3 - Ensaio de granulometria realizado com a areia de fundição empregada na confecção dos bloquetes

Abertura da peneira (mm)	massa retida (g)	% em massa retida individual	% em massa retida acumulada	% em massa que passa acumulada
2,4	4,8	0,5	0,5	99,5
1,2	20,6	2,1	2,6	97,5
0,6	32,5	3,3	5,9	94,2
0,3	641,8	64,4	70,3	29,8
0,15	279,9	28,1	98,4	1,7
Prato	17,0	1,7	100	0
Total	996,6			

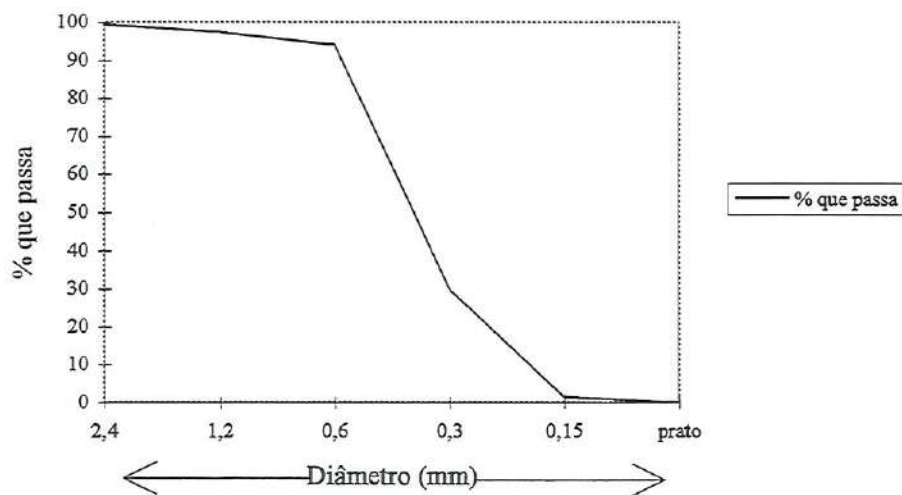


FIGURA 4.2 - Curva granulométrica da areia de fundição empregada na confecção dos bloquetes

TABELA 4.4 - Ensaio de granulometria realizado com a brita nº 1 empregada na confecção dos bloquetes

Abertura da peneira (mm)	massa retida (g)	% em massa retida individual	% em massa retida acumulada	% em massa que passa acumulada
12,5	62,3	6,2	6,2	93,8
9,5	350,16	35,0	41,2	58,8
6,3	311,58	31,2	72,4	27,7
4,8	256,94	25,7	98,1	2,0
2,4	16,76	1,7	99,8	0,3
1,2	0,28	0,1	99,9	0,2
0,6	0,09	-	99,9	0,2
0,3	0,10	-	99,9	0,2
0,15	0,13	-	99,9	0,2
Prato	1,12	0,1	100	0
Total	999,46			

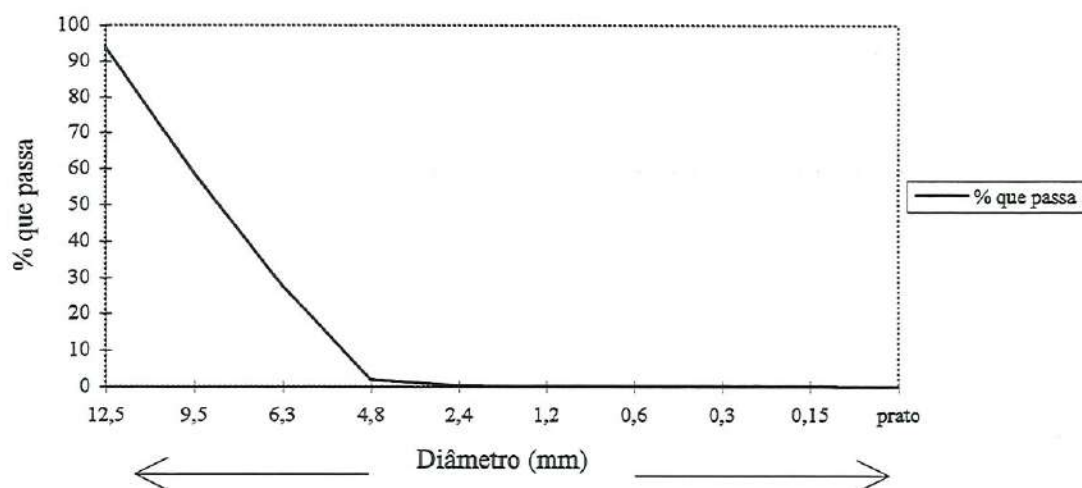


FIGURA 4.3 - Curva granulométrica da brita nº 1 empregada na confecção dos bloquetes

4.1.4 - Resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Foi utilizado para a impregnação de corpos de prova, resina poliuretânica à base de óleo de mamona. As características química, térmica e mecânica das resinas foram apresentadas no item 3.4 do Capítulo 3.

4.1.5 - Prova em branco

Foram moldados corpos de prova de cimento para uma prova em branco, devido a presença de escória na composição do cimento utilizado. Foram, também, moldados corpos de prova com resina poliuretânica à base de óleo de mamona. Realizou-se a determinação dos metais estudados na água destilada utilizada nos ensaios. Todos estes ensaios tinham a finalidade de verificar a influência ou contribuição do cimento, da resina e da água destilada nos resultados dos metais analisados.

Para os ensaios de lixiviação e solubilização múltipla foram também moldados corpos de prova seguindo os mesmos procedimentos que foram utilizados para a mistura de lodo/cimento/água.

Os ensaios de solubilização foram realizados de acordo com a NBR 10.006 - Solubilização de resíduos sólidos da ABNT (1987).

Os ensaios de lixiviação foram realizados segundo a NBR 10.005 - Lixiviação de resíduos da ABNT (1987).

Os ensaios de solubilização múltipla e lixiviação serão descritos no item 4.2.

Foram também moldados corpos de prova confeccionados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona com a finalidade de se verificar a contribuição da resina nos resultados obtidos dos extratos da lixiviação e da solubilização.

Segundo CLÁUDIO (1987), todos esses ensaios são considerados Ensaio preliminares. Foram utilizados como suporte na presente pesquisa, procurando-se estabelecer alguns critérios e procedimentos importantes a serem adotados na realização da fase experimental do trabalho.

De posse dos resultados dos Ensaio preliminares, feitas as avaliações e retiradas as conclusões, realizou-se os experimentos que se seguem, considerados como Metodologia da fase experimental.

4.2 - Metodologia da fase experimental

Para as quatro formas de lodo descritas (A, B, C e D), foram moldados os corpos de prova nos traços: 5:1; 2:1; 1:1; 1:2; 1:3 e 1:4 (relação cimento/resíduo, em massa). As misturas foram preparadas com o auxílio de uma argamassaderia.

Todos os corpos de prova moldados foram submetidos aos ensaios de Solubilização Múltipla, Lixiviação e Resistência Mecânica à Compressão, nos tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias.

Neste trabalho, como o principal interesse é verificar o comportamento dos metais estudados ao longo do tempo, optou-se pelas análises desses metais após o resíduo ter sido submetido aos ensaios de Lixiviação e Solubilização. Foram analisados os seguintes metais: Zinco, Chumbo, Cádmio, Níquel, Ferro, Manganês, Cobre e Cromo. Apesar de o zinco, o ferro, o manganês e o cobre serem micronutrientes não tóxicos para as plantas em determinadas concentrações, os mesmos foram analisados para se ter uma visão geral do processo de solidificação.

Para os ensaios de solubilização e lixiviação foram moldados corpos de prova em fôrma* cilíndrica de diâmetro de 3,3 cm e altura de 7,1 cm de acordo com a NBR 10.005 - Lixiviação de resíduos da ABNT (1987). Esses moldes foram confeccionados na Oficina Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos (SP), sendo feitos de PVC e rosqueados em bandeja metálica. Para o ensaio de resistência mecânica à compressão foram moldados corpos de prova em fôrma cilíndrica de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, de acordo com a NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão (1993) (FIGURA 4.6).

* fôrma - para efeito de clareza, usou-se o acento diferencial porque o contexto admite também o vocábulo "forma" (ver p.40, p.41, p.44)

Antes de se efetuar a moldagem dos corpos de prova, determinou-se a consistência de todas as misturas ensaiadas, pelo abatimento do corpo de prova troncocônico, segundo anexo da NBR 7215 (1993) - Determinação do índice de consistência.

Para a moldagem dos corpos de prova que foram submetidos ao ensaio de resistência mecânica à compressão, foi seguida a recomendação do preparo das fôrmas segundo a NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão (1993) (FIGURA 4.7).

As fôrmas utilizadas na moldagem dos corpos de prova que foram submetidos aos ensaios de solubilização múltipla e lixiviação não foram untadas com óleo desmoldante, procurando-se desta forma evitar possível contaminação e alteração nos resultados dos metais analisados nos extratos obtidos.

Visando facilitar a retirada dos corpos de prova das fôrmas realizou-se um teste utilizando vaselina sólida para untar as fôrmas nas quais seriam moldados corpos de prova que seriam submetidos aos ensaios de solubilização múltipla e lixiviação. A preocupação com o uso da vaselina se devia a possibilidade da mesma alterar os resultados dos metais obtidos nos extratos dos ensaios de solubilização múltipla e lixiviação. Os testes foram realizados para o lodo A (lodo seco a 110° C, moído), traço 1:1, para os tempos de cura de 7, 28 e 90 dias.

Padronizou-se a forma de mistura entre o resíduo, o cimento e água, levando-se em conta que a moldagem dos corpos de prova para a realização de todos os ensaios propostos foi feita em momentos diferentes.

Os ensaios propostos foram realizados em amostras na qual se variou a porcentagem de lodo na mistura água/cimento/lodo e em amostra com água/cimento (prova em branco).

Apresenta-se na TABELA 4.5, um resumo das misturas realizadas.

TABELA 4.5 - Proporções entre cimento e resíduo utilizadas no trabalho

Mistura	Traço (em massa)	Cimento (%)	Resíduo (%)
1	5:1	83	17
2	2:1	64	32
3	1:1	50	50
4	1:2	32	64
5	1:3	25	75
6	1:4	20	80
7	branco	100	-

A NBR 7215 (1993) da ABNT descreve o procedimento a ser seguido para preparação de argamassa de cimento e resíduo. Devido às características do lodo após a secagem e a moagem, se fizeram necessárias adaptações no procedimento acima citado. Fazia-se uma mistura prévia entre o cimento e o resíduo e adicionava-se uma quantidade de água suficiente para umedecer a mistura. Após este procedimento esta mistura era colocada na argamassadeira, completando-se a água necessária para se obter uma boa trabalhabilidade da mistura.

A moldagem dos corpos de prova seguiu as recomendações da NBR 7215 (1993) da ABNT.

Após a preparação das misturas, encheu-se os moldes com a máxima rapidez possível, pois ensaios preliminares apontaram para o secamento rápido do material. A colocação de mistura na fôrma foi feita com auxílio de uma espátula. Tanto para os corpos de prova que foram utilizados no ensaio de Resistência Mecânica à Compressão, quanto para os utilizados nos ensaios de Lixiviação e Solubilização Múltipla foram realizadas moldagens em duas camadas de alturas aproximadamente iguais, em mesa vibratória. Foi feita a regularização do topo dos corpos de prova com o auxílio de espátula.

Após a moldagem, os corpos de prova foram cobertos com uma placa acrílica ou de vidro, para se evitar perda excessiva de água, durante 20 a 24 horas.

Decorrido esse tempo, os corpos de prova foram retirados das fôrmas e levados para a câmara úmida, onde foram identificados e permaneceram até o momento dos ensaios.

O ensaio de resistência mecânica à compressão consiste em submeter as matrizes solidificadas às cargas de compressão axial e foram realizados de acordo com a NBR 7215 (1993) da ABNT.

Os corpos de prova foram confeccionados com os lodos A, B, C e D. Para cada tipo de lodo foram moldados corpos de prova nos traços 5:1; 2:1; 1:1; 1:2; 1:3 e 1:4 (relação cimento/resíduo, em massa). Para cada traço foram realizados os ensaios de lixiviação, solubilização múltipla e resistência à compressão para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias.

O ensaio de lixiviação, principal instrumento de determinação da eficiência do processo de solidificação, é utilizado para determinar a estabilização química dos resíduos tratados, permitindo-se verificar o grau de imobilização dos contaminantes; esses ensaios foram realizados segundo a NBR 10.005 - Lixiviação de resíduos da ABNT (1987) (FIGURA 4.8).

O ensaio de lixiviação consiste em submeter o corpo de prova, imerso em água destilada, à agitação realizada em "jar test", por 24 horas. Deve-se manter, durante esse período, o pH do líquido extrator em $5,0 \pm 0,2$. A manutenção do pH nessa faixa é feita pela adição de ácido acético. Decorrido o período de agitação, o líquido foi filtrado em membrana de $0,45 \mu\text{m}$. Após a filtração, a amostra foi preservada pela acidificação com ácido nítrico concentrado. A determinação das concentrações dos metais presentes no extrato foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica (Intralab AA-1275).

De posse dos resultados desse ensaio pode-se reclassificar o resíduo em estudo, segundo a NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação (1987). Para isto se comparam os resultados do ensaio de lixiviação com os valores da Listagem nº 7 da NBR 10.004 - Resíduos Sólidos (1987), a qual para o Cromo, especificamente, fixa o limite máximo no extrato obtido no teste de lixiviação em $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ de Cromo total.

Os resultados deste teste são muito importantes, principalmente por orientar as possíveis formas de utilização e disposição do material, pois pretende-se ter certeza de que o sólido obtido não irá causar nenhum dano ao meio ambiente quando na presença de água.

Os ensaios de solubilização foram realizados de acordo com a NBR 10.006 - Solubilização de resíduos sólidos da ABNT (1987), procurando reproduzir as condições naturais de um resíduo disposto no solo e sujeito ao contato das águas pluviais e/ou subterrâneas (FIGURA 4.9).

O ensaio de solubilização foi realizado imergindo o corpo de prova em um volume conhecido de água destilada, volume este proporcional a massa do corpo de prova, por período de uma semana, na proporção de 1:4 (relação corpo de prova/água destilada). Decorrido esse período, o líquido (denominado extrato da solubilização) foi filtrado em membrana de 0,45 μm . Após a filtração a amostra foi preservada por acidificação com ácido nítrico concentrado. A determinação das concentrações dos metais presentes no extrato foi feita através do espectrofotômetro de absorção atômica (Intralab AA-1275).

Foi utilizado no trabalho o ensaio de solubilização múltipla, assim chamado por submeter os corpos de prova a extrações semanais consecutivas. O corpo de prova foi submetido aos procedimentos citados, para o ensaio de solubilização, e o mesmo não foi descartado. Ele foi lavado com água destilada e imerso novamente em água destilada por mais uma semana. O processo se repetiu até que a concentração do Cromo presente no extrato fosse inferior ao limite estipulado pela NBR 10.004 (1987), ou até que se atingiu, de uma maneira geral, dezesseis semanas (quatro meses).

Da mesma forma que o ensaio anterior, o resíduo poderá ser reclassificado segundo a NBR 10.004 - Resíduos sólidos - classificação (1987). Comparam-se os resultados do ensaio de solubilização com valores da Listagem nº 8 da NBR 10.004 da ABNT (1987), a qual para o Cromo, especificamente, fixa o limite máximo no extrato em 0,05 mg L^{-1} de Cromo total.

Não foi realizado o ensaio “lixiviação múltipla” porque se verificou através dos ensaios que na maioria dos resultados, a concentração de cromo se encontrava abaixo do limite fixado pela Listagem nº 7 da NBR 10.004 - Resíduos sólidos - classificação (1987), a qual para o Cromo, especificamente, fixa o limite máximo no extrato obtido no teste de lixiviação em $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ de Cromo total.

Foram também realizados ensaios de difratometria de raios X com amostra em pó dos bloquetes confeccionados, do cimento utilizado e dos quatro tipos de lodo. A realização deste ensaio teve como finalidade indicar os possíveis compostos presentes no cimento, nos lodos e nos bloquetes. As amostras em pó dos bloquetes foram obtidas após os mesmos serem submetidos aos ensaios de abrasão Los Angeles.

De acordo com BIDONE (1995) “o método se diferencia da microscopia de varredura, por um aspecto básico. Enquanto naquele tem-se um espectro de raio X excitado por um feixe de elétrons, neste tem-se um campo elétrico de ondas eletromagnéticas exercendo influência sobre os elétrons de um átomo, que passam a vibrar com frequência idêntica à das ondas eletromagnéticas, que nesse caso são raios X. Assim, os elétrons do átomo absorvem e reemitem raios X; daí, dizer-se que o átomo difrata raio X”.

Foi realizado ensaio de absorção de água das misturas solidificadas. Este ensaio seguiu os procedimentos estabelecidos pela NBR 9778 - Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água por imersão - índice de vazios e massa específica (1987).

Foram realizados ensaios para os quatro tipos de lodo nos seguintes traços: 5:1; 1:1 e 1:4 (relação cimento/resíduo, em massa). Com a escolha destes traços procurou-se obter resultados com o traço mais rico em cimento, um traço intermediário e o traço mais pobre em cimento.

4.3 - Ensaios de impregnação com resina de mamona

Foram moldados corpos de prova e impregnados com resina de mamona com os quatro tipos de lodo, traço 1:1. Foram realizados os ensaios de resistência mecânica à compressão, lixiviação, solubilização múltipla e absorção de água por imersão com o tempo de cura dos corpos de prova de 14 dias. Foram também moldados e ensaiados corpos de prova de controle (sem impregnação).

Os corpos de prova sofreram um secagem prévia a 110°C, por um período de 24 horas e foram colocados, após este período, em dessecador para esfriarem. Foram então numerados com auxílio de giz de cera e levados para ser impregnados. As placas de vidro nas quais foram depositados os corpos de prova já impregnados receberam uma fina camada de vaselina, com a finalidade de impedir que o corpo de prova grudasse na placa, dificultando a sua retirada ou até danificando-o.

Previamente foram colocados em diversos copos de plástico descartáveis, o polioli e o pré-polímero, na proporção 1,5 : 1 (em volume), respectivamente. Foram misturados os dois, por aproximadamente dois minutos, em um recipiente plástico. Após esse tempo, foram colocados os corpos dentro do recipiente e com movimentos circulares; se preciso, com auxílio de uma espátula de madeira, impregnou-se toda a superfície do corpo de prova. Os corpos de prova ficaram em contato com a resina de mamona por aproximadamente dois minutos, findos os quais foram colocados na placa de vidro previamente preparada com vaselina.

Até a retirada dos corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona para a realização dos ensaios de resistência mecânica à compressão, solubilização múltipla e lixiviação, ocorreu um intervalo de tempo de aproximadamente 12 horas, no qual houve a polimerização à temperatura ambiente.

Os ensaios de lixiviação foram realizados segundo a NBR 10.005 - Lixiviação de resíduos sólidos da ABNT (1987).

4.4 - Aplicações

Com a finalidade de se verificar a possibilidade do uso da matriz obtida em peças para a construção civil, foram moldados (FIGURA 4.10) e ensaiados bloquetes para pavimentação confeccionados como se segue:

cimento + areia comum + brita nº 1

cimento + lodo seco a 110°C+ areia comum + brita nº 1

cimento + lodo seco a 110°C+ areia de fundição + brita nº 1

cimento + lodo úmido + areia comum + brita nº 1

cimento + lodo úmido + areia de fundição + brita nº 1

Os bloquetes foram moldados com traço usualmente utilizado pelos funcionários da Prefeitura do Campus da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, local onde os mesmos foram confeccionados. Os traços utilizados encontram-se na TABELA F.26 no ANEXO F.

Os ensaios de resistência mecânica à compressão, lixiviação e solubilização múltipla foram realizados com os tempos de cura de 7, 28 e 90 dias.

Os ensaios de resistência mecânica à compressão dos bloquetes foram realizados de acordo com a NBR 9780 - Peças de concreto para pavimentação - determinação da resistência à compressão (1987).

Foram também realizados ensaio de lixiviação dos bloquetes confeccionados que seguiram os procedimentos constantes da NBR 10.005 - Lixiviação de resíduos sólidos da ABNT (1987). Os ensaios foram realizados com corpos de prova moldados no local onde os bloquetes foram confeccionados, tirando-se, da massa utilizada para a confecção dos bloquetes, uma pequena quantidade da mistura.

Os ensaios de solubilização dos bloquetes, de acordo com a NBR 10.006 - Solubilização de resíduos sólidos da ABNT (1987), foram realizados com pedaços dos bloquetes obtidos com o rompimento dos mesmos no ensaio de resistência à compressão. Procurou-se, também, realizar este ensaio com corpos de prova moldados em fôrma cilíndrica de 3,3 cm de diâmetro e 7,1 cm de altura, com a finalidade de comparar os resultados (FIGURA 4.11).

Foi também realizado, com os bloquetes para o tempo de cura de 90 dias, o ensaio de abrasão, de acordo com a NBR 6465 - Agregados - determinação da abrasão "Los Angeles" (1984).

O único procedimento normalizado para a verificação das condições exigidas para a aceitação dos bloquetes como peças para pavimentação é o ensaio de resistência mecânica desses elementos.

O objetivo da determinação da abrasão Los Angeles dos bloquetes confeccionados na presente pesquisa é esclarecer à respeito do comportamento ou influência dos lodos e da areia de fundição utilizados.

O ensaio realizado seguiu o método da NBR 6465 (1984), Agregados - determinação da abrasão Los Angeles, baseando-se portanto em procedimentos empregados para agregados e não para bloquetes.

Escolheu-se a Graduação B para a realização dos ensaios, por ser a Graduação mais utilizada para os componentes do bloquete, no caso a brita nº 1. Se fosse escolhida a Graduação A, que utiliza peneiras de 38,1 mm a 9,52 mm, haveria a necessidade de se quebrar menos o bloquete, e o agregado graúdo (brita nº 1) ficaria envolto pela argamassa composta pelo cimento, o lodo e a areia, protegendo-o desta forma. Se fosse escolhida a Graduação C, que utiliza peneiras de 9,52 mm a 4,76 mm, haveria a necessidade de se quebrar mais o bloquete, o que poderia ocasionar a quebra do agregado graúdo. Optou-se pela Graduação B por deteriorar menos o material, em comparação às Graduações C e D. Com a Graduação B procurou-se manter o tamanho do material próximo ao tamanho da brita nº 1 utilizada.

Na TABELA 4.6, retirada da NBR 6465 - Agregados - determinação da Abrasão Los Angeles (1984), encontram-se as Graduações com suas respectivas peneiras, massas da amostra e número de esferas.

Inicialmente retirou-se o capeamento de cimento e em seguida os bloquetes foram quebrados com o auxílio de martelo.

As peneiras utilizadas para este ensaio (Graduação B) são: 19 mm, 12,5 mm e 9,5 mm. Os bloquetes quebrados foram passados previamente nas peneiras citadas e pesados grosseiramente. Este procedimento foi realizado para se ter uma quantidade apreciável de material. As amostras foram separadas por tipo de bloquete e por granulometria. As amostras foram lavadas em água corrente, sobre a respectiva

peneira que as retinham. Por exemplo: as amostras que passavam na peneira 19 mm e eram retidas na peneira 12,5 mm, eram lavadas sobre a peneira de 12,5 mm, para se retirar os finos. Após a lavagem, as amostras eram colocadas em bandejas e levadas à estufa de $105^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ por aproximadamente 24 horas. Após as amostras chegarem à temperatura ambiente eram novamente peneiradas e pesadas. Era necessário obter de cada amostra 2500 g. Portanto, cada tipo de bloquete possuía 2 recipientes: 1 recipiente com as amostras retidas na peneira 12,5 mm, com 2500 g; outro recipiente com as amostras retidas na peneira 9,5 mm, também com 2500 g.

TABELA 4.6 - Graduações utilizadas para a realização do ensaio de abrasão Los Angeles, de acordo com a NBR 6465 (1984)

Peneiras Abertura em mm		Amostra - massa parcial em gramas						
passa em	retido em	Grad A	Grad. B	Grad. C	Grad. D	Grad. E	Grad. F	Grad. G
76,2	63,5					2500±50		
63,5	50,8					2500±50		
50,8	38,1					5000±50	5000±50	
38,1	25,4	1250±25					5000±25	5000±25
25,4	19,1	1250±25						5000±25
19,1	12,5	1250±25	2500±10					
12,5	9,52	1250±25	2500±10					
9,52	6,35			2500±10				
6,35	4,76			2500±10				
4,76	2,38				5000±10			
Massas totais em gramas		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
Nº rotações do tambor		500	500	500	500	1000	1000	1000
nº de esferas		12	11	8	6	12	12	12

Grad.: A, B, C, D, E, F, G, graduações utilizadas para a realização do ensaio de Abrasão Los Angeles, de acordo com a NBR 6465 (1984)

As amostras foram acondicionadas em recipientes, identificadas e levadas para o Laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da EESC - USP.

O conteúdo de cada um dos dois recipientes de cada tipo de bloquete foi colocado na máquina "Los Angeles", previamente limpa, juntamente com 11 esferas abrasivas, também limpas. Após 500 rotações da máquina, o material era retirado do tambor, separavam-se as esferas, que eram limpas com uma escova e o material era passado na peneira 1,68 mm. O material passante era rejeitado. O material assim obtido era lavado em água corrente, sobre uma outra peneira de 1,68 mm. O material assim obtido era colocado em uma bandeja, e levado à estufa, à temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por 3 horas. Após o material retornar à temperatura ambiente, o mesmo era pesado, e o desgaste da amostra ensaiada era calculado como se segue:

$$A_B = \left\{ (m_a - m_{a1}) / m_a \right\} \times 100\%$$

sendo : A_B = abrasão Los Angeles, graduação B

m_a = massa da amostra seca colocada na máquina

m_{a1} = massa da amostra lavada e seca, após o ensaio.



FIGURA 4.4 - Aspecto do lodo ao cromo

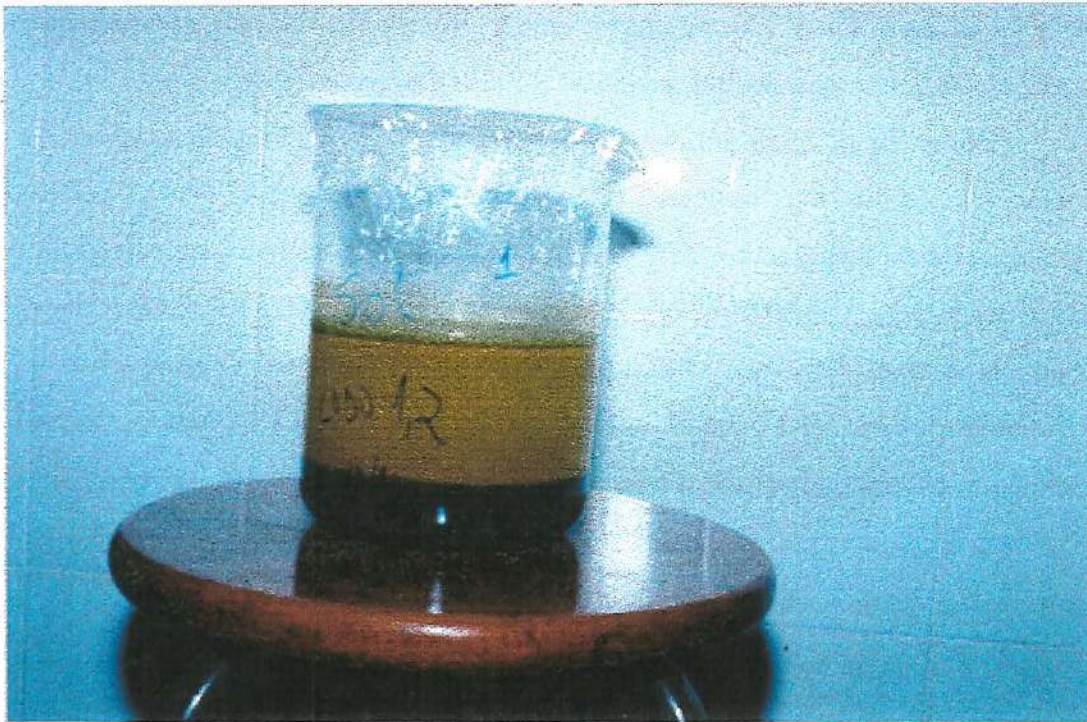


FIGURA 4.5 - Resíduo seco a 110°C e a 250°C , moído (C) submetido ao ensaio de solubilização



FIGURA 4.6 - Moldes para os ensaios de resistência à compressão (à esq.) e para os ensaios de lixiviação e solubilização (à dir.)



FIGURA 4.7 - Moldagem dos corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão

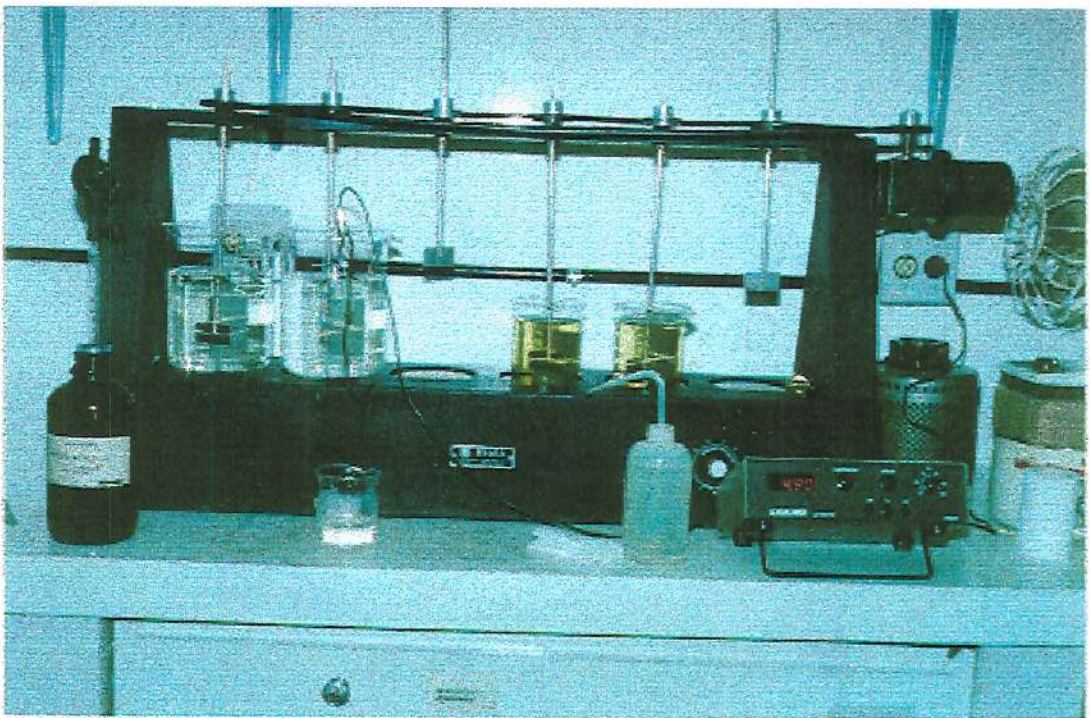


FIGURA 4.8 - Corpos de prova submetidos ao ensaio de lixiviação

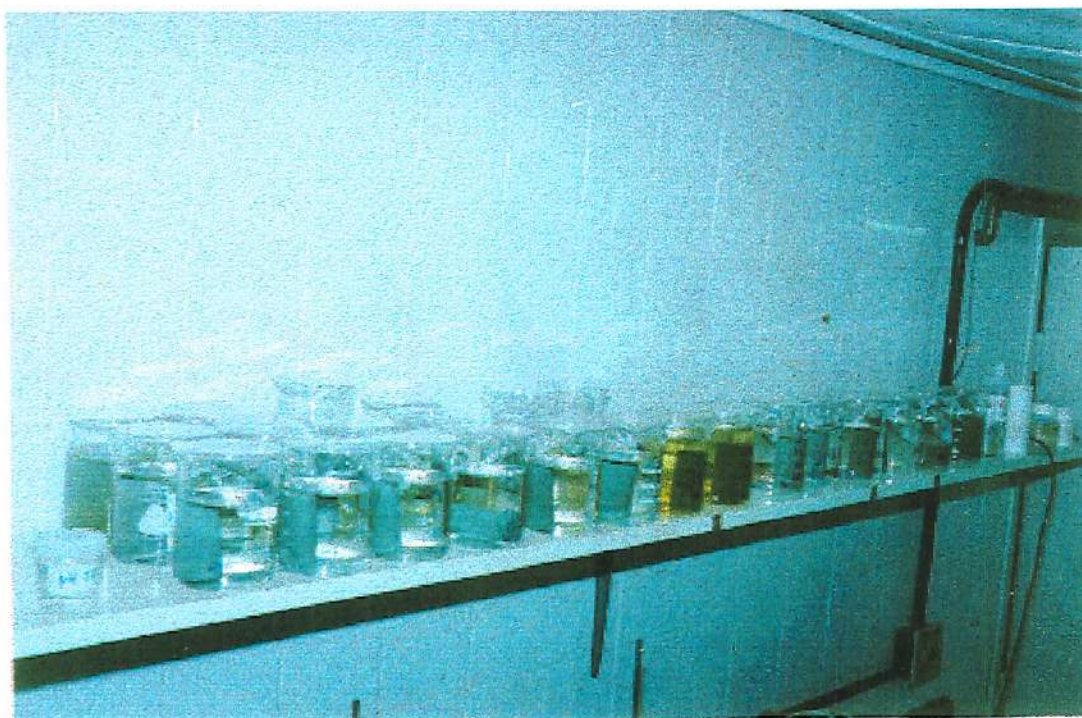


FIGURA 4.9 - Corpos de prova submetidos ao ensaio de solubilização

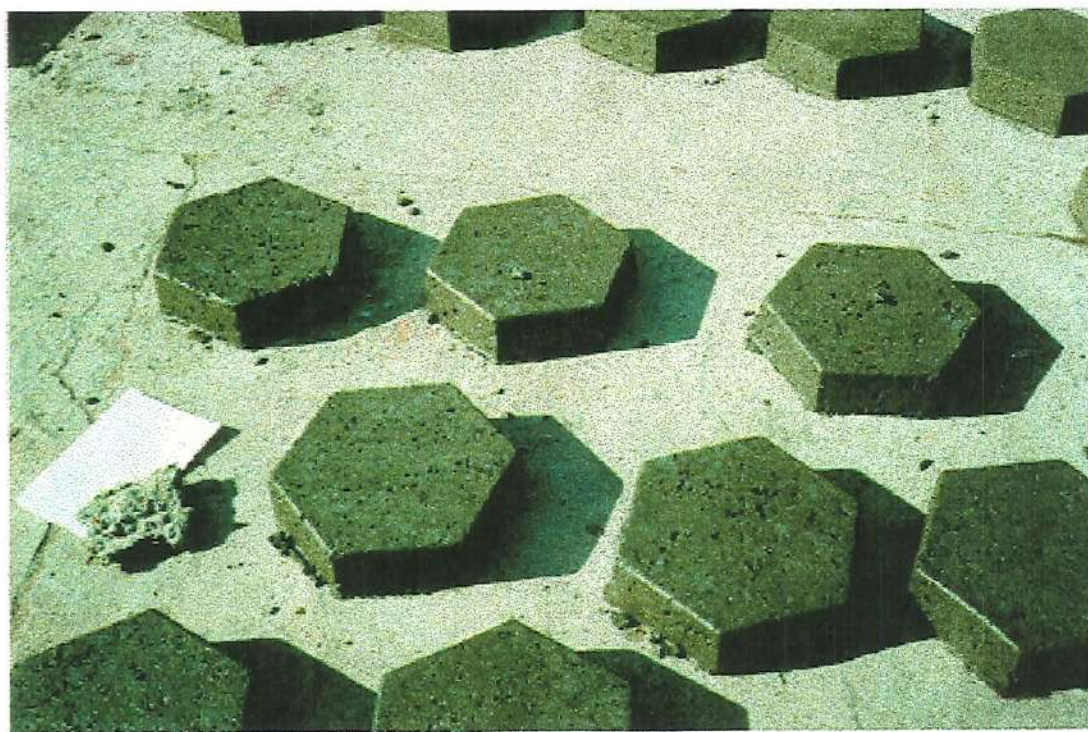


FIGURA 4.10 - Aspecto dos bloquetes moldados

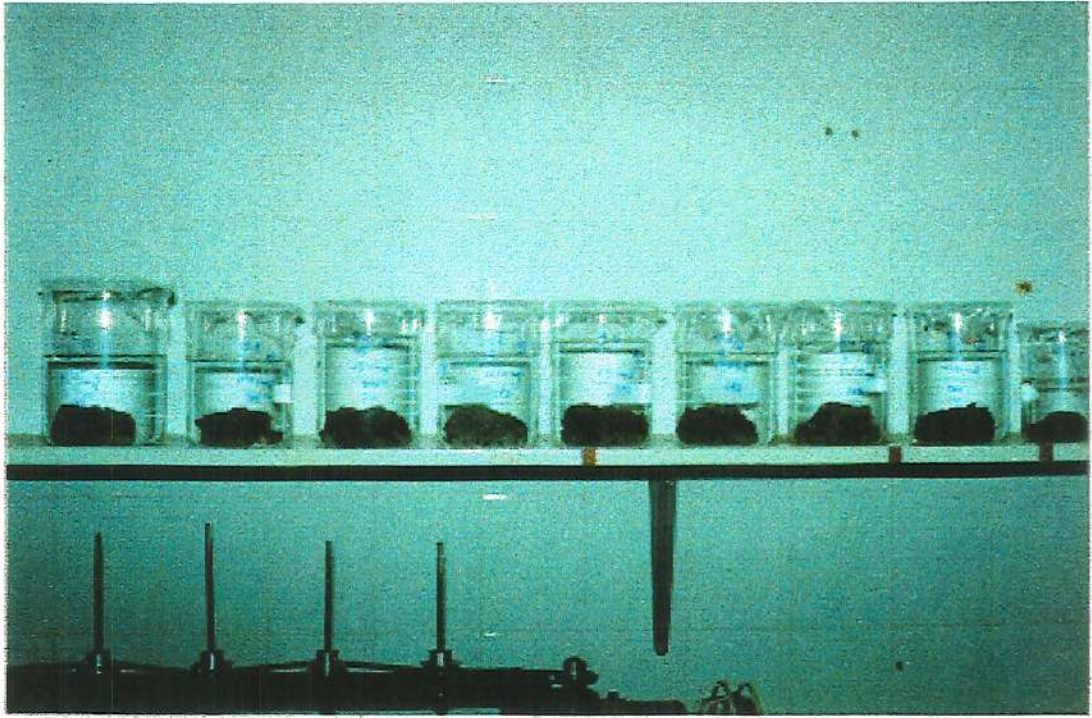


FIGURA 4.11 - Bloquetes submetidos ao ensaio de solubilização



5 - RESULTADOS

Durante o período de abril de 1995 a fevereiro de 1998 foram realizados ensaios no Laboratório de Saneamento e no Laboratório de Construção Civil, ambos da Escola de Engenharia de São Carlos - USP, tendo como finalidade fornecer subsídios ao uso do lodo gerado no curtimento ao cromo de peles bovinas, como material de construção civil, aplicando a técnica de solidificação em matrizes cimentícias.

Com a ausência de informações acerca da solidificação do lodo de curtumes, julgou-se necessário conhecer o resíduo objeto da presente pesquisa e o comportamento do mesmo nas matrizes cimentícias. Sendo assim, optou-se por executar a pesquisa em três etapas:

- Ensaios preliminares;
- Fase experimental;
- Aplicação na Construção Civil.

5.1 - Ensaios preliminares

Os ensaios preliminares tiveram como finalidade o estabelecimento de alguns critérios e procedimentos importantes a serem adotados na realização da fase experimental da pesquisa.

5.1.1 - Caracterização do resíduo ao cromo estudado

Foram empregados, na realização dos ensaios, os procedimentos recomendados pelas especificações da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1992).

Um dos objetivos da realização da caracterização do resíduo ao cromo foi comparar os resultados, principalmente em relação à concentração de metais nos extratos, com os obtidos nos extratos das amostras solidificadas.

Foram realizados as seguintes determinações no lodo ao cromo: Lixiviação, Solubilização, granulometria, umidade, metais por digestão com ácido nítrico e massa específica aparente.

Realizou-se, durante a presente pesquisa, duas coletas de lodo ao cromo no Curtume Francouro Ltda de Franca (em 18/04/95 e 24/08/96) sendo as mesmas submetidas aos ensaios de Lixiviação e Solubilização. Com o lodo úmido coletado em 18/04/95 foram realizadas análises com os lodos A (lodo seco a 110°C, moído) e B (lodo seco a 110°C, moído e peneirado). Já com o lodo úmido coletado em 24/08/96 foram realizadas análises com os lodos A (lodo seco a 110°C, moído), B (lodo seco a 110°C, moído e peneirado), C (lodo seco a 110°C e 250°C, moído) e D (lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado).

5.1.1.1 - Lixiviação e solubilização do resíduo ao cromo

Os ensaios de lixiviação e de solubilização do resíduo ao cromo foram realizados de acordo com a NBR 10.005 (1987) e NBR 10.006 (1987) e determinadas as concentrações dos metais presentes nos respectivos extratos.

Todos os ensaios citados foram realizados no Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos. Os resultados destes ensaios são fornecidos nas TABELAS 5.1, 5.2 e 5.3 e nas FIGURAS 5.1, 5.2 e 5.3.

5.1.1.2 - Granulometria do resíduo ao cromo

Através do manuseio inicial do lodo ao cromo, verificou-se a presença de raspas, que poderiam afetar as características da matriz solidificada., principalmente quanto à resistência. Optou-se, desta forma, pela realização dos ensaios com o lodo seco a 110°C, moído, peneirado e com o mesmo sem peneirar.

A finalidade da realização do ensaio de granulometria do resíduo seco a 110°C, moído era determinar a peneira que retivesse a maior porcentagem de raspas.

De acordo com MEHTA & MONTEIRO (1994), a composição granulométrica é a distribuição das partículas dos materiais granulares entre várias dimensões, e é usualmente expressa em termos de porcentagens acumuladas maiores ou menores do que cada uma das aberturas de uma série de peneiras, ou de porcentagens entre certos intervalos de abertura das peneiras.

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7217 (1987) - Agregados - Determinação da Composição Granulométrica, por não se dispor de norma específica para o lodo em estudo.

O resultado do ensaio de granulometria se encontra na TABELA 5.4 e na FIGURA 5.4.

5.1.1.3 - Umidade do resíduo ao cromo

Com a finalidade de homogeneizar os dados, optou-se pela utilização do resíduo seco a 110°C. Sendo assim, fazia-se desnecessária a determinação da umidade do lodo trazido de Franca, pois a mesma poderia variar muito, dependendo do tempo de permanência do lodo no leito de secagem e das condições meteorológicas.

Apesar do exposto, foram realizadas duas determinações de umidade do lodo, realizadas para a coleta de 18/04/95 e de 24/08/96. Os resultados obtidos foram, respectivamente, 54 % e 66%.

5.1.1.4 - Análise de metais do resíduo ao cromo

Foi realizado ensaio para determinação das concentrações de metais (em mg L⁻¹ e em mg/g) do lodo ao cromo coletado no Curtume Francouro Ltda, de Franca em 18/04/95. O ensaio foi realizado conforme metodologia de TALBOT adaptado por BARRETO (1994), através da digestão com ácido nítrico. O ensaio foi realizado para o lodo seco a 110° C, moído (A) e para o lodo seco a 110° C, moído e peneirado (B). Os resultados do ensaio se encontram na TABELA 5.5. Não foi realizada a digestão com ácido perclórico devido à problemas relativos à segurança e dificuldades de obtenção do produto.

5.1.1.5 - Determinação da massa específica aparente

Com a finalidade de se prever a quantidade de material a ser utilizado durante as moldagens dos corpos de prova (volume ocupado pelo lodo seco a 110°C, moído e peneirado), realizou-se a determinação da massa específica aparente. Foi utilizada a NBR 9776 (1987) que estabelece os procedimentos para a determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Obteve-se como massa específica aparente, para o lodo seco a 110°C, moído e peneirado (passou na peneira 0,3 mm), o valor de 0,74 g/cm³.

5.1.2 - Determinação das proporções resíduo - cimento e da consistência das misturas

A definição das proporções iniciais entre o resíduo e o cimento foi efetuada levando-se em conta o comportamento de algumas misturas prévias entre o resíduo e o cimento.

Procurou-se, quando da escolha das proporções, abranger desde um traço rico em cimento, até um traço mais pobre. Adotou-se, como uma primeira orientação, as seguintes relações entre o cimento e o resíduo (em massa): 1:1, 1:3, 1:5 e 1:8.

Após a escolha dos traços, passou-se à determinação da consistência das misturas. De posse dos resultados de consistência de alguns ensaios, nos quais para a mesma proporção cimento - resíduo se variava a quantidade de água adicionada, optou-se, neste primeiro momento em se fixar a consistência entre 160 e 170 mm.

A consistência foi avaliada pelo abatimento do corpo de prova troncocônico, segundo a NBR 7215 (1993).

5.1.3 - Resistência mecânica à compressão

A resistência mecânica à compressão é um fator de extrema importância, principalmente tendo-se em conta que um dos objetivos da presente pesquisa era a utilização da matriz solidificada em peças na Construção Civil. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados de acordo com a NBR 7215 (1993).

Nas TABELAS 5.6 e 5.7 e nas FIGURAS 5.6 e 5.7 se encontram os resultados dos ensaios de resistência à compressão mecânica e consistência das matrizes solidificadas.

5.1.4 - Resultados dos ensaios preliminares

5.1.4.1 - Ensaios de lixiviação e solubilização do resíduo ao cromo

TABELA 5.1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições:

Lodo empregado: A ; B

Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP

Data de coleta: 18/04/95

Metal	Lixiviação			Solubilização		
	Conc. (mg L^{-1})			Conc. (mg L^{-1})		
	A	B	L. F.	A	B	L. F.
Zinco	0,50	0,16	-	0,10	0,20	5,0
Chumbo	0,15	0,18	5,0	0,33	0,41	0,05
Cádmio	nd	nd	0,5	0,01	0,03	0,005
Níquel	0,06	0,08	-	0,08	0,19	-
Ferro	nd	0,04	-	0,20	0,16	0,3
Manganês	0,31	0,73	-	0,10	0,09	0,1
Cobre	0,14	0,02	-	0,14	0,03	1,0
Cromo	1,00	0,83	5,0	2,43	0,50	0,05

L.F.: limite fixado pela NBR 10.004 (1987)

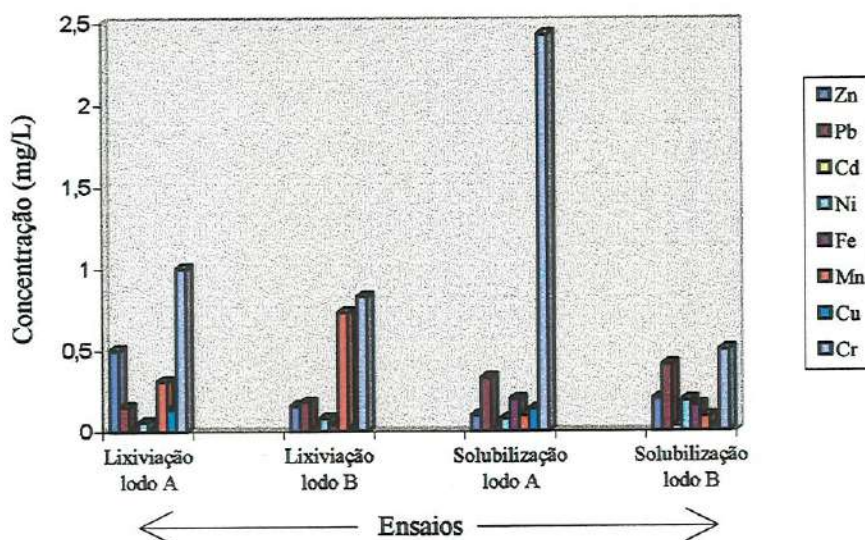


FIGURA 5.1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições:

Lodo empregado: A; B

Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP

Data de coleta: 18/04/95

TABELA 5.2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições:

Lodo empregado: A e B

Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP

Data de coleta: 24/08/96

Metal	Lixiviação			Solubilização		
	Conc. (mg L^{-1})			Conc. (mg L^{-1})		
	A	B	L. F.	A	B	L. F.
Zinco	0,52	0,31	-	0,34	0,19	5,0
Chumbo	nd	nd	5,0	0,76	nd	0,05
Cádmio	nd	nd	0,5	0,07	nd	0,005
Níquel	0,14	0,24	-	0,80	0,70	-
Ferro	0,21	0,14	-	0,38	0,41	0,3
Manganês	0,48	0,17	-	0,05	0,05	0,1
Cobre	0,04	0,04	-	0,09	0,07	1,0
Cromo	1,00	0,85	5,0	4,00	1,90	0,05

L.F.: limite fixado pela NBR 10.004 (1987)

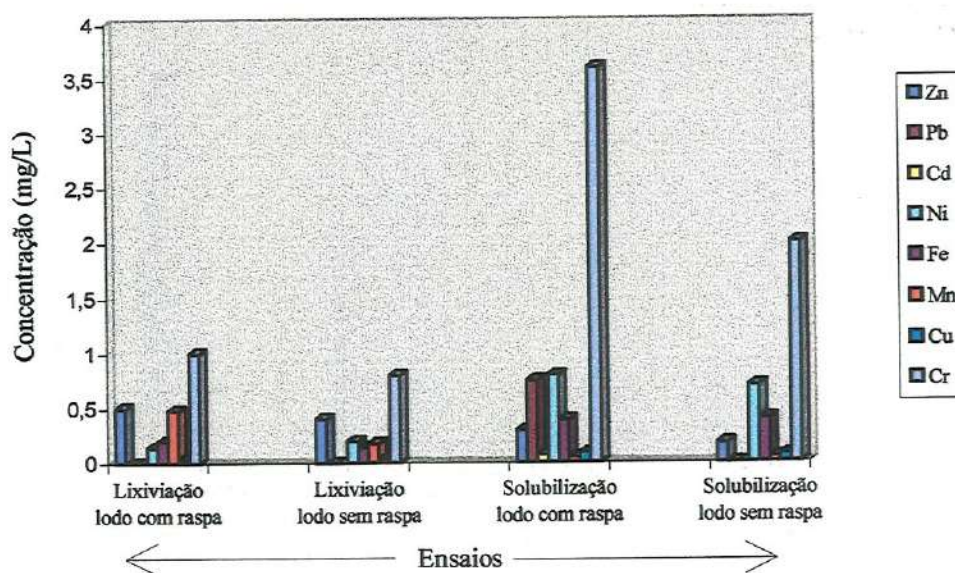


FIGURA 5.2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições:

Lodo empregado: A e B

Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP

Data de coleta: 24/08/96

TABELA 5.3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições:

Lodo empregado: C; D

Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP

Data de coleta: 24/08/96

Metal	Lixiviação			Solubilização		
	Conc. (mg L^{-1})			Conc. (mg L^{-1})		
	C	D	L. F.	C	D	L. F.
Zinco	0,13	0,15	-	0,19	0,44	5,0
Chumbo	0,64	0,70	5,0	1,83	1,95	0,05
Cádmio	0,06	0,06	0,5	0,26	0,25	0,005
Níquel	0,43	0,60	-	1,49	1,48	-
Ferro	0,33	0,49	-	0,90	0,99	0,3
Manganês	0,05	0,05	-	0,10	0,08	0,1
Cobre	0,10	0,10	-	0,24	0,23	1,0
Cromo	2200	2200	5,0	6670	10900	0,05

L.F.: limite fixado pela NBR 10.004 (1987)

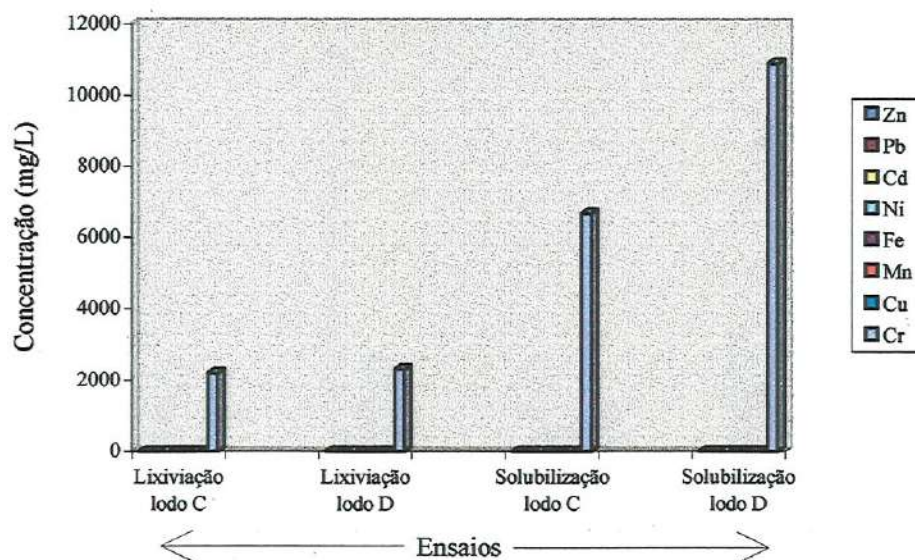


FIGURA 5.3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) nos ensaios de lixiviação e solubilização, para as condições:

Lodo empregado: C; D

Local de coleta: Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP

Data de coleta: 24/08/96

5.1.4.2 - Ensaio de granulometria do resíduo ao cromo

TABELA 5.4 - Ensaio de granulometria realizado com o lodo seco a 110°C, moído (A), coletado no Curtume Francouro Ltda de Franca, SP, no dia 18/04/95

massa da amostra Abertura da peneira (mm)	300 g			
	massa retida (g)	% em massa retida		% em massa que passa acumulada
		individual	acumulada	
2,4	2,36	0,82	0,82	99,18
1,2	0,35	0,12	0,94	99,06
0,6	0,44	0,15	1,09	98,91
0,3	2,08	0,72	1,81	98,19
0,15	33,98	11,83	13,64	86,36
0,074	135,0	46,96	60,60	39,40
Prato	113,28	39,40	100,00	0
Total	287,49			

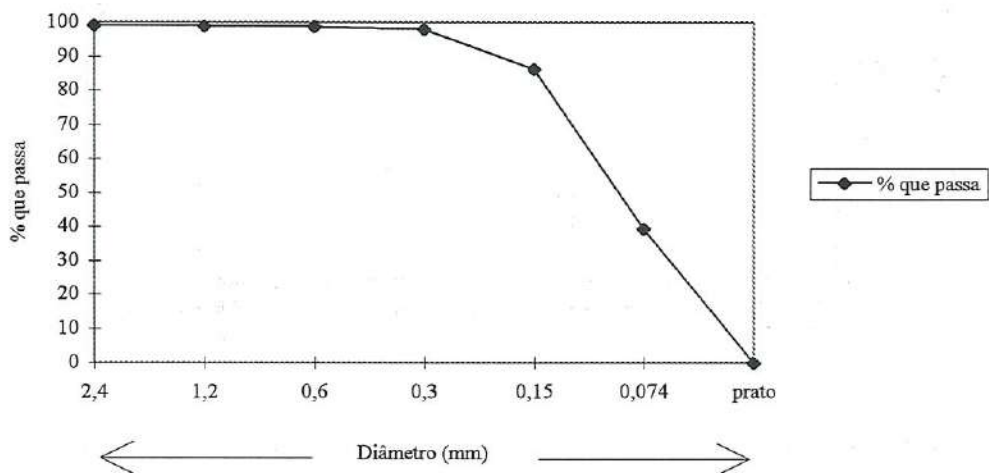


FIGURA 5.4 - Curva granulométrica do lodo seco a 110°C, moído (A), coletado no Curtume Francouro Ltda de Franca, SP, no dia 18/04/95

5.1.4.3 - Análise de metais do resíduo ao cromo

TABELA 5.5 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1} e mg/g) na digestão com ácido nítrico dos lodos A e B, conforme metodologia de TALBOT adaptada por BARRETO (1994). Coleta efetuada no Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP, no dia 18/04/95

Metal	A	A	B	B
	(mg L^{-1})	(mg/g)	(mg L^{-1})	(mg/g)
Zinco	1,0	0,11	1,5	0,144
Chumbo	0,50	0,055	0,60	0,0576
Cádmio	0,01	0,0011	0,01	0,00096
Níquel	0,22	0,0242	0,19	0,01824
Ferro	10,0	1,1	14,0	1,344
Manganês	0,54	0,0594	0,72	0,06912
Cobre	0,40	0,044	0,57	0,05472
Cromo	325,0	35,75	506,0	48,58

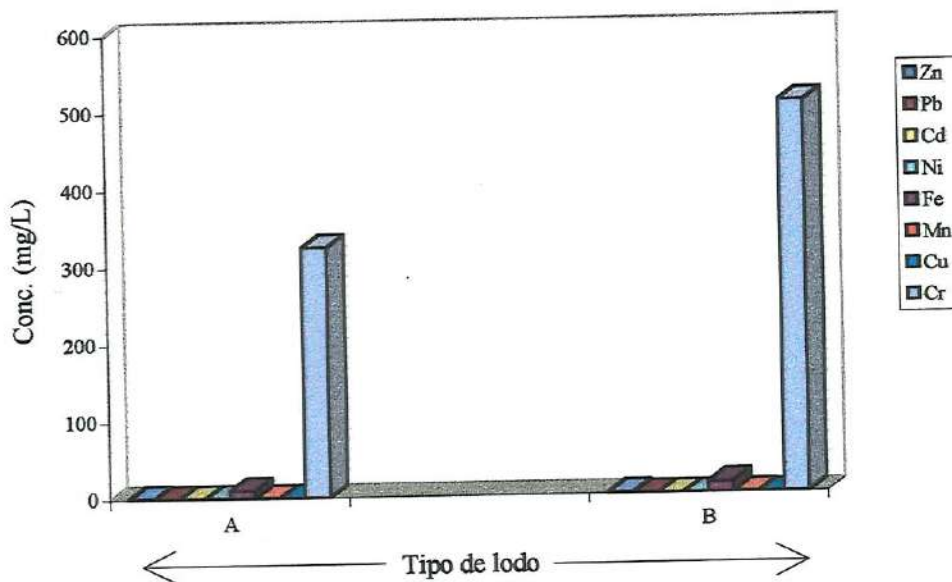


FIGURA 5.5 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) na digestão com ácido nítrico dos lodos A e B, conforme metodologia de TALBOT adaptada por BARRETO (1994). Coleta efetuada no Curtume Francouro Ltda, de Franca, SP, no dia 18/04/95

5.1.4.4 - Ensaio de resistência à compressão e consistência

TABELA 5.6 - Resistência média à compressão das matrizes de cimento e resíduo para o tempo de cura de 7 dias, lodo seco a 110°C, moído (lodo A)

Traços	a/c	Consistência	Resistência
		(mm)	(MPa)
1:1	1,2	165	6,9
1:3	2,4	165	3,7
1:5	3,9	164	3,2
1:8	6,3	152	1,4

a/c = relação água cimento

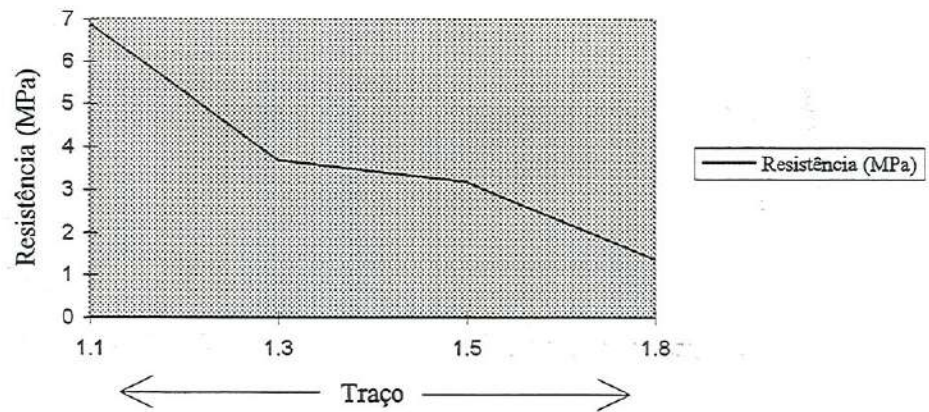


FIGURA 5.6 - Resistência à compressão das matrizes de cimento e resíduo seco a 110°C, moído (A), para o tempo de cura de 7 dias

TABELA 5.7 - Resistência média à compressão das matrizes de cimento e resíduo para o tempo de cura de 7 dias, lodo seco a 110°C, moído e peneirado (B)

Traços	a/c	Consistência	Resistência
		(mm)	(MPa)
1:1	1,1	177	8,8
1:1	1,0	164	6,7
1:3	2,5	153	3,6
1:3	2,8	163	2,14
1:5	4,3	167	2,3
1:8	6,5	162	1,4

a/c = relação água cimento

OBS.: Como a consistência das misturas dos traços 1:1 e 1:3 moldados em 21/06/95 ficaram fora da faixa de 160 a 170 mm (faixa escolhida), moldaram-se os traços novamente, com a finalidade de se verificar a influência da relação água/cimento na resistência à compressão. Os resultados se encontram em negrito.

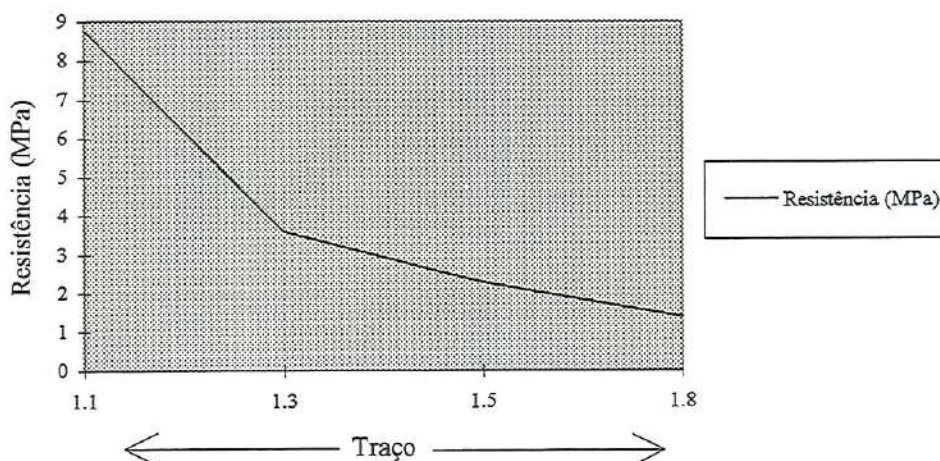


FIGURA 5.7 - Resistência à compressão das matrizes de cimento e resíduo seco a 110°C, moído e peneirado (B), para o tempo de cura de 7 dias

5.1.5 - Discussões dos resultados dos ensaios preliminares

De posse dos resultados preliminares tornou-se possível o direcionamento da fase experimental da presente pesquisa. Algumas conclusões são apresentadas a seguir.

5.1.5.1 - Proporções entre o cimento e o resíduo

Levando-se em conta os resultados de Resistência à Compressão, apresentados nas TABELAS 5.6 e 5.7, concluiu-se que os traços (cimento/resíduo - em massa) 1:5 e 1:8 deveriam ser descartados por apresentarem baixos valores de Resistência à Compressão aos 7 dias de cura (respectivamente 2,3 e 1,4 MPa). Para a realização da fase experimental foram escolhidos os seguintes traços (cimento/resíduo): **5:1; 2:1; 1:1; 1:2; 1:3 e 1:4.**

5.1.5.2 - Tempo de cura das matrizes

Foram estabelecidas os tempos de cura usuais para o controle tecnológico do concreto: 7, 28 e 90 dias. Com a finalidade de se verificar o comportamento das matrizes ao longo do tempo optou-se por realizar, também, ensaios com o tempo de cura de 365 dias. Portanto, todos os ensaios de Lixiviação, Solubilização e Resistência à Compressão das matrizes foram realizados com os tempos de cura de: **7, 28, 90 e 365 dias.**

5.1.5.3 - Consistência das misturas

Fixou-se no início, como anteriormente mencionado, a consistência entre 160 e 170 mm. Com a realização dos ensaios preliminares verificou-se que, geralmente, a mistura secava rápido, dificultando a moldagem dos corpos de prova, principalmente

dos menores, utilizados para os ensaios de lixiviação e solubilização (3,3 cm de diâmetro e 7,1 cm de altura). Adotou-se, a partir daí, valores maiores de consistência (em torno de 190 mm).

5.2 - Fase experimental

Com a finalidade de facilitar o entendimento, os resultados serão fornecidos em quatro blocos, um bloco para cada tipo de lodo estudado. Serão fornecidos os resultados obtidos com os corpos de prova submetidos aos ensaios de resistência à compressão, solubilização múltipla e lixiviação, sem e com impregnação com resina poliuretânica à base de óleo de mamona.

As FIGURAS dos ANEXOS foram confeccionadas com as médias entre os valores obtidos para as amostras 1 e 2, com exceção das FIGURAS A.28, B.27, B.34 e D. 2, construídas com o maior valor das duas amostras, devido à grande diferença entre os mesmos.

5.2.1 - Ensaios realizados com o lodo seco a 110°C, moído (A)

5.2.1.1 - Ensaios de resistência à compressão

TABELA 5.8 - Resistência média à compressão das matrizes de lodo de curtume seco a 110°C, moído (A)

Traço	Resistência à Compressão (MPa)			
	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
5:1	35,0	49,5	50,0	54,0
2:1	12,6	16,5	24,8	26,4
1:1	7,6	10,1	15,0	18,7
1:2	4,8	6,6	7,3	7,4
1:3	3,1	4,2	4,9	5,3
1:4	2,7	3,3	3,2	2,3

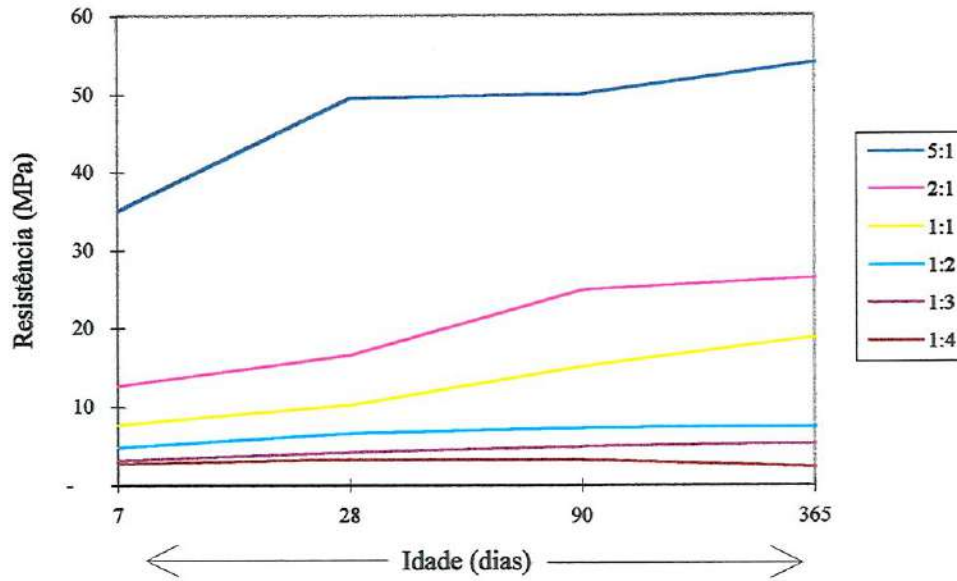


FIGURA 5.8 - Resistência à compressão das matrizes de cimento e resíduo seco a 110°C, moído (A), para os traços estudados, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias

5.2.1.2 - Ensaios de lixiviação e solubilização múltipla das matrizes solidificadas

Os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização múltipla realizados com os corpos de prova moldados sem utilização de vaselina na forma, com utilização de vaselina na forma, sem impregnação com resina poliuretânica à base de óleo de mamona e com impregnação são apresentados no ANEXO A, TABELA A.1. à TABELA A.45. As FIGURAS correspondentes às TABELAS também se encontram no ANEXO A, FIGURA A. 1 à FIGURA A.45 .

5.2.2 - Ensaio realizados com o lodo seco a 110°C, moído e peneirado (B)

5.2.2.1 - Ensaio de resistência à compressão

TABELA 5.9 - Resistência média à compressão das matrizes de lodo de curtume seco a 110° C , moído e peneirado (B)

Traço	Resistência à compressão (MPa)			
	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
5:1	37,0	55,5	60,0	66,0
2:1	24,5	33,4	33,0	32,0
1:1	7,8	20,3	13,5	18,5
1:2	4,0	8,3	9,3	10,0
1:3	2,3	18,7	4,4	3,0
1:4	2,6	3,4	3,3	1,0

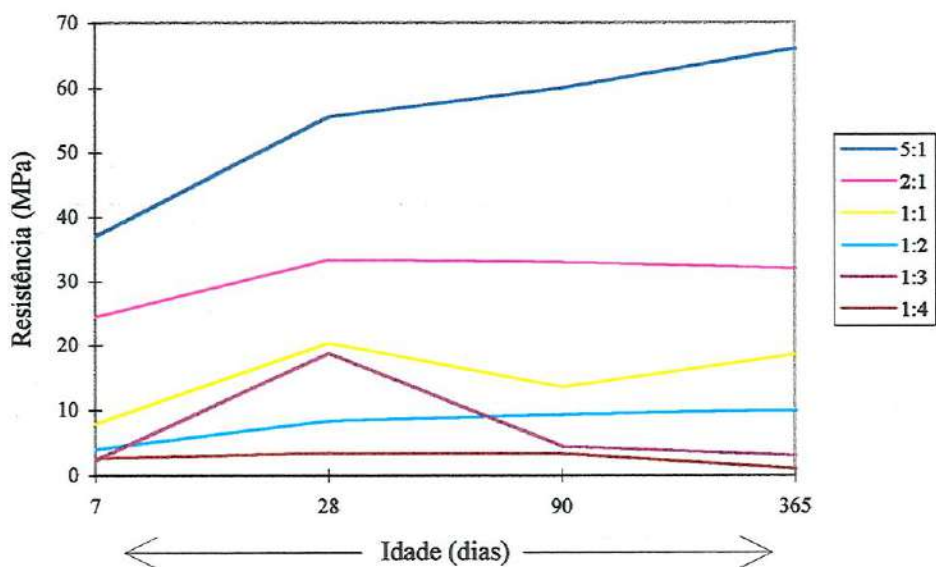


FIGURA 5.9 - Resistência à compressão das matrizes de cimento e resíduo seco a 110°C, moído e peneirado (B), para os traços estudados, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias

5.2.2.2 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla das matrizes solidificadas

Os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização múltipla realizados com os corpos de prova moldados sem impregnação com resina poliuretânica à base de óleo de mamona e com impregnação são apresentados no ANEXO B, TABELA B.1. à TABELA B.43. As FIGURAS correspondentes às TABELAS também se encontram no ANEXO B, FIGURA B.1 à FIGURA B.42.

5.2.3 - Ensaio realizado com o lodo seco a 110°C e 250°C, moído (C)

5.2.3.1 - Ensaio de resistência à compressão

TABELA 5.10 - Resistência média à compressão das matrizes de lodo de curtume seco a 110° C e 250° C, moído (C)

Traço	Resistência à Compressão (MPa)			
	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
5:1	33,0	47,5	59,8	75,0
2:1	22,0	28,0	35,0	44,5
1:1	12,3	13,9	20,2	23,0
1:2	5,1	7,6	9,0	10,7
1:3	4,1	6,2	8,6	9,4
1:4	3,6	6,6	9,0	10,0

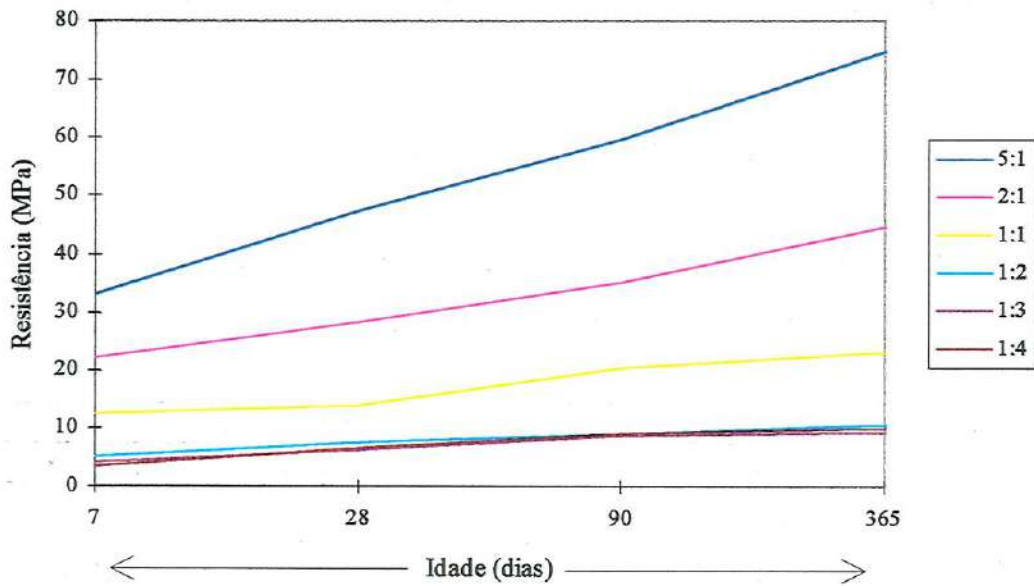


FIGURA 5.10 - Resistência à compressão para os corpos de prova confeccionados com lodo seco a 110°C e 250°C, moído (C), para os traços estudados, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias

5.2.3.2 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla das matrizes solidificadas

Os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização múltipla realizados com os corpos de prova moldados sem impregnação com resina à base de óleo de mamona e com impregnação são apresentados no ANEXO C, TABELA C. 1 à TABELA C.40. As FIGURAS correspondentes às TABELAS também se encontram no ANEXO C, FIGURA C. 1 à FIGURA C.40.

5.2.4 - Ensaios realizados com o lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado (D)

5.2.4.1 - Ensaios de resistência à compressão

TABELA 5.11 - Resistência média à compressão das matrizes de lodo de curtume seco a 110° C e 250° C, moído e peneirado (D)

Traço	Resistência à compressão (MPa)			
	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
5:1	33,0	53,0	74,7	90,0
2:1	18,6	24,0	36,8	39,0
1:1	10,7	13,2	15,4	21,4
1:2	6,6	8,0	12,6	10,7
1:3	3,9	5,5	9,7	7,0
1:4	3,9	6,0	9,0	8,0

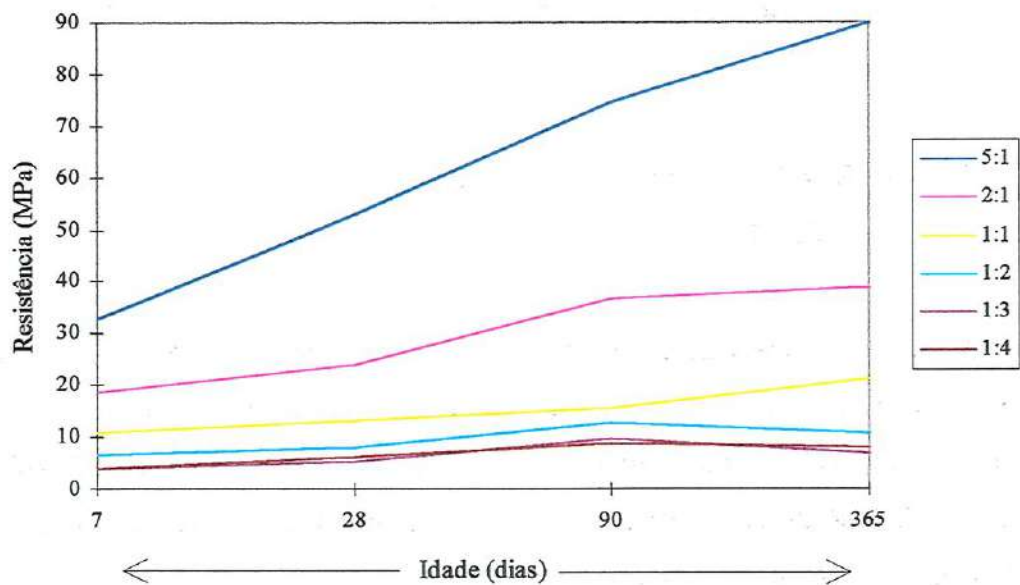


FIGURA 5.11 - Resistência à compressão para os corpos de prova confeccionados com lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado (D), para os traços estudados, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias

5.2.4.2 - Ensaios de lixiviação e solubilização múltipla das matrizes solidificadas

Os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização múltipla realizados com os corpos de prova moldados sem impregnação com resina poliuretânica à base de óleo de mamona e com impregnação são apresentados no ANEXO D, TABELA D.1. à TABELA D.42. As FIGURAS correspondentes às TABELAS também se encontram no ANEXO D, FIGURA D.1 à FIGURA D.42.

5.2.5 - Ensaio de absorção de água das matrizes solidificadas

O ensaio de absorção de água foi realizado de acordo com a NBR 9778 - Argamassa e concreto endurecido - determinação da absorção de água por imersão - índice de vazios e massa específica (1987).

Este ensaio foi realizado para os traços: 5:1, 1:1 e 1:4, com as seguintes amostras:

- 3 amostras do lodo A - lodo seco a 110°C, moído;
- 3 amostras do lodo B - lodo seco a 110°C, moído e peneirado;
- 3 amostras do lodo C - lodo seco a 110°C e 250°C, moído;
- 3 amostras do lodo D - lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado.

A escolha dos traços citados se deve ao fato de se encontrarem nos extremos e centro dos traços estudados, verificando-se o resultado do ensaio de absorção de água para traços ricos, pobres e intermediários em cimento, como se segue: traços estudados: **5:1; 2:1; 1:1; 1:2; 1:3 e 1:4.**

Como uma das finalidades da impregnação dos corpos de prova com poliuretânica à base de óleo de mamona é impermeabilizar a superfície, optou-se por realizar o ensaio de absorção de água com corpos de prova impregnados de resina, utilizando-se o traço 1:1.

Sendo o traço 1:1 (I): corpo de prova impregnado com poliuretânica à base de óleo de mamona, realizou-se os ensaios com as seguintes amostras:

- 3 amostras do lodo A - lodo seco a 110°C, moído;
- 3 amostras do lodo B - lodo seco a 110°C, moído e peneirado;

3 amostras do lodo C - lodo seco a 110°C e 250°C, moído;

3 amostras do lodo D - lodo seco a 110°C e 250°C, moído e peneirado.

Na TABELA 5.12 e na FIGURA 5.12 encontram-se os resultados obtidos no ensaio de absorção de água, média dos 3 valores obtidos, para os corpos de prova com e sem impregnação.

TABELA 5.12 - Ensaio de absorção de água por imersão, realizado para matrizes impregnadas com resina poliuretânica à base de óleo de mamona e matrizes sem a impregnação

Lodo	Traço			
	5:1	1:1	1:4	1:1 (I)
A	25,7 %	45,2 %	-	30,4 %
B	26,7 %	53,0 %	71,1 %	39,7 %
C	25,7 %	37,4 %	44,5 %	35,9 %
D	27,0 %	42,6 %	50,4 %	35,0 %

I: corpo de prova moldado com os diferentes lodos e impregnado com a resina poliuretânica à base de óleo de mamona.

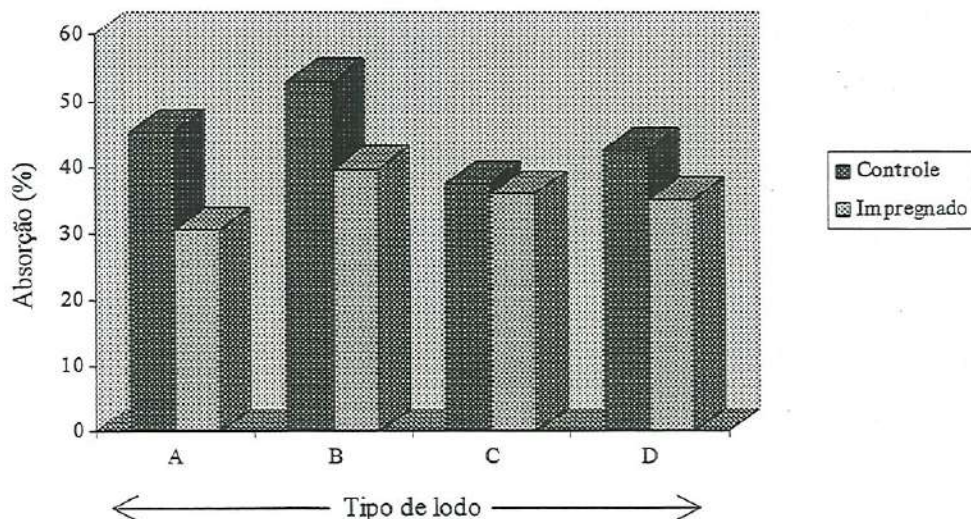


FIGURA 5.12 - Absorção de água por imersão dos corpos de prova de controle e impregnados, traço 1:1

5.2.6 - Ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova impregnados

Foram realizados ensaios de resistência à compressão de corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona e em corpos de prova de controle (sem impregnação). Os mesmos foram confeccionados com os lodos A, B, C e D, tempo de cura de 14 dias, traço 1:1. Na TABELA 5.13 e na FIGURA 5.13 são apresentados os resultados.

TABELA 5.13 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão para os lodos A, B, C, e D, traço 1:1, corpos de prova (C. P.) impregnados e sem impregnação, tempo de cura de 14 dias

C. P.	Resistência à compressão (MPa)			
	A	B	C	D
Controle	8,4	12,0	12,8	11,5
Impregnado	10,0	15,0	15,4	14,0

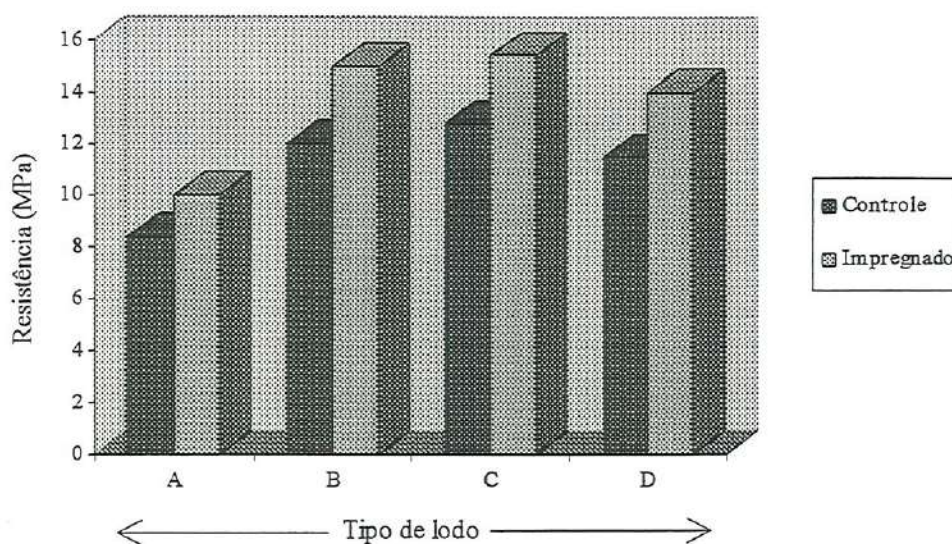


FIGURA 5.13 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão para os corpos de prova moldados com os lodos A, B, C, e D, traço 1:1, tempo de cura de 14 dias

5.2.7 - Ensaio com a água destilada

Realizava-se, periodicamente, ensaios com a água destilada. Em todos os ensaios realizados não se verificou a presença dos metais analisados, como pode ser visto na TABELA 5.14.

TABELA 5.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) da água destilada

Metal	Conc. (mg L^{-1})		L. F. (mg L^{-1})
	amostra 1	amostra 2	
Zinco	nd	nd	5,0
Chumbo	nd	nd	0,05
Cádmio	nd	nd	0,005
Níquel	nd	nd	-
Ferro	nd	nd	0,3
Manganês	nd	nd	0,1
Cobre	nd	nd	1,0
Cromo	nd	nd	0,05

Conc.: concentração em (mg L^{-1})

L. F.: limite fixado pela NBR 10.004 (1987)

5.2.8 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla da pasta de cimento e da resina poliuretânica

Os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização múltipla dos corpos de prova moldados com o cimento puro (TABELAS E. 1 até E. 6) e com a resina poliuretânica à base de óleo de mamona (TABELAS E. 7 e E. 8) são apresentados no ANEXO E.

5.3 - Aplicação na Construção Civil

Foram ensaiados bloquetes confeccionados da seguinte forma:

- BQ₁ - bloquete moldado com areia comum + cimento + brita nº 1;
 BQ₂ - bloquete moldado com areia comum + cimento + brita nº 1 + lodo seco a 110°C;
 BQ₃ - bloquete moldado com areia de fundição + cimento + brita nº 1 + lodo seco a 110°C;
 BQ₄ - bloquete moldado com areia comum + cimento + brita nº 1 + lodo úmido;
 BQ₅ - bloquete moldado com areia de fundição + cimento + brita nº 1 + lodo úmido.

Os resultados são apresentados nas TABELAS 5.15 e 5.16.

5.3.1 - Ensaio de resistência mecânica à compressão dos bloquetes confeccionados

TABELA 5.15 - Resistência média à compressão dos bloquetes confeccionados

Tipo/ Tempo de cura	Resistência à compressão (MPa)		
	7 dias	28 dias	90 dias
BQ ₁	27,0	37,0	50,0
BQ ₂	9,0	18,0	28,0
BQ ₃	7,0	11,0	17,0
BQ ₄	11,0	18,0	22,0
BQ ₅	4,0	10,0	10,0

BQ_n = Bloquetes com diferentes composições.

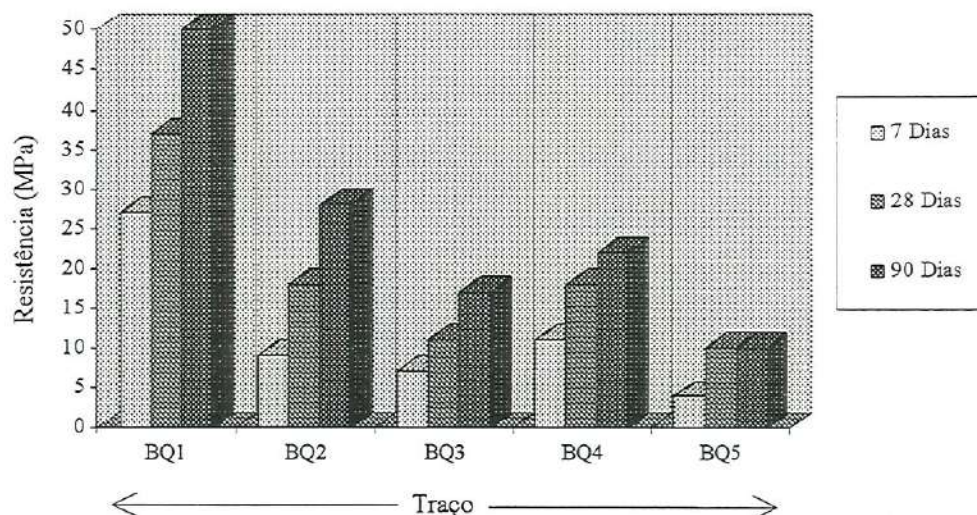


FIGURA 5.14 - Resistência média à compressão dos bloquetes

5.3.2 - Ensaio de lixiviação e solubilização múltipla dos bloquetes confeccionados

Os resultados dos ensaios de lixiviação e de solubilização múltipla dos bloquetes se encontram no ANEXO F, nas TABELA F. 1 à TABELA F.25.

5.3.3 - Ensaio de abrasão “Los Angeles” dos bloquetes confeccionados

A finalidade deste ensaio é verificar o desgaste do bloquete confeccionado, quando submetido ao tráfego.

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 6465 (1984) - Agregados - determinação da abrasão “Los Angeles”.

Os bloquetes foram ensaiados com o tempo de cura de 90 dias, após o ensaio de resistência mecânica.

Na TABELA 5.16 é apresentado o resultado do ensaio de abrasão “Los Angeles”.

TABELA 5.16 - Ensaio de abrasão “Los Angeles” realizado para os bloquetes confeccionados, com o tempo de cura de 90 dias, graduação B

Bloquete	Massa da amostra seca (g)		A _B
	antes do ensaio	após o ensaio	
BQ ₁	5000	2903	41,9
BQ ₂	5000	2633	47,3
BQ ₃	5000	2963	40,7
BQ ₄	5000	3026	39,5
BQ ₅	5000	3310	33,8

A_B - abrasão Los Angeles - graduação B (%)

5.3.4 - pH

Foram realizadas determinações de pH para todas as amostras submetidas aos ensaio de solubilização múltipla. Foram realizadas, para cada corpo de prova, duas determinações. O corpo de prova, imerso em água destilada, foi submetido a agitação por 5 min. Após a agitação realizou-se a primeira determinação de pH. A segunda determinação foi realizada após o término do período de imersão de um semana.

5.3.5 - Ensaios de difratometria de raios X

Após a realização de uma busca no Banco de Dados das Fichas Cristalográficas de compostos orgânicos, inorgânicos e minerais, obteve-se os difratogramas das amostras. Como exemplificação, apresenta-se na FIGURA 5.15, o difratograma da amostra BQ2 e na FIGURA 5.16, da amostra BQ4. São apresentados na TABELA 5.17 os principais compostos obtidos dos ensaios de difratometria de raios X realizados para o cimento CP II-E-32, da marca Ciminas, e para os lodos A, B, C e D. Na TABELA 5.18 são apresentados os ensaios de difratometria de raios X para os bloquetes confeccionados.

TABELA 5.17 - Principais compostos obtidos nos ensaios de difratometria de raios X para as amostras de cimento, lodos A, B, C e D

Amostra	Compostos Identificados	Obs.
Cimento	Alumino Silicato de Cálcio	
	Alumino Silicato de Magnésio	
	Carbonato de Cálcio	
Lodo A	Sulfato de Cálcio	Sílica provavelmente proveniente do leito de secagem
	Sulfato de Cálcio e Sódio	
	Sílica	
Lodo B	Sulfato de Cálcio	Grãos de areia provavelmente retidos no peneiramento da amostra
	Sulfato de Cálcio e Sódio	
	Carbonato de Cálcio	
Lodo C	Sulfato de Cálcio	Sílica provavelmente proveniente do leito de secagem
	Sílica	
Lodo D	Sulfato de Cálcio	Grãos de areia
		provavelmente retidos no peneiramento da amostra

TABELA 5.18 - Principais compostos obtidos nos ensaios de difratometria de raios X para os bloquetes confeccionados

Amostra	Compostos Identificados	Obs.
BQ ₁	Oxidos de Cálcio, de Alumínio e Cromo Compostos de Cálcio, Chumbo, Alumínio e Silício	
BQ ₂	Sílica Compostos de Cálcio, Sódio, Silício e Alumínio	
BQ ₃	Muitos compostos de Ferro Compostos de Bário, Potássio, Manganês e Magnésio	Provavelmente compostos de Ferro provenientes da areia de fundição
BQ ₄	Compostos de Cromo, Cádmio, Silício, Cobre e Zinco	
BQ ₅	Compostos de Ferro Óxidos de Cálcio e Silício, Compostos de Cobre, Zinco e Silício	Provavelmente compostos de Ferro provenientes da areia de fundição

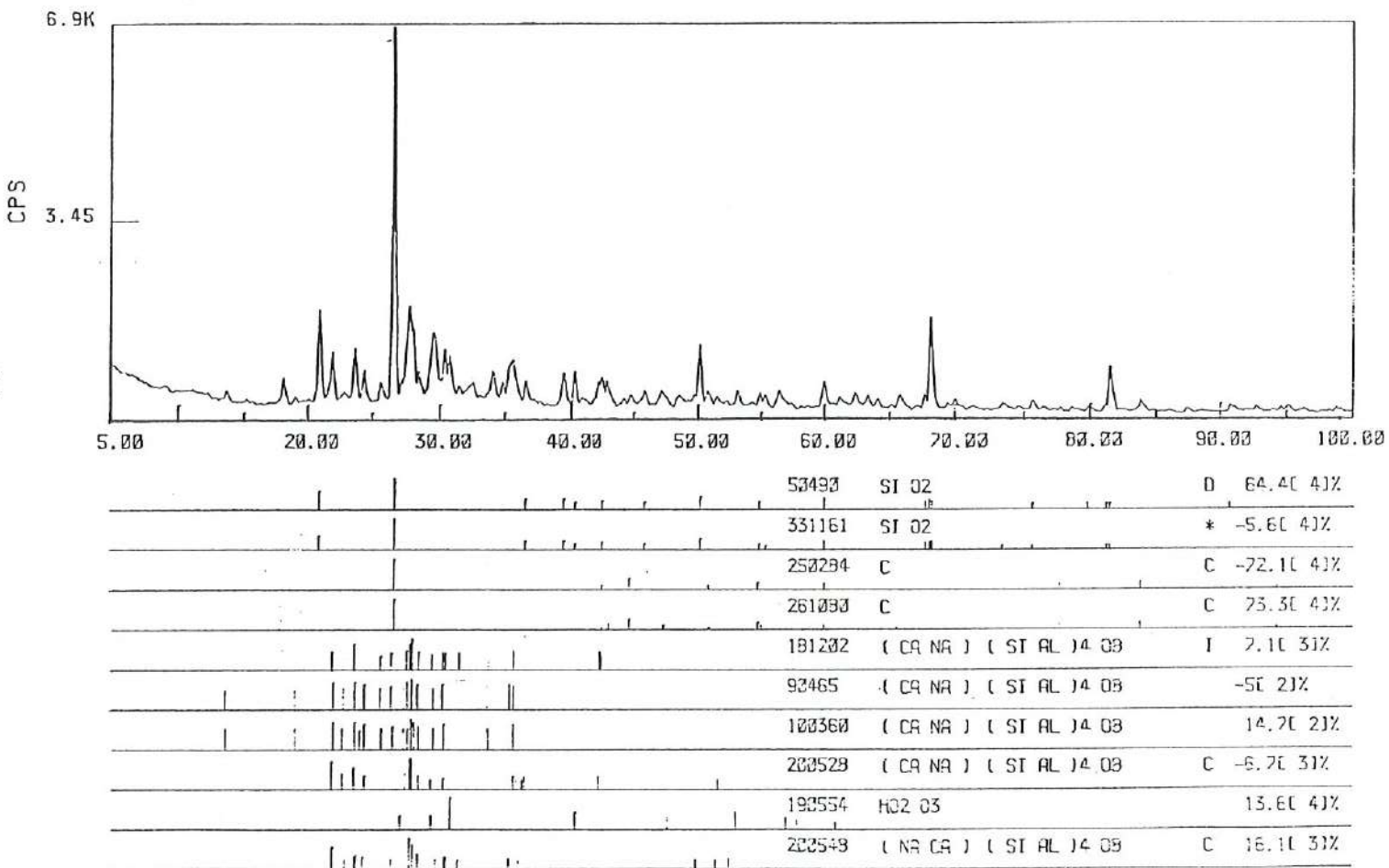


FIGURA 5.15 - Difratograma do bloquete confeccionado com areia comum, cimento, brita nº 1 e lodo de curtume seco a 110°C (BO₂)

*** RESULTS OF 2nd SEARCH MATCH ***

Sample Name : ANA LUIZA (File name : ANB4100)

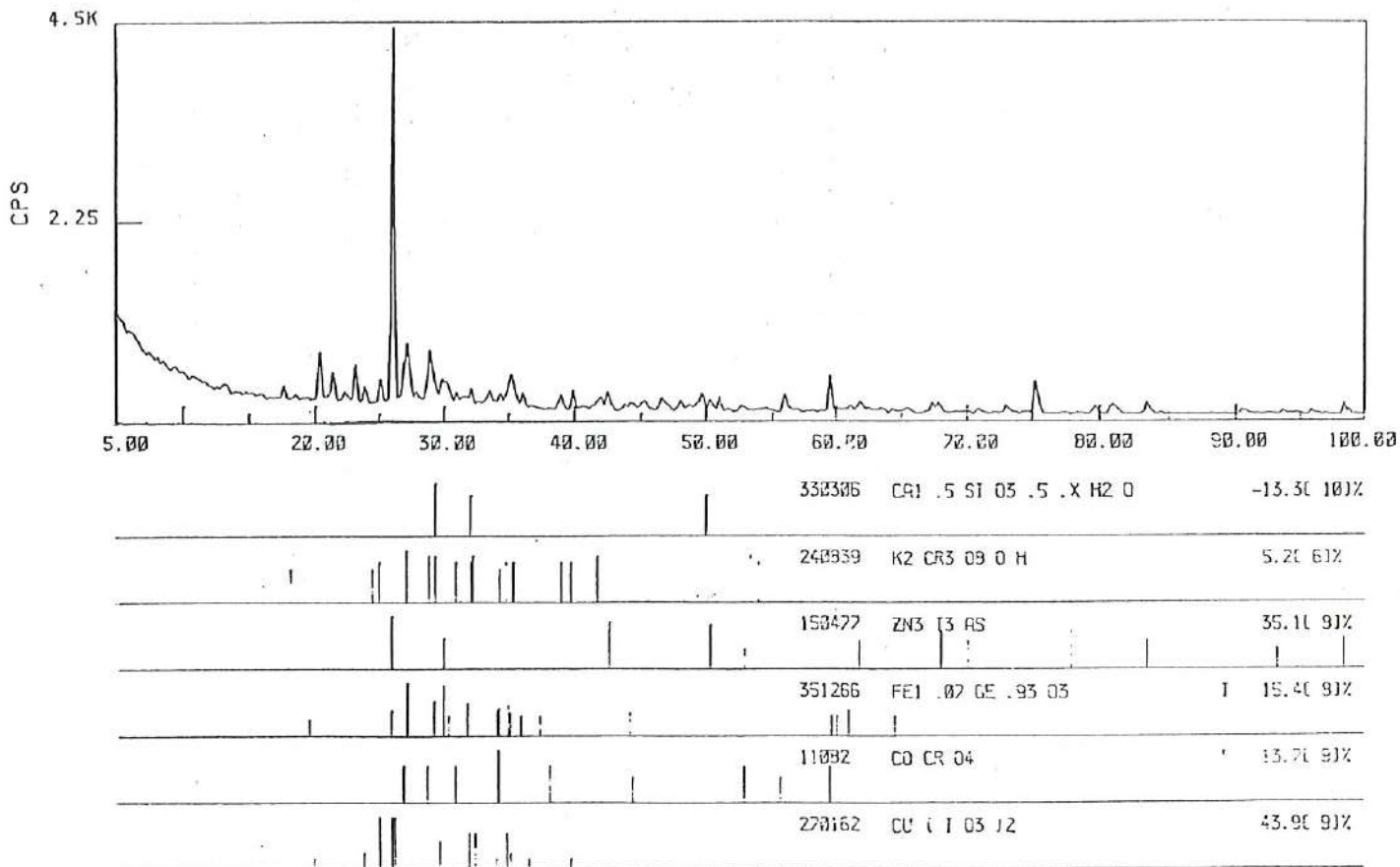


FIGURA 5.16 - Difratograma do bloqueio confeccionado com areia comum, cimento, brita nº 1 e lodo de curtume úmido (BQ4)

6 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 - Moldagem dos corpos de prova

Durante a moldagem dos corpos de prova tomou-se o cuidado de preparar a mistura de cimento, resíduo e água em quantidade suficiente para a confecção de todos os corpos de prova referentes a cada traço, procurando-se, desta forma, garantir maior uniformidade dos resultados a serem obtidos.

Com relação a trabalhabilidade das misturas, conforme anteriormente mencionado, a faixa de variação da consistência foi modificada, dos ensaios preliminares para a fase experimental, de 165 mm para 190 mm, devido à constatação de que o material seca muito rápido, dificultando a moldagem dos corpos de prova menores.

Não foi verificado, durante o experimento, o retardamento da cura inicial da mistura. Tomou-se o cuidado de limpar muito bem, com o auxílio de escova e de palha de aço, as fôrmas onde seriam moldados os corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão, e as fôrmas um vez limpas eram, então, untadas. Foram moldados no mínimo quatro corpos de prova para cada tipo de lodo, para cada traço e para cada idade. A perda de corpo de prova foi muito pequena.

Em relação aos corpos de prova menores, utilizados nos ensaios de lixiviação e solubilização múltipla, realizou-se testes, com a finalidade de se verificar a influência da vaselina nos resultados. A vaselina foi utilizada para untar os corpos de prova menores. Os testes foram realizados para o lodo seco a 110°C, moído (A), traço 1:1, idades de 7, 28 e 90 dias. Os resultados encontram-se nas TABELAS A.37, A.38, A.39, A.40 e A.41 do ANEXO A. Comparando-se estes resultados com os resultados constantes das Tabelas A.13, A.14, A.15, A.16, A.17 e A.18 do mesmo ANEXO, obtiveram-se as FIGURAS 6.1, 6.2 e 6.3. Analisando-se estas FIGURAS verifica-se que, com as idades de 28 e 90 dias, os resultados das concentrações de cromo, nos extratos da solubilização múltipla dos corpos de prova moldados em fôrmas com vaselina, foram menores do que dos corpos de prova moldados sem vaselina. Desta observação concluí-se que provavelmente a vaselina atue como se fosse um impermeabilizante, ocupando os poros do corpo de prova e diminuindo desta forma a transferência do cromo do mesmo para o extrato.

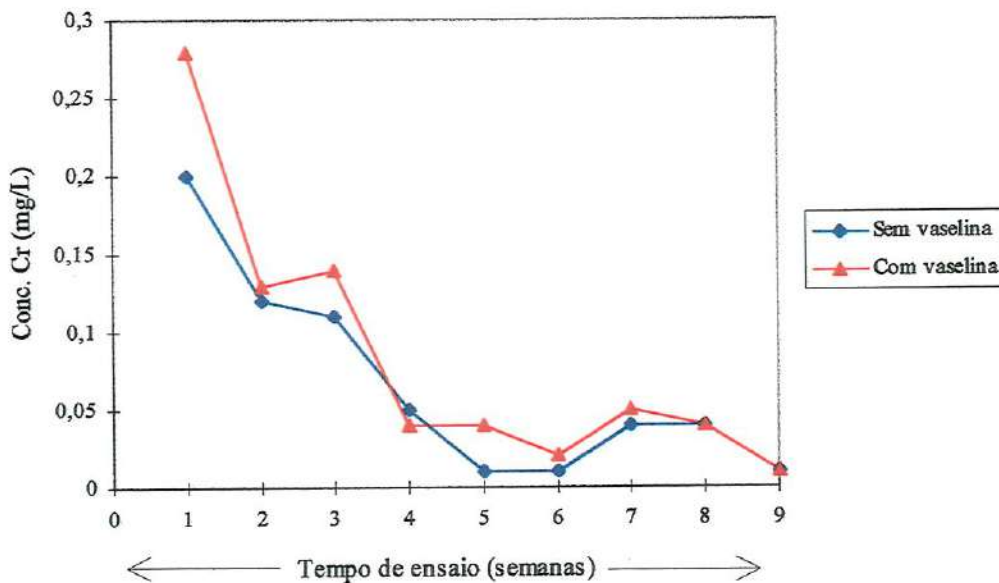


FIGURA 6. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, fôrmas com e sem vaselina
 Lodo empregado: A

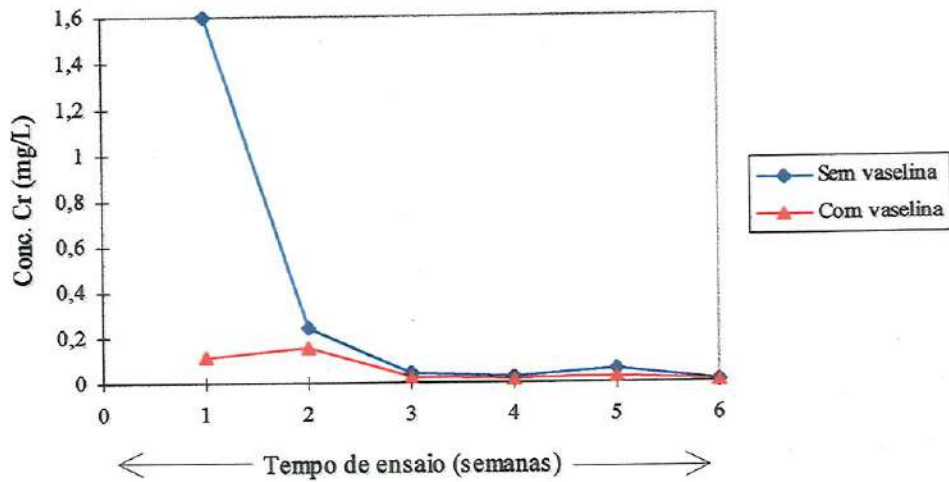


FIGURA 6. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, fôrmas com e sem vaselina
 Lodo empregado: A

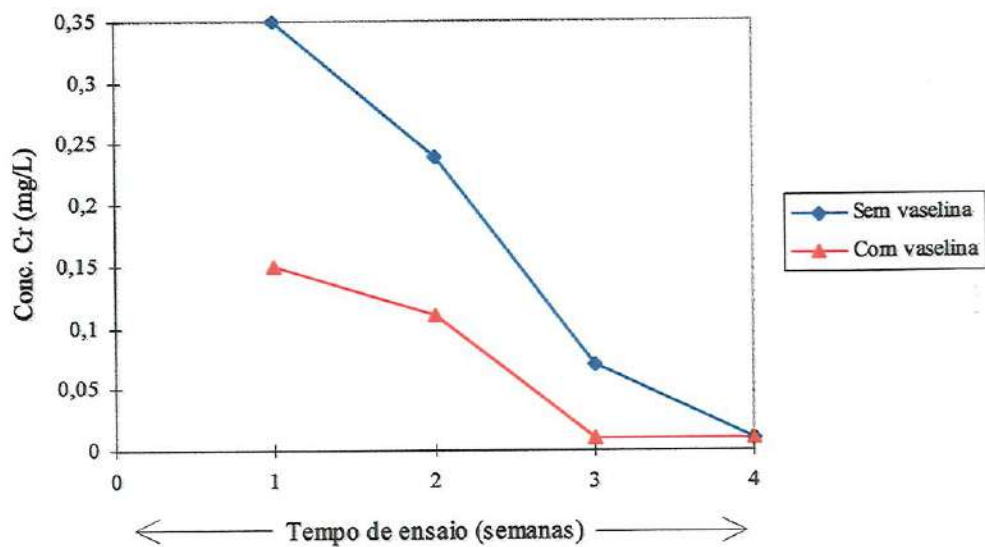


FIGURA 6. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, fôrmas com e sem vaselina
 Lodo empregado: A

6. 2 - Resistência à compressão das matrizes solidificadas

Foram realizados ensaios de resistência à compressão das matrizes confeccionadas com os lodos A, B, C, e D, moldadas com os traços 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4 e ensaiadas com os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias. Estes ensaios foram realizados com a finalidade de verificar o desempenho da resistência à compressão das matrizes ao longo do tempo, em função do tipo de lodo e do traço utilizado.

Foram traçadas as FIGURAS 6.4 a 6.9 com o intuito de propiciar uma melhor visualização do comportamento dos corpos de prova moldados com os lodos A, B, C, e D, em relação à resistência à compressão.

Analisando-se as FIGURAS 6.4 a 6.9 concluiu-se que houve:

- aumento da resistência das matrizes, para todos os corpos de prova moldados, com o tempo de cura, principalmente dos 28 para os 90 dias de cura. Somente para o traço 5:1, em todos os corpos de prova ensaiados, verificou-se aumento da resistência dos 90 para os 365 dias de cura, podendo-se concluir que, do ponto de vista da resistência, os corpos de prova que permaneceram na câmara úmida por um ano, possivelmente sofreram alguma reação de cristalização que influenciou na resistência. Ou seja, o tempo de cura de 90 dias é suficiente para se conhecer o comportamento do corpo de prova, em relação aos resultados de resistência à compressão, pois é nesse tempo que se verifica a máxima resistência à compressão;
- aumento da resistência das matrizes com o aumento na quantidade de cimento utilizado ou seja quanto mais rico o traço maior a resistência obtida, idêntico ao que ocorre com as argamassas de cimento e areia;
- aumento da resistência dos corpos de prova moldados com lodo seco às temperaturas de 110°C para 250°C, provavelmente devido a eliminação da matéria orgânica presente no lodo em estudo, nas diferentes formas. Diversos autores (CETESB, 1985; WEITZMAN, 1990; POLLARD et al., 1991) citam a interferência da matéria orgânica nos resultados de resistência à compressão. De acordo com a CETESB (1985), podem ocorrer reduções significativas na resistência mecânica devido à presença, na matriz, de sais solúveis de manganês,

estanho, zinco, cobre e chumbo. POLLARD et al. (1991) estudaram o efeito do fenol na pasta de cimento e concluíram que ocorreram reduções significativas nos resultados da resistência à compressão;

- aumento na resistência em 67 % dos resultados obtidos, quando se trabalhou com o lodo peneirado na moldagem dos corpos de prova, na temperatura de 110°C, confirmando assim a influência da matéria orgânica nas formas de raspas e serragem;
- na temperatura de 250°C verificou-se um aumento da resistência em 37,5 % dos corpos de prova ensaiados, que se pode verificar nos resultados obtidos, de forma semelhante ao que se verificou para a temperatura de 110°C.

Foram descartados, durante o desenvolvimento do presente trabalho, alguns resultados obtidos, por apresentarem valores discrepantes. Os corpos de prova responsáveis por estes valores discrepantes apresentavam, em sua maioria, problemas ocorridos durante a moldagem, como o aparecimento de falhas e bolsões de ar, apesar de terem sido tomados todos os cuidados durante as moldagens.

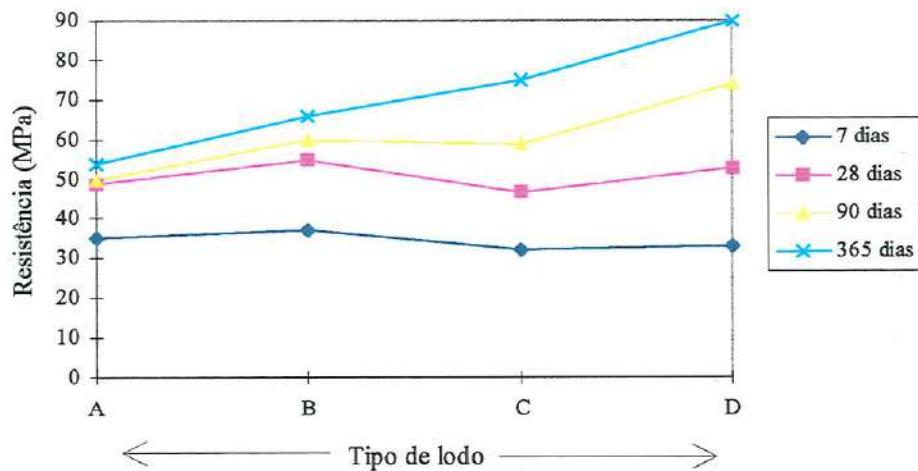


FIGURA 6. 4 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1
 Lodo empregado: A, B, C, D

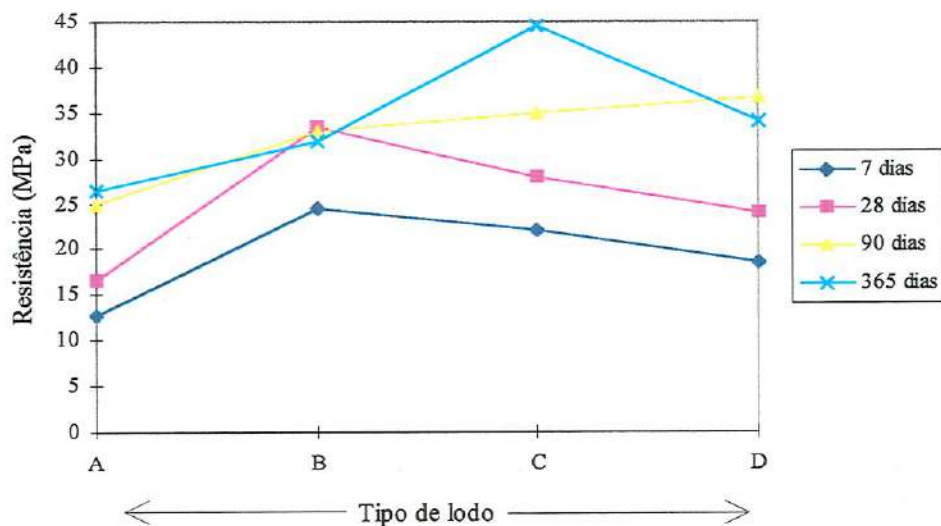


FIGURA 6. 5 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 2:1
 Lodo empregado: A, B, C, D

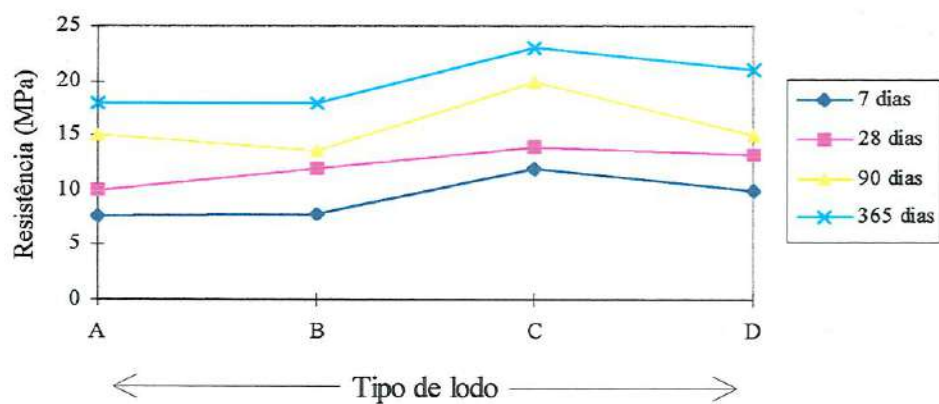


FIGURA 6. 6 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1: 1

Lodo empregado: A, B, C, D

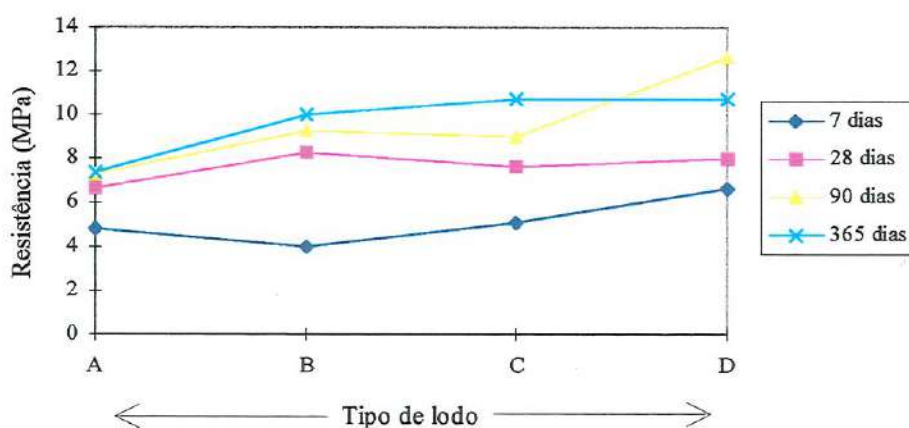


FIGURA 6. 7 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1: 2

Lodo empregado: A, B, C, D

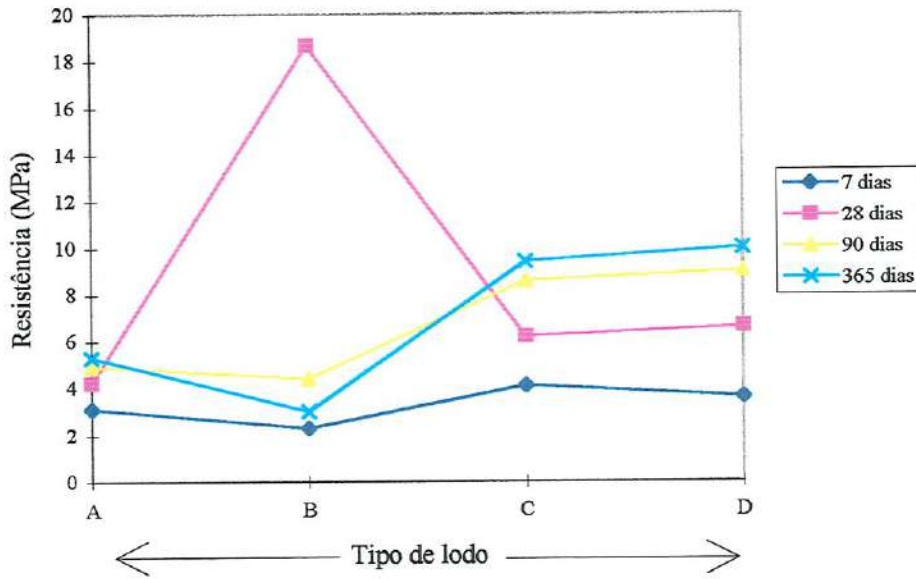


FIGURA 6. 8 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1: 3
 Lodo empregado: A, B, C, D

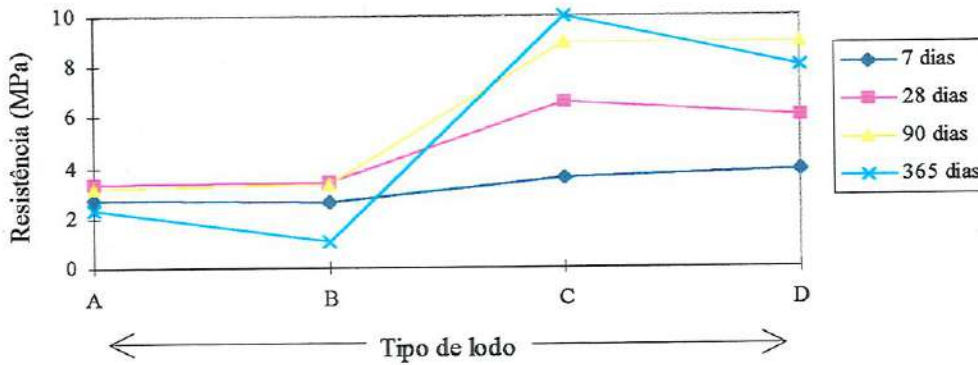


FIGURA 6. 9 - Resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1: 4
 Lodo empregado: A, B, C, D

6.3 - Lixiviação dos metais nas matrizes solidificadas

Serão analisados, em primeiro lugar, os resultados obtidos das concentrações de metais no lixiviado, dos corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D, comparando-os com a concentração máxima estipulada pela NBR 10.004 (1987).

Analisando-se as TABELAS A. 6, A.12, A.18, A.24, A.30, A.36, B. 6, B.12, B.18, B.24, B.30, B.36 e as FIGURAS A. 6, A.12, A.18, A.24, A.30, A.36, B. 6, B.12, B.18, B.24, B.30, B.36 que constam dos ANEXOS A e B, verifica-se que em nenhuma das misturas efetuadas com os lodos A e B, as concentrações de metais no lixiviado ultrapassaram os limites estipulados pela NBR 10.004 (1987).

Analisando-se as TABELAS C. 6, C.12, C.18, C.24, C.30, C.36, D. 6, D.12, D.18, D.24, D.30, D.36 e FIGURAS C. 6, C.12, C.18, C.24, C.30, C.36, D. 6, D.12, D.18, D.24, D.30, D.36 que constam dos ANEXOS C e D, verifica-se que, para os corpos de prova moldados com os lodos C e D, para a maioria dos traços e tempos de cura, os limites fixados pela NBR 10.004 (1987) foram ultrapassados. Exceção para o lodo C, traço 5:1 aos 28, 90 e 365 dias de cura (TABELA C. 6) e para o traço 2:1 aos 90 dias de cura (TABELA C.12). Para o lodo D, e para os traços 5:1, aos 28, 90 e 365 dias de cura (TABELA D. 6), e o traço 2:1 aos 365 dias de cura (TABELA D.12) as concentrações no lixiviado estiveram abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987). Assim sendo, para os lodos C e D estudados, a melhor eficiência na fixação dos metais, ocorreu quando foram enriquecidos com cimento.

Serão analisados, a seguir, os resultados obtidos das concentrações de Cr no lixiviado do lodo ao cromo (TABELAS 5.1. e 5.2), comparando-os com os resultados obtidos das concentrações de Cr no lixiviado dos corpos de prova moldados com os lodo A, B, C e D.

Em relação aos lodos A e B verificou-se que:

- para os corpos de prova moldados com o lodo A, traço 1:2, a concentração de Cr no lixiviado aos 365 dias de cura ($2,4 \text{ mg L}^{-1}$) foi superior à concentração de metais do resíduo ao cromo ($1,0 \text{ mg L}^{-1}$). O mesmo ocorreu com o traço 1:4 e tempos de cura de 90 e 365 dias ($3,00$ e $3,10 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente);

- para os corpos de prova moldados com o lodo B, traço 2:1, tempo de cura de 90 dias ($1,80 \text{ mg L}^{-1}$) e traço 1:3 aos 365 dias ($1,45 \text{ mg L}^{-1}$) as concentrações de cromo foram também superiores àquela encontrada no lodo ao cromo ($0,84 \text{ mg L}^{-1}$);
- para os outros metais analisados as concentrações estiveram sempre abaixo das concentrações encontradas no lodo ao cromo.

Em relação aos lodos C e D verificou-se que:

- para a maioria das amostras, as concentrações de Cr e dos demais metais do lixiviado, para os corpos de prova moldados com os lodos C e D, foram inferiores à do lodo ao cromo.

Analisando-se os resultados obtidos para os metais estudados, durante o presente trabalho, verifica-se que:

- para os corpos de prova moldados com o lodo A, os metais Pb e o Ni foram mais eficientemente fixados pelas matrizes de cimento. Em todos os traços e tempos de cura estudados não se verificou, no lixiviado, a presença desses elementos.
- para os corpos de prova moldados com o lodo B, os metais mais eficientemente fixados pelas matrizes de cimento foram o Pb, o Ni e o Fe;
- para os corpos de prova moldados com os lodos C e D, o metal mais eficientemente fixado pelas matrizes de cimento foi o Cd.

Merece ser observado que a capacidade de fixação dos metais estudados, para um determinado traço, não mantém uma relação direta com o tempo de cura. Por exemplo: para o lodo B, traço 1:3, a concentração de Cr no lixiviado aos 365 dias foi maior que as concentrações aos 7, 28 e 90 dias.

Verifica-se de maneira geral, uma diminuição da concentração de Cr no lixiviado, com o aumento na quantidade de cimento utilizado na mistura.

São apresentadas a seguir, para melhor visualização das concentrações de cromo do lixiviado das misturas, as FIGURAS 6.10 a 6.13, construídas para cada tipo de lodo e as FIGURAS 6.14 a 6.19, que foram traçadas para cada traço. Analisando-se estas FIGURAS pode-se verificar que ocorreu, de forma geral, um aumento na concentração de Cr do lixiviado com o aumento da temperatura de 110°C para 250°C (lodos A e B para os lodos C e D) evidenciando que quando se trata o lodo, aquecendo-o com o intuito de eliminar a matéria orgânica, nenhum resultado favorável é conseguido, o que se pode verificar dos resultados de Cr no extrato

lixiviado. Uma conclusão a que se pôde chegar, ao trabalhar com estes quatro tipos de lodo, é que a queima a 250°C torna o material ainda mais fino, o que poderia estar influenciando nos resultados dos ensaios no lixiviado.

Com os dados das TABELAS A. 6, A.12, A.18, A.24, A.30 e A.36 construiu-se a FIGURA 6.10.

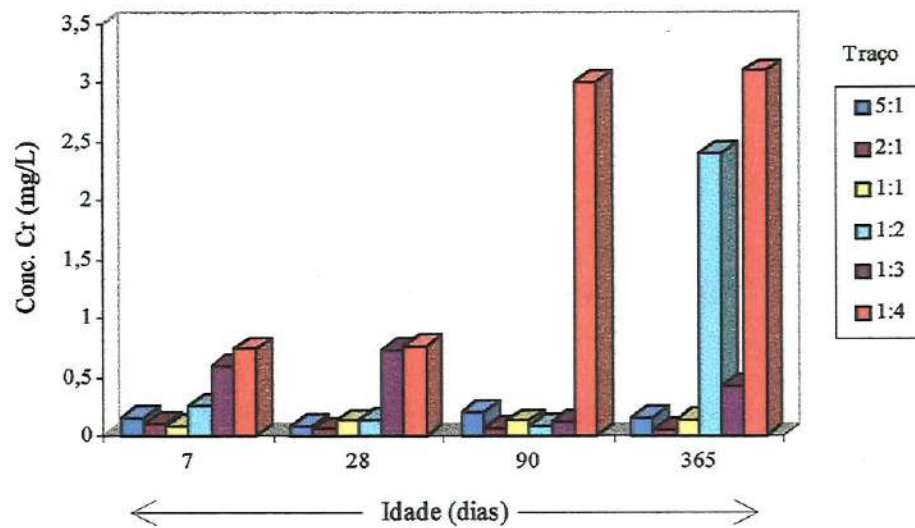


FIGURA 6.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: A

Nos ensaios de lixiviação, para as condições dadas pelas TABELAS A. 6, A.12, A.18, A.24, A.30 e A.36, nota-se que para os traços 5:1, 2:1, 1:1, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias o comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, pode ser considerado estável, com crescimento praticamente linear, ao contrário dos traços 1:2, 1:3 e 1:4 que apresentaram variações no comportamento para os mesmos tempos de cura, principalmente quando se passou de 90 dias para 365 dias.

Com os dados das TABELAS B. 6, B.12, B.18, B.24, B.30 e B.36 construiu-se a FIGURA 6.11.

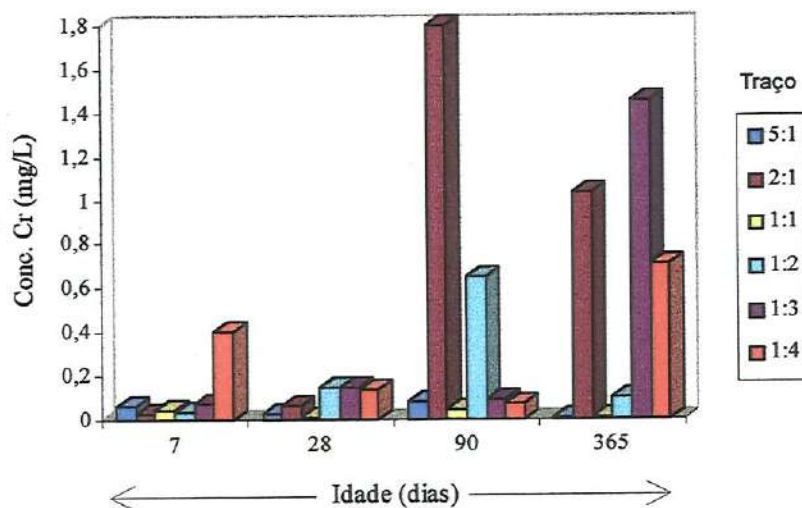


FIGURA 6.11 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: B

Nos ensaios de lixiviação, para as condições dadas pelas TABELAS B. 6, B.12, B.18, B.24, B.30 e B.36, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias apenas os traços 5:1 e 1:1 apresentaram um comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, próximo do uniforme para todos os tempos de cura. Os demais traços apresentaram comportamentos, do lixiviado, em termos de concentrações, variados ao longo do período, principalmente a partir de 28 dias de cura, inclusive.



Com os dados das TABELAS C. 6, C.12, C.18, C.24, C.30 e C.36 construiu-se a FIGURA 6.12.

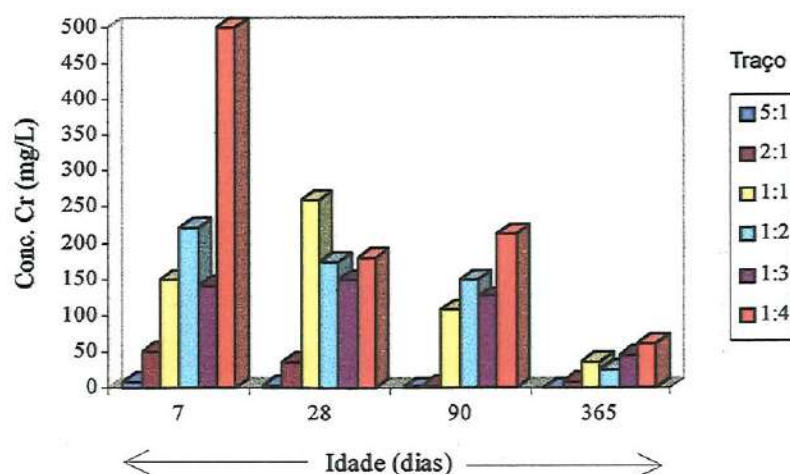


FIGURA 6.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4
 Lodo empregado: C

Nos ensaios de lixiviação, para as condições dadas pelas TABELAS C. 6, C.12, C.18, C.24, C.30 e C.36, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias apenas o traço 5:1 apresentou um comportamento do lixiviado, em termos de sua concentrações, mais regular ao longo do período, ao contrário dos demais traços que apresentaram comportamento com grandes variações ao longo do mesmo período. Isto impossibilitou uma análise mais conclusiva em relação ao comportamento dos traços, no período de estudo efetuado.

Com os dados das TABELAS D. 6, D.12, D.18, D.24, D.30 e D.36 construiu-se a FIGURA 6.13.

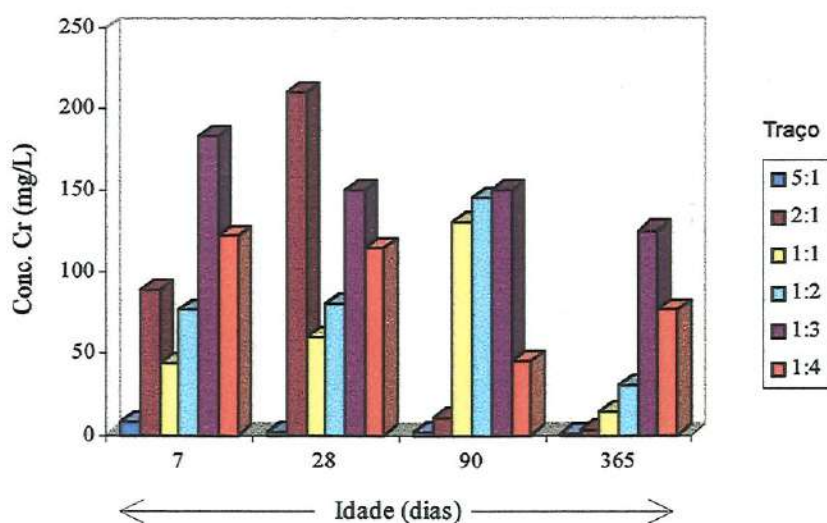


FIGURA 6.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4

Lodo empregado: D

Nos ensaios de lixiviação, para as condições dadas pelas TABELAS D. 6, D.12, D.18, D.24, D.30 e D.36, para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias apenas o traço 5:1 apresentou comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, estável, sendo que os demais apresentaram grandes variações ao longo do período.

Ao analisar as FIGURAS 6.10 a 6.13, que mostram o comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, dos traços 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4, para os corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D nota-se que os corpos de prova moldados com o lodo A foram os que apresentaram comportamento mais estável, para os traços 5:1, 2:1 e 1:1, no período analisado. Os corpos de prova moldados com os lodos B, C e D apresentaram grandes variações no comportamento no mesmo período, exceto para o traço 5:1, que apresentou resultados mais uniformes.

Com os dados das TABELAS A.6, B.6, C.6 e D.6, para o traço (cimento/resíduo) 5:1 e para as concentrações de Cr (mg L^{-1}), construiu-se a FIGURA 6.14. Procurou-se, desta forma, verificar a influência do tipo de lodo e da idade do corpo de prova nos resultados de lixiviação, para cada traço estudado.

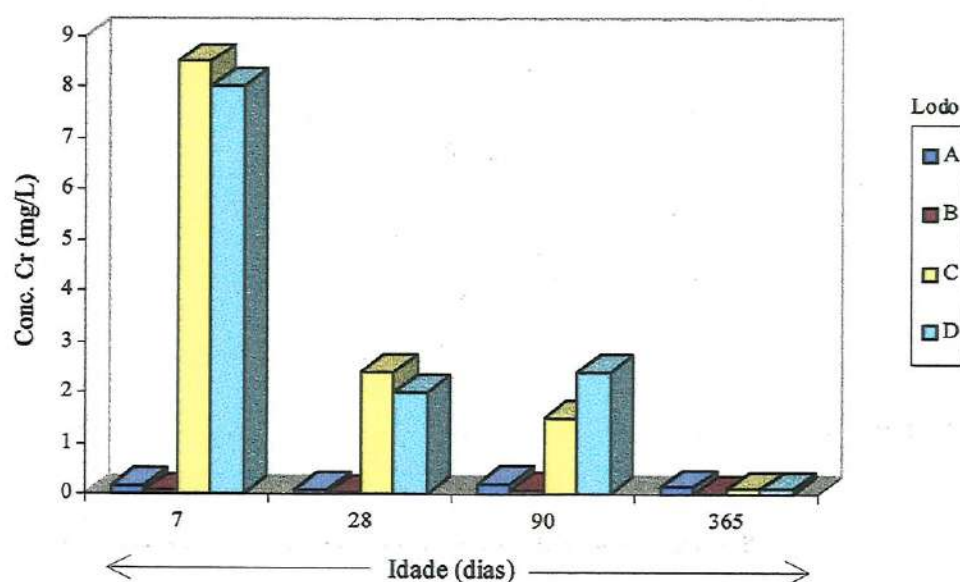


FIGURA 6.14 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A, B, C, D

Para o traço 5:1, os corpos de prova moldados com os lodos A e B apresentaram um comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, que se aproxima do linear, quando a concentração de cromo está entre 0 e 1 mg L^{-1} . Os demais corpos de prova moldados com os lodos, C e D apresentaram uma diminuição nas concentrações de Cr do lixiviado, ao longo do tempo de cura.

Assim foi possível analisar o comportamento do lixiviado, em termos de concentrações de Cr (mg L^{-1}), de corpos de prova moldados com cada um dos lodos, para o traço 5:1, devendo apenas tomar o cuidado de separar a análise para cada lodo.

Com os dados das TABELAS A.12, B.12, C.12 e D.12, para o traço (cimento/resíduo) 2:1 e para as concentrações de Cr (mg L^{-1}), construiu-se a FIGURA 6.15.

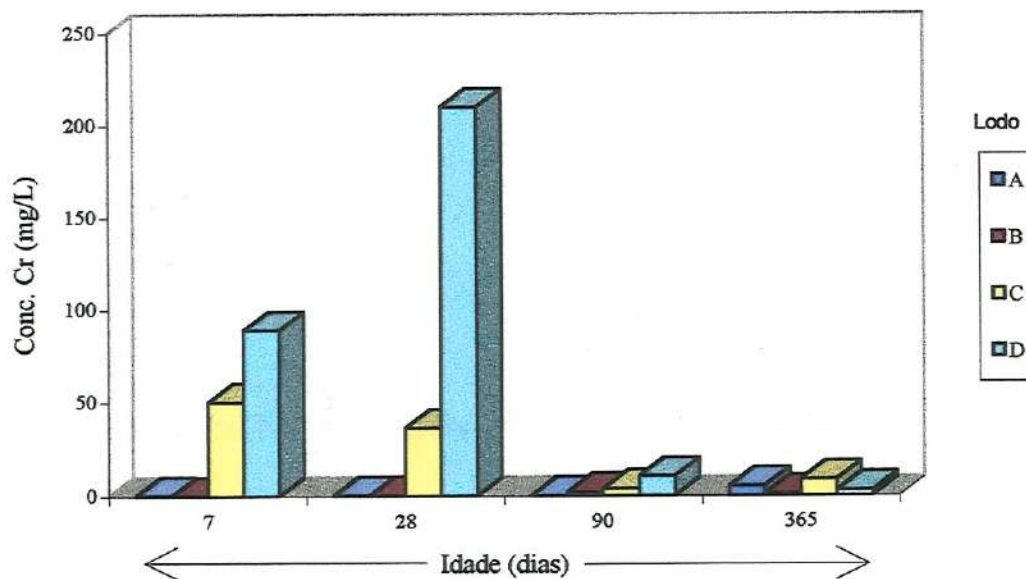


FIGURA 6.15 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: A, B, C, D

Para o traço 2:1, os corpos de prova moldados com os lodos A e B mantiveram um comportamento mais próximo do uniforme para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias. Os corpos de prova moldados com os lodos C e D apresentaram comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, com variações ao longo do período de estudo, para os mesmos tempos de cura.

Com os dados das TABELAS A.18, B.18, C.18 e D.18, para o traço (cimento/resíduo) 1:1 e para as concentrações de Cr (mg L^{-1}), construiu-se a FIGURA 6.16.

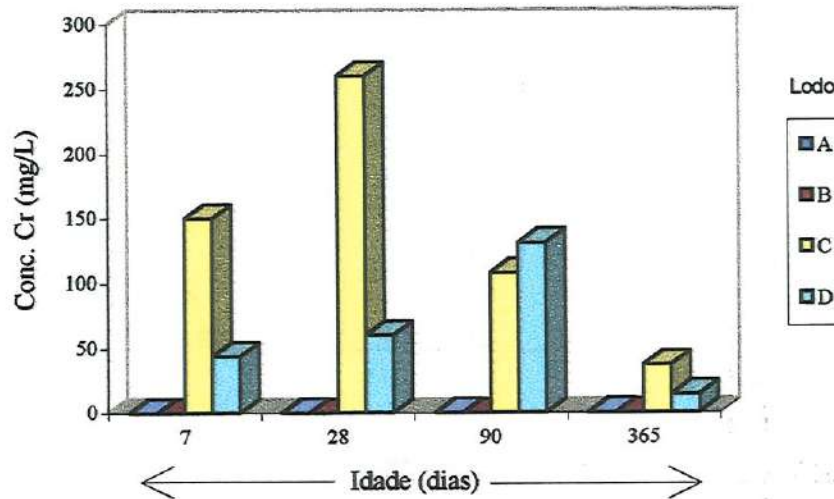


FIGURA 6.16 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A, B, C, D

Para o traço 1:1, os corpos de prova moldados com os lodos A e B mantiveram um comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, estável, enquanto os corpos de prova moldados com os lodos C e D apresentaram grandes variações para os diferentes tempos de cura estudados.

Com os dados das TABELAS A.24, B.24, C.24 e D.24, para o traço (cimento/resíduo) 1:2 e para as concentrações de Cr (mg L^{-1}), construiu-se a FIGURA 6.17.

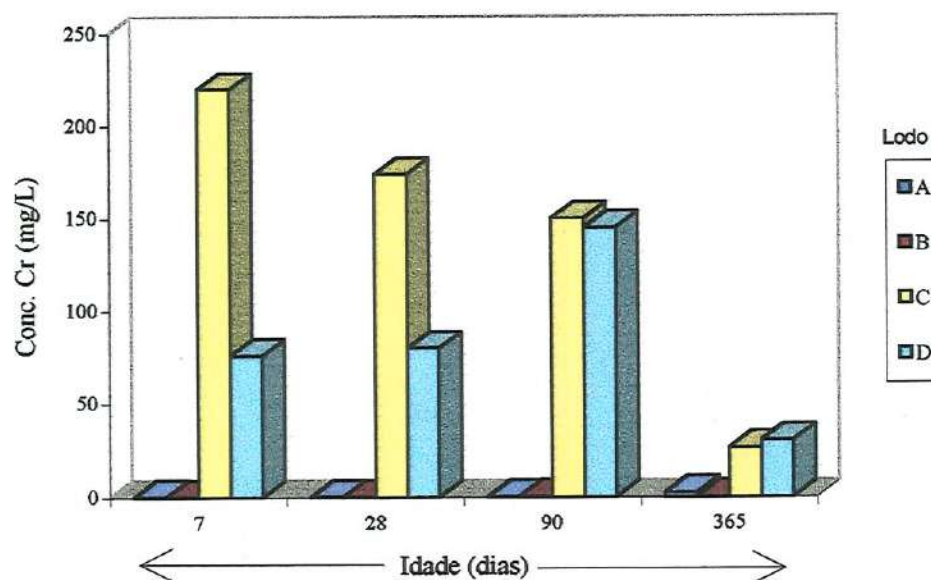


FIGURA 6.17 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A, B, C, D

Para o traço 1:2, os corpos de prova moldados com os lodos A e B apresentaram um comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, estável para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias, com algumas concentrações de Cr próximas a 0 mg L^{-1} . Os corpos de prova moldados com os lodos C e D apresentaram variações, no lixiviado, ao longo do período quando a concentração de Cr varia de 0 a 250 mg L^{-1} . As concentrações de Cr, no lixiviado dos corpos de prova moldados com o lodo C, diminuíram ao longo do tempo de cura. As concentrações de Cr, no lixiviado dos corpos de prova moldados com o lodo D, aumentaram até o tempo de cura de 90 dias, e diminuíram no período seguinte.

Com os dados das TABELAS A.30, B.30, C.30 e D.30, para o traço (cimento/resíduo) 1:3 e para as concentrações de Cr (mg L^{-1}), construiu-se a FIGURA 6.18.

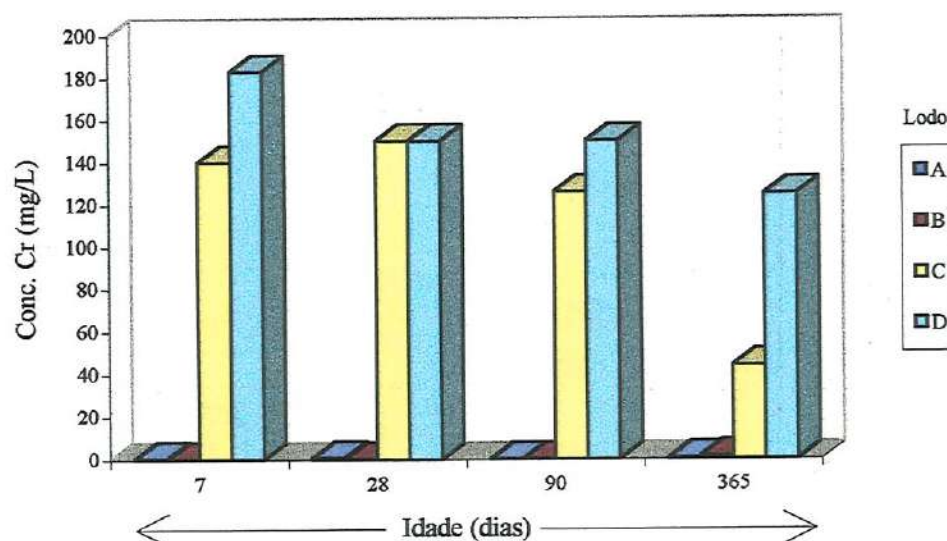


FIGURA 6.18 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: A, B, C, D

Para o traço 1:3, os corpos de prova moldados com os lodos A e B apresentaram comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, estável para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias, com uma concentração de Cr variando de 0 a 29 mg L^{-1} . Os corpos de prova moldados com os lodos C e D, embora apresentassem uma variação no comportamento, considera-se essa variação pequena.

Com os dados das TABELAS A.36, B.36, C.36 e D.36, para o traço (cimento/resíduo) 1:4 e para as concentrações de Cr (mg L^{-1}), construiu-se a FIGURA 6.19.

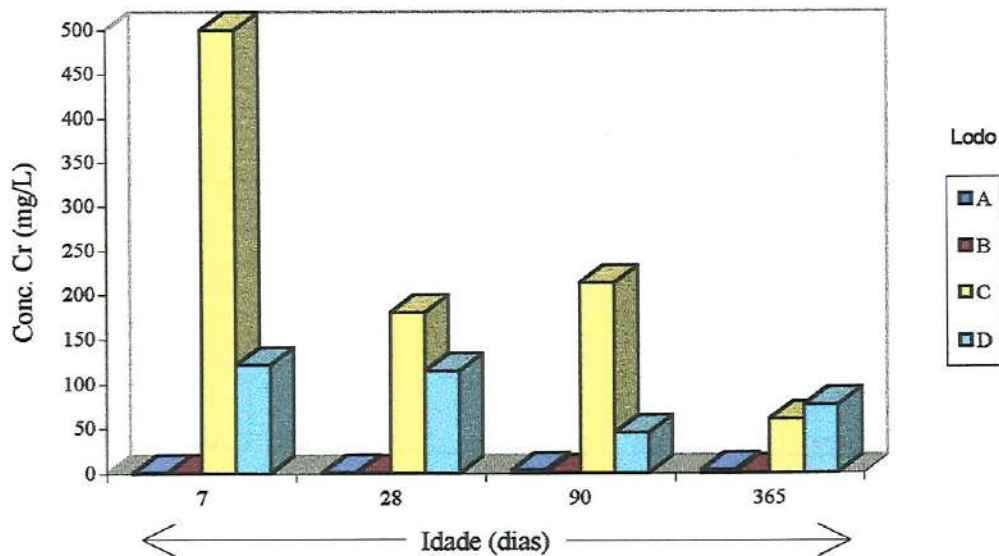


FIGURA 6.19 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: A, B, C, D

Para o traço 1:4, os corpos de prova moldados com os lodos A e B apresentaram comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, estável para os tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias e com uma pequena concentração de Cr. Os corpos de prova moldados com os lodos C e D sofreram variações nas concentrações de Cr, para os mesmos tempos de cura.

Concluindo e analisando o comportamento dos corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D, para os vários traços, pôde-se perceber que os corpos de prova moldados com os lodos A e B foram aqueles que apresentaram um comportamento do lixiviado, em termos de suas concentrações, mais estável para todos os traços estudados, enquanto os corpos de prova moldados com os lodos C e D apresentaram, para os mesmos traços, variações no lixiviado, em termos de suas concentrações, embora pequenas. Considera-se que os corpos de prova moldados com os lodos A e B apresentaram um comportamento próximo do linear, quando a concentração de Cr está próxima de 0 mg L^{-1} . Para os corpos de prova moldados com os lodos C e D as variações nas concentrações do lixiviado, embora pequenas, ocorreram quando a concentração de Cr está acima de 150 mg L^{-1} , com exceção do traço 1:1.

6.4 - Solubilização múltipla dos metais nas matrizes solidificadas

Com a finalidade de se verificar, nos estratos da solubilização, as concentrações dos metais Zn, Pb, Cd, Ni, Fe, Mn, Cu e Cr, foram moldados corpos de prova com os lodos A, B, C e D. Foram ainda utilizados os traços 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4. Os corpos de prova foram ensaiados aos 7, 28, 90 e 365 dias de cura.

Foram analisados, em primeiro lugar, os resultados obtidos das concentrações de metais no solubilizado dos corpos de prova ensaiados e moldados com os lodos A, B, C e D, comparando-os com a concentração máxima estipulada pela NBR 10.004 (1987).

Analisando-se as TABELAS dos ANEXOS A, B, C e D verifica-se, para os corpos de prova moldados com os lodos A e B, que a medida que o traço fica mais pobre em cimento há necessidade de mais tempo de solubilização para que a concentração de Cromo do solubilizado se encontre abaixo do limite fixado em $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ pela NBR 10.004 (1987). Isto é uma evidência que a medida que se enriquece a matriz com cimento, reduz a quantidade de cromo no solubilizado e conseqüentemente para o ambiente se a técnica for adotada, por exemplo, na Construção Civil.

Para os corpos de prova moldados com o lodo A, traço 1:4, observou-se que a concentração de Cr no solubilizado ficou sempre superior ao limite estabelecido pela NBR 10.004 (1987), para:

- 21 semanas no tempo de cura de 7 dias;
- 18 semanas no tempo de cura de 28 dias;
- 16 semanas no tempo de cura de 90 dias;
- 16 semanas no tempo de cura de 365 dias.

Observou-se ainda que as concentrações de cromo no solubilizado ainda se mantiveram acima do valor fixado pela NBR 10.004 (1987), para:

- traço 1:1 e tempo de cura de 365 dias;
- traço 1:2 e tempos de cura de 7, 28 e 365 dias;
- traços 1:3 e tempos de cura de 7 e 28 dias.

Os melhores resultados foram observados com os corpos de prova moldados com o lodo B pois todas as concentrações de Cr do solubilizado se encontraram abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), em menos de 16 semanas de ensaio, com exceção do traço 1:3, na idade de 90 dias.

Isto evidencia a importância do peneiramento na utilização do lodo de curtume para a moldagem de corpos de prova.

No caso dos corpos de prova moldados com o lodo C, traço 5:1, observou-se que as concentrações de cromo no solubilizado ficaram abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), para os tempos de cura:

- 7 e 28 dias, após 10 semanas;
- 90 dias, após 6 semanas;
- 365 dias, após 4 semanas.

Como a cura do corpo de prova prossegue com o tempo de ensaio, esse dados mostram que o tempo de cura influi decisivamente na fixação do cromo na matriz.

Conforme pode ser ainda verificado quando os traços foram mais pobres em cimento, uma vez mais se obteve resultados não satisfatórios, pois as concentrações de Cr no solubilizado estiveram sempre superiores ao limite, mostrando uma vez mais a influência do teor de cimento na fixação do cromo.

No caso dos corpos de prova moldados com o lodo D, traço 5:1, observou-se que as concentrações de cromo no solubilizado ficaram abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), para os tempos de cura:

- 7 e 28 idas, após 15 semanas;
- 90 dias, após 6 semanas;
- 365 dias, após 4 semanas.

Como foi comentado, e de posse desse resultados pode-se concluir que o peneiramento do lodo, e conseqüentemente a retirada de parte da matéria orgânica, propiciou uma melhor fixação do Cr na matriz solidificada com cimento. Os melhores resultados, em relação aos traços estudados, foram obtidos com os corpos de prova confeccionados com os lodos A e B, moldados com os traços 5:1 e 2:1 (relação cimento/resíduo em massa).

Foram analisados, em segundo lugar, os resultados obtidos das concentrações dos outros metais, com exceção do Cr, no solubilizado, dos corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D, comparando-os com a concentração máxima estipulada pela NBR 10.004 (1987).

Para os corpos de prova moldados com o lodo A verificou-se que as concentrações desses metais analisados, para todos os traços e tempos de cura, encontraram-se abaixo dos limites fixados pela NBR 10.004 (1987).

Para os corpos de prova moldados com o lodo B verificou-se que:

- para o traço 1:2 e tempo de cura de 7 dias;
- para o traço 1:3 e tempo de cura de 90 dias;
- para o traço 1:4 e tempos de cura de 7 e 90 dias

as concentrações de Pb no solubilizado encontraram-se acima do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), somente na primeira semana de ensaio. A partir da segunda semana de ensaio, as concentrações de Pb não eram mais detectadas pelo espectrofotômetro de absorção atômica.

Para os corpos de prova moldados com o lodo C verificou-se que as concentrações de Pb no solubilizado, para o traço 1:4 aos 7 dias de cura encontraram-se acima do limite estabelecido pela NBR 10.004 (1987), somente na primeira semana de ensaio. A partir da segunda semana de ensaio, as concentrações de Pb não eram mais detectadas pelo espectrofotômetro de absorção atômica.

Para os corpos de prova moldados com o lodo D verificou-se que:

- para os traços 1:1, 1:2 e 1:4 e tempos de cura de 7, 28 e 90 dias e
- para o traço 1:3 e tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias as concentrações de Pb encontraram-se acima do limite estabelecido pela NBR 10.004 (1987), somente na primeira semana de ensaio. A partir da segunda semana de ensaio, as concentrações de Pb, de forma geral, não eram mais detectadas pelo espectrofotômetro de absorção atômica;
- para os traços 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4 e tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias as concentrações de Cd foram superiores ao limite fixado pela NBR 10.004 (1987), somente na primeira semana de ensaio. A partir da segunda semana de ensaio, as concentrações de Cd não eram mais detectadas pelo espectrofotômetro de absorção atômica;
- para os traços 1:1 e 1:2 e tempos de cura de 7 e 28 dias;
- para o traço 1:4 e tempo de cura de 7 dias as concentrações de Fe foram superiores ao limite fixado pela NBR 10.004 (1987), somente nas primeiras semana de ensaio. A partir da terceira semana de ensaio, as concentrações de Fe, não eram mais detectadas pelo espectrofotômetro de absorção atômica.

De posse dos resultados pode-se concluir que os corpos de prova moldados com lodo A, em termos das concentrações dos metais analisados, com exceção do cromo, foram os que apresentaram os melhores resultados, tendo em vista que para todos os traços e tempos de cura, as concentrações obtidas se encontraram abaixo dos limites fixados pela NBR 10.004 (1987).

Os corpos de prova moldados com os lodos B e C também apresentaram excelentes resultados de fixação de metais na matriz solidificada, tendo em vista que somente o metal Pb teve sua concentração, apenas na primeira semana de ensaio, para alguns traços estudados, acima do limite estabelecido pela NBR 10.004 (1987). Merece ser destacado que isto ocorreu somente para traços mais pobres em cimento (traços 1:2, 1:3 e 1:4).

Para os corpos de prova moldados com o lodo D, os resultados apresentados levam à concluir que a fixação dos metais foram prejudicados em relação aos corpos de prova moldados com o lodo C. As concentrações dos metais Pb, Cd e Fe ficaram acima do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), para os traços mais pobres em cimento (traços 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4). Os traços mais ricos em cimento (5:1 e 2:1) não apresentaram valores dos metais, em termo de concentrações, acima do limite estabelecido pela NBR 10.004 (1987), apresentando pois excelentes resultados. Conforme mencionado anteriormente, os diferentes resultados apresentados entre os lodos C e D, podem ser devido à granulometria do lodo D, que após a moagem e peneiramento resultou em um pó muito fino, podendo migrar mais facilmente para o solubilizado.

Foram analisados, a seguir, os resultados obtidos das concentrações dos metais analisados no solubilizado do lodo ao cromo (TABELAS 5.1, 5.2 e 5.3), comparando-os com os resultados obtidos das concentrações de metais no solubilizado dos corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D. Com a finalidade de facilitar o entendimento, as análises foram realizadas para cada metal detectado, tipo de lodo e traço.

Foram analisados, a seguir, os resultados obtidos das concentrações de Cr no solubilizado do lodo ao cromo (TABELAS 5.1, 5.2 e 5.3), comparando-os com os resultados obtidos das concentrações de Cr no solubilizado dos corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D.

Para os corpos de prova moldados com o lodo A verificou-se que as concentrações de Cr no solubilizado encontraram-se acima das concentrações do lodo ao cromo, para:

- traço 1:1 e tempos de cura de 28 dias e 365 dias;
- traço 1:2 e tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias;
- traço 1:3 e tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias;
- traço 1:4 e tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias.

Para os corpos de prova moldados com o lodo B verificou-se que as concentrações de Cr, no solubilizado se encontraram acima das concentrações de Cr do resíduo ao cromo, para:

- traço 1:2 e tempo de cura de 90 dias;
- traço 1:3 e tempo de cura de 90 dias;
- traço 1:4 e tempo de cura de 7 dias.

Verifica-se, através das concentrações de Cr e dos demais metais, obtidas de corpos de prova moldados com o lodo B, traço 1:3 e tempo de cura de 90 dias (TABELA B.27), que os resultados obtidos entre as amostras 1 e 2 foram muito diferentes. Analisando-se os resultados obtidos para os tempos de cura de 7, 28 e 365 dias conclui-se que deve ter havido troca acidental no corpo de prova 2.

Para os corpos de prova moldados com o lodo C verificou-se que as concentrações de Cr, para todos os traços estudados, encontraram-se abaixo das concentrações de Cr do resíduo ao cromo.

Para os corpos de prova moldados com o lodo D verificou-se que as concentrações de Cr, para todos os traços estudados, encontraram-se abaixo das concentrações de Cr do resíduo ao cromo.

Verificou-se também que para os outros metais, o traço e o tempo de cura (incluindo o tempo de ensaio em que o corpo de prova continua em processo de cura) influenciaram na eficiência da matriz na fixação dos metais.

Foram analisados, a seguir, os resultados obtidos das concentrações de Zn no solubilizado do lodo ao cromo (TABELAS 5.1, 5.2 e 5.3), comparando-os com os resultados obtidos das concentrações de Zn do solubilizado dos corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D.

Para os corpos de prova moldados com o lodo A verificou-se que as concentrações de Zn, para os traços 2:1 e 1:3 aos 7 dias de cura, encontraram-se acima das concentrações de Zn no resíduo ao cromo.

Para os corpos de prova moldados com o lodo B verificou-se que as concentrações de Zn, para os traços 2:1 e 1:1 aos 90 dias de cura, encontraram-se acima das concentrações de Zn no resíduo ao cromo.

Para os corpos de prova moldados com o lodo C verificou-se que as concentrações de Zn encontraram-se acima das concentrações de Zn no resíduo ao cromo, para:

- traços 1:1 e 1:3 e tempo de cura de 7 dias e
- traços 1:2 e 1:4 e tempos de cura de 7 e 28 dias de cura

Para os corpos de prova moldados com o lodo D verificou-se que as concentrações de Zn, para todos os traços estudados, encontraram-se abaixo das concentrações de Zn do resíduo ao cromo.

Foram analisados, a seguir, os resultados obtidos das concentrações de Cu no solubilizado do lodo ao cromo (TABELAS 5.1, 5.2 e 5.3), comparando-os com os resultados obtidos das concentrações de Cu no solubilizado dos corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D.

Para os corpos de prova moldados com o lodo A verificou-se que as concentrações de Cu, para o traço 1:3 aos 7 e 28 dias de cura, encontraram-se acima das concentrações de Cu do resíduo ao cromo.

Para os corpos de prova moldados com o lodo B verificou-se que as concentrações de Cu encontraram-se acima das concentrações de Cu do resíduo ao cromo, para:

- traço 2:1 e tempos de cura de 7, 28, 90 e 365 dias e
- traço 1:4 e tempos de cura de 7 e 365 dias

Para os corpos de prova moldados com o lodo C verificou-se que as concentrações de Cu, para todos os traços estudados, encontraram-se abaixo das concentrações de Cu do resíduo ao cromo.

Para os corpos de prova moldados com o lodo D verificou-se que as concentrações de Cu, para todos os traços estudados, encontraram-se abaixo das concentrações de Cu do resíduo ao cromo.

Das análises efetuadas verifica-se que, para todos os corpos de prova moldados com os lodos A, B, C e D, para o traço 5:1, as concentrações dos metais estudados ficaram abaixo das concentrações das obtidas com o resíduo ao cromo, apontando para a eficiência do processo de solidificação, com a utilização desse traço.

Com os dados das TABELAS A. 1, A. 7, A.13, A.19, A.25 e A.31, para o tempo de cura de 7 dias, construiu-se a FIGURA 6.20.

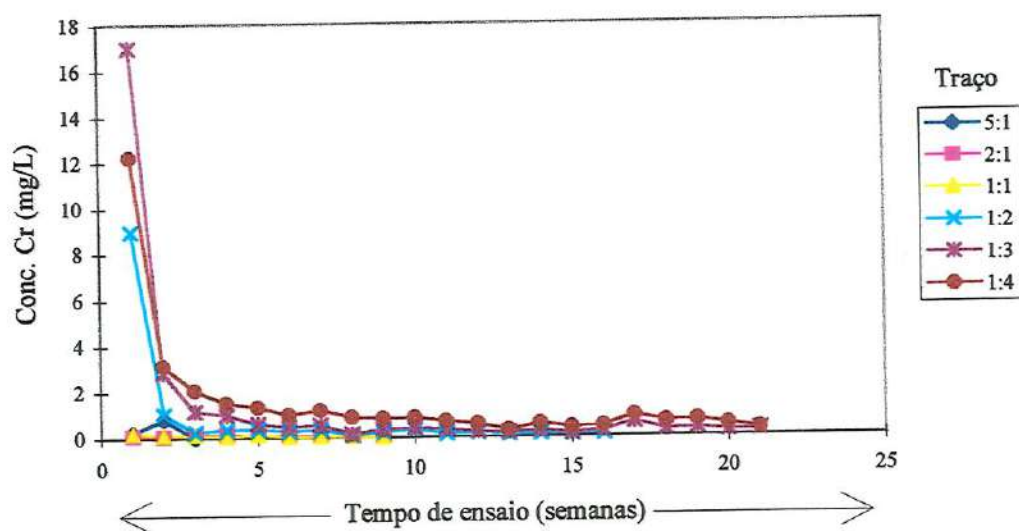


FIGURA 6.20 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Tempo de cura do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
Lodo empregado: A

Para os corpos de prova com tempo de cura de 7 dias, pôde-se perceber que a concentração de Cr no solubilizado, em termos de suas concentrações, apresentou um comportamento próximo do linear, para todos os traços estudados, a partir da 8ª semana de ensaio, para os corpos de prova moldados com o lodo A. Entre a 1ª e a 7ª semana há uma grande variação no comportamento das concentrações do solubilizado, principalmente nas semanas iniciais, isto é, entre a 1ª e a 3ª semana.

Com os dados das TABELAS A. 2, A. 8, A.14, A.20, A.26 e A.32, para o tempo de cura de 28 dias, construiu-se a FIGURA 6.21.

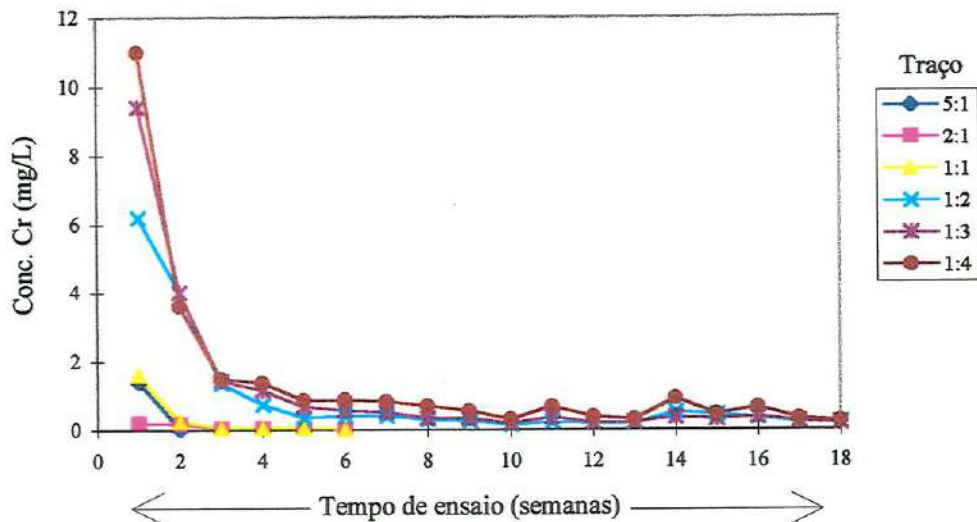


FIGURA 6.21 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4

Lodo empregado: A

Os resultados obtidos das concentrações de Cr no solubilizado, para os traços estudados, para os corpos de prova moldados com o lodo A, apontou para um comportamento próximo do linear, principalmente a partir da 5ª semana de ensaio, apesar da grande variação nas semanas iniciais, que apontaram ponto atípicos embora com tendência de decrescimento para se ajustar a uma reta, quando a concentração de Cr varia entre 0 e 2 mg L^{-1} .

Com os dados das TABELAS A. 3, A. 9, A.15, A.21, A.27 e A.33, para o tempo de cura de 90 dias, construiu-se a FIGURA 6.22.

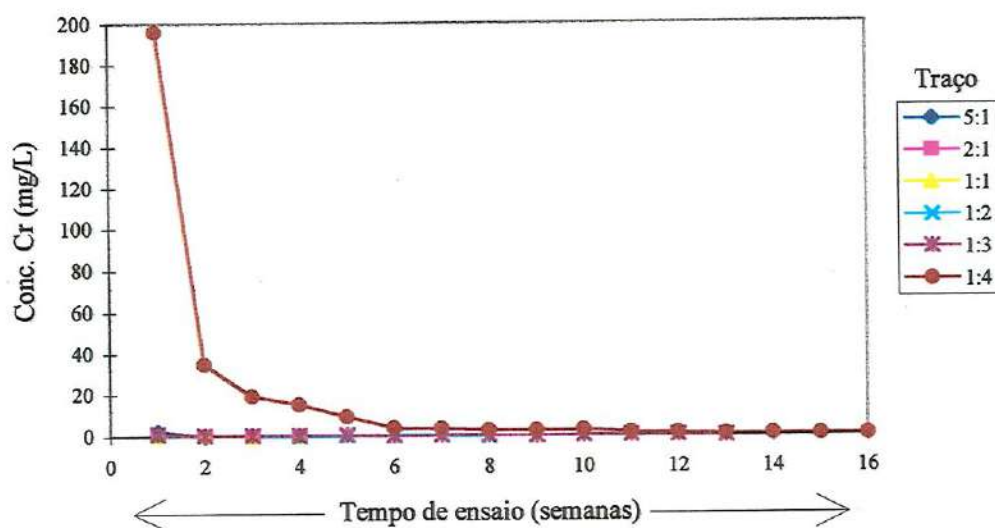


FIGURA 6.22 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: A

Os traços 5:1, 2:1, 1:1, 1:2 e 1:3, para os corpos de prova moldados com o lodo A, apresentaram um comportamento bem ajustado a uma reta, durante todo o tempo de ensaio, quando a concentração de Cr do solubilizado está entre 0 e 20 mg L^{-1} . O traço 1:4 só apresentou esse comportamento a partir da 6ª semana, sendo que nas semanas anteriores apresentou pontos atípicos com uma concentração de Cr variando de 0 a 200 mg L^{-1} , mas sempre com diminuição das concentrações de Cr ao longo do tempo de ensaio.

Com exceção do traço 1:4, verificou-se que todos os demais traços apresentaram, já a partir das primeiras semanas de ensaio um comportamento linear, em termos de concentração de Cr no solubilizado, condição esta só atingida pelo traço 1:4 a partir da 6ª semana.

Com os dados das TABELAS A. 4, A.10, A.16, A.22, A.28 e A.34, para o tempo de cura de 365 dias, construiu-se a FIGURA 6.23.

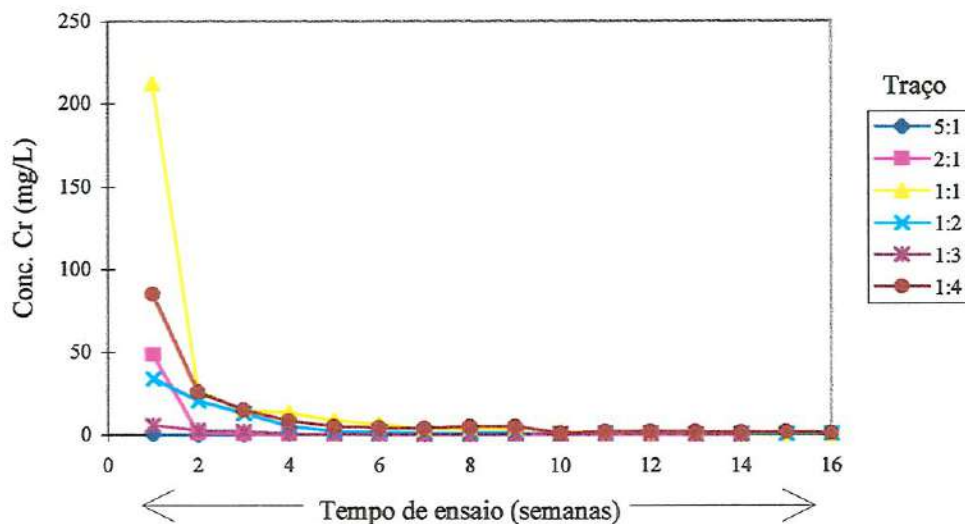


FIGURA 6.23 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: A

Os traços 5:1 e 1:3 apresentaram comportamento linear já a partir da 1ª semana de ensaio, condição que só foi alcançada pelos demais traços a partir da 5ª semana, apresentando esses mesmos traços diminuição nas concentrações de Cr do solubilizado ao longo do tempo de ensaio.

Concluindo, quando se empregaram os corpos de prova moldados com o lodo A, pôde-se verificar que os traços tiveram comportamento próximo do linear a partir de um determinado tempo de ensaio, sendo que o melhor comportamento foi atingido pelo traço 5:1 com o tempo de cura de 365 dias.

Com os dados das TABELAS B. 1, B. 7, B.13, B.19, B.25 e B.31, para o tempo de cura de 7 dias, construiu-se a FIGURA 6.24.

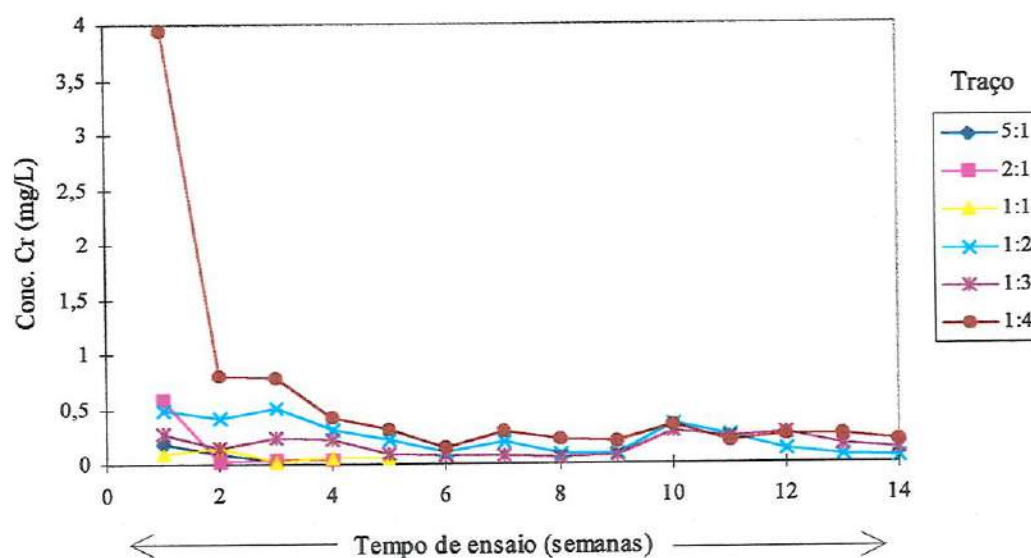


FIGURA 6.24 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Tempo de cura do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
Lodo empregado: B

Embora com algumas variações, todos os traços estudados apresentaram um comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, próximo do linear já a partir da primeira semana de ensaio, excetuando-se o traço 1:4.

Com os dados das TABELAS B. 2, B. 8, B.14, B.20, B.26 e B.32, para o tempo de cura de 28 dias, construiu-se a FIGURA 6.25.

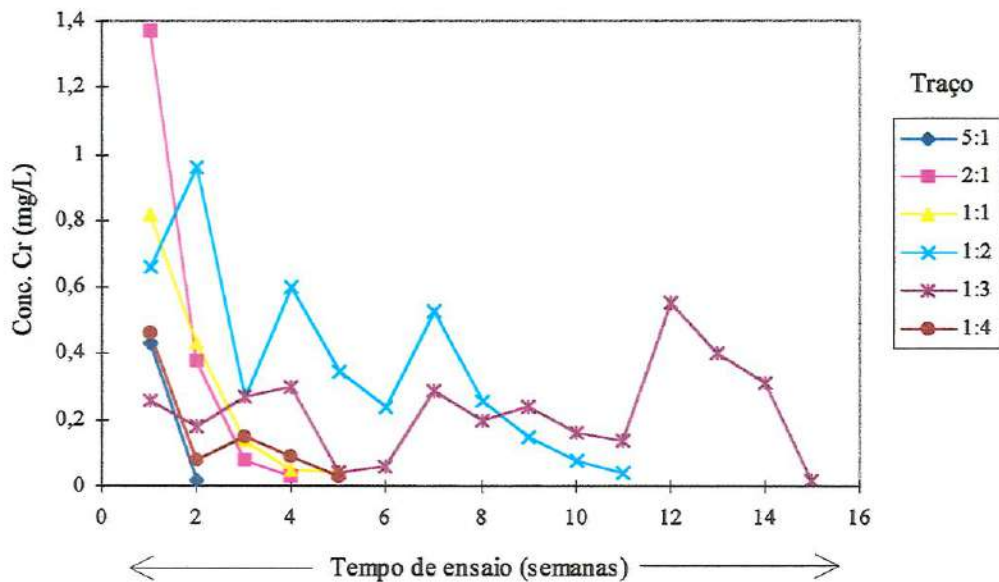


FIGURA 6.25 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4

Lodo empregado: B

Todos os traços, para os corpos de prova moldados com o lodo B, apresentaram um comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, totalmente irregular, para todo tempo de ensaio, sofrendo variações atípicas em todo o período.

Com os dados das TABELAS B. 3, B. 9, B.15, B.21, B.27 e B.33, para o tempo de cura de 90 dias, construiu-se a FIGURA 6.26.

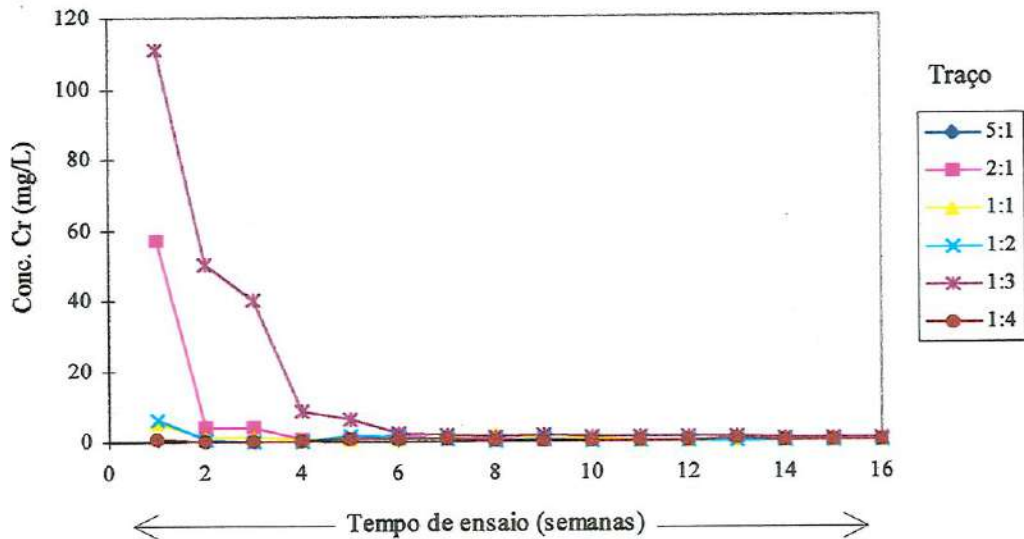


FIGURA 6.26 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: B

Os traços 1:1, 1:2 e 1:4 apresentaram um comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, linear nas primeiras semanas de ensaio. No entanto, o traço 2:1 só adquire essa condição a partir da 2ª semana e o traço 1:3 a partir da 6ª.

Com os dados das TABELAS B. 4, B.10, B.16, B.22, B.28 e B.34, para o tempo de cura de 365 dias, construiu-se a FIGURA 6.27.

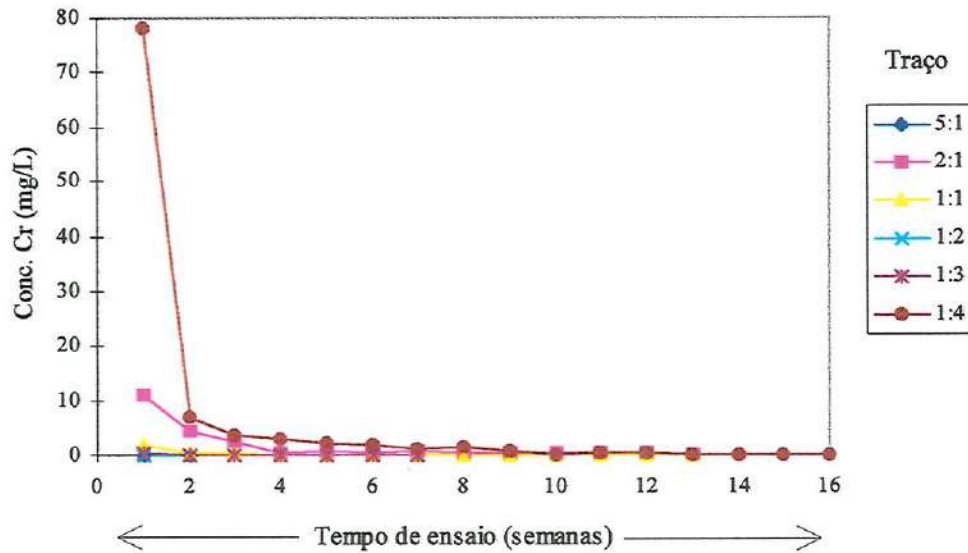


FIGURA 6.27 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: B

Todos os traços, com exceção do 1:4, tiveram comportamento linear a partir das primeiras semanas de ensaio para uma concentração de cromo variando de 0 a 10 mg L^{-1} .

Concluindo, conforme pôde ser verificado na FIGURA 6.25, os corpos de prova moldados com o lodo B, para o tempo de cura de 28 dias, apresentaram um comportamento totalmente irregular em todo o período de ensaio.

Com os dados das TABELAS C. 1, C. 7, C.13, C.19, C.25 e C.31, para o tempo de cura de 7 dias, construiu-se a FIGURA 6.28.

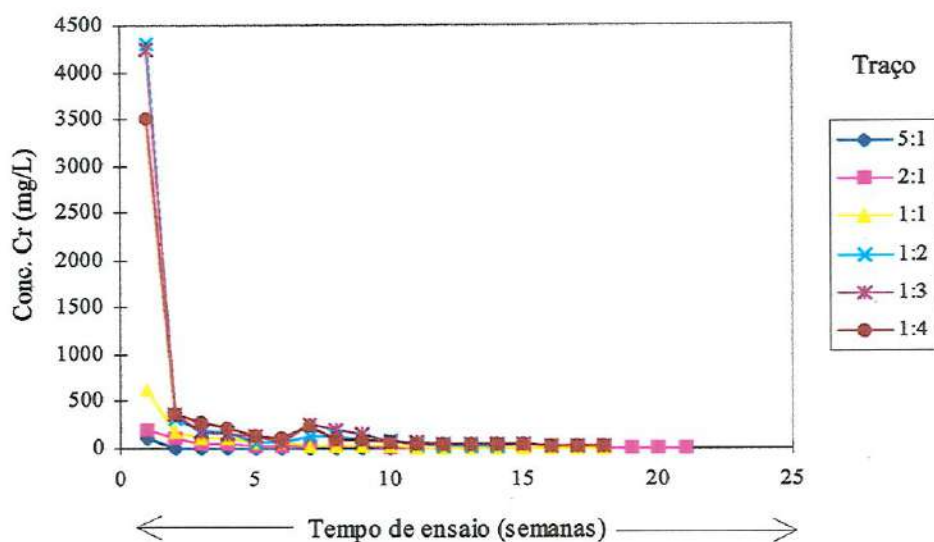


FIGURA 6.28 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4

Lodo empregado: C

Neste caso, todos os traços já a partir da 5^a semana, apresentaram um comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, próximo do linear. Apenas os traços 1:2, 1:3 e 1:4 apresentaram nas duas primeiras semanas concentrações de cromo em torno de 500 mg L^{-1} , diminuindo com o tempo de ensaio e se adequando a uma distribuição linear.

Com os dados das TABELAS C. 2, C. 8, C.14, C.20, C.26 e C.32, para o tempo de cura de 28 dias, construiu-se a FIGURA 6.29.

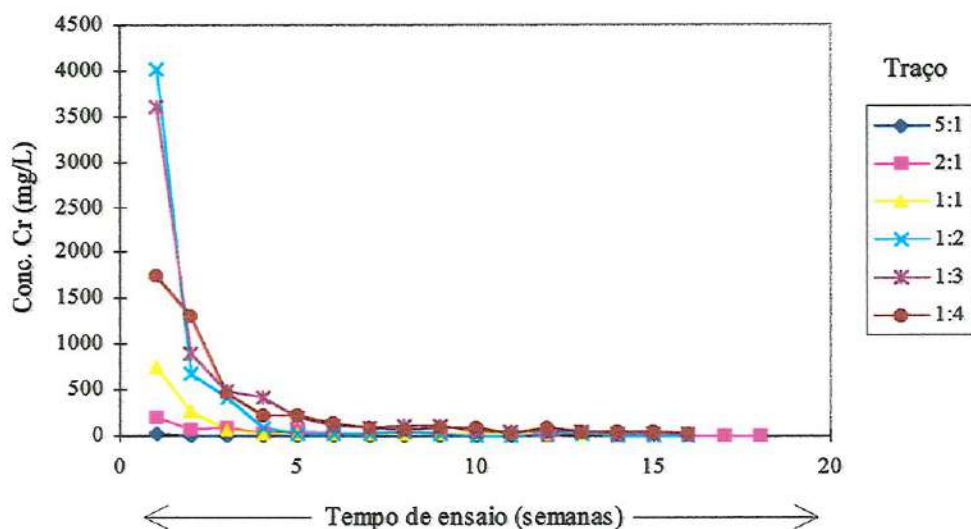


FIGURA 6.29 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 28 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: C

Apesar dos traços apresentarem, a partir da 5ª semana, um comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, linear, nas semanas anteriores houveram variações bem mais evidentes, que no tempo de cura anterior, na maioria dos traços. As maiores variações ocorreram nos traços 1:2, 1:3 e 1:4.

Com os dados das TABELAS C. 3, C. 9, C.15, C.21, C.27 e C.33, para o tempo de cura de 90 dias, construiu-se a FIGURA 6.30.

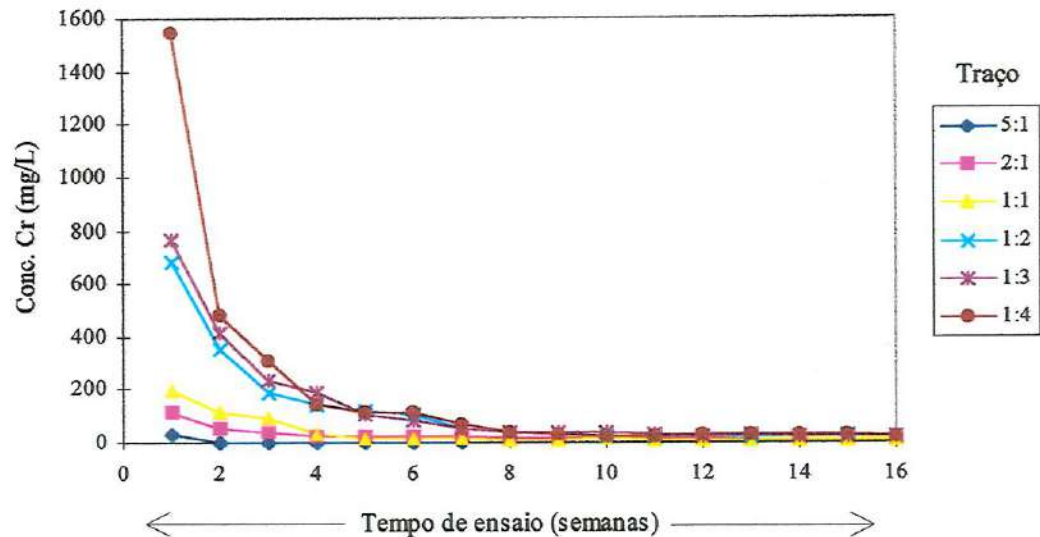


FIGURA 6.30 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: C

As concentrações de Cr, no solubilizado dos corpos de prova moldados com o lodo C, apresentaram um comportamento dos traços, para o tempo de cura de 90 dias, que se ajustaram mais a uma distribuição exponencial, considerando a concentração do Cr variando de 0 a 1000 mg L^{-1} . Verificou-se que esse comportamento, em todos os traços, assemelha-se para todo o tempo de ensaio.

Com os dados das TABELAS C. 4, C.10, C.16, C.22, C.28 e C.34, para o tempo de cura de 365 dias, construiu-se a FIGURA 6.31.

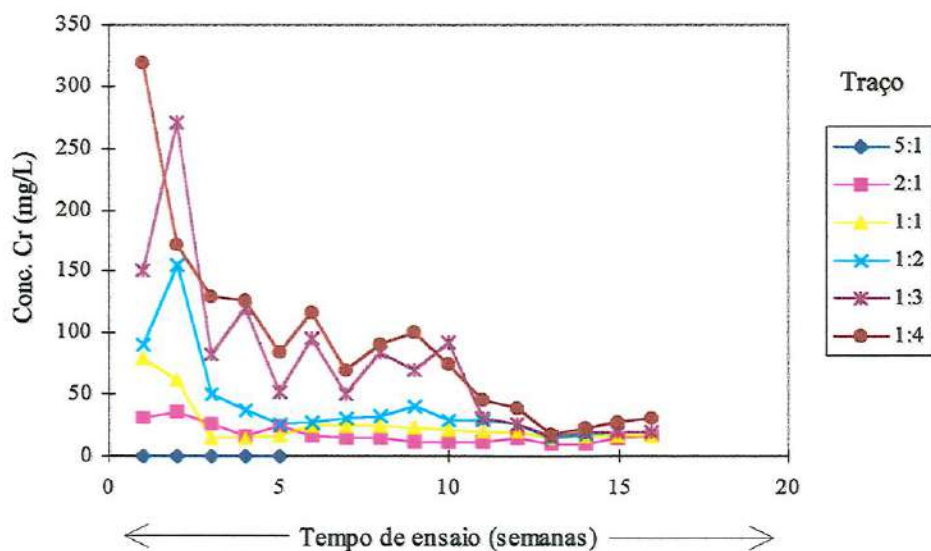


FIGURA 6.31 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 365 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: C

As concentrações de Cr, no solubilizado, para os corpos de prova moldados com o lodo C, para o tempo de cura de 365 dias, sofreram muitas e desordenadas variações, com exceção do traço 5:1 que foi analisado apenas para a 5ª semana, ocasião em que a concentração de Cr obtida ficou abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987).

Concluindo e analisando o comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, para os corpos de prova moldados com o lodo C e com os traços estudados, verifica-se que ocorreram grandes variações nos vários tempos de cura.

Com os dados das TABELAS D. 1, D. 7, D.13, D.19, D.25 e D.31, para o tempo de cura de 7 dias, construiu-se a FIGURA 6.32:

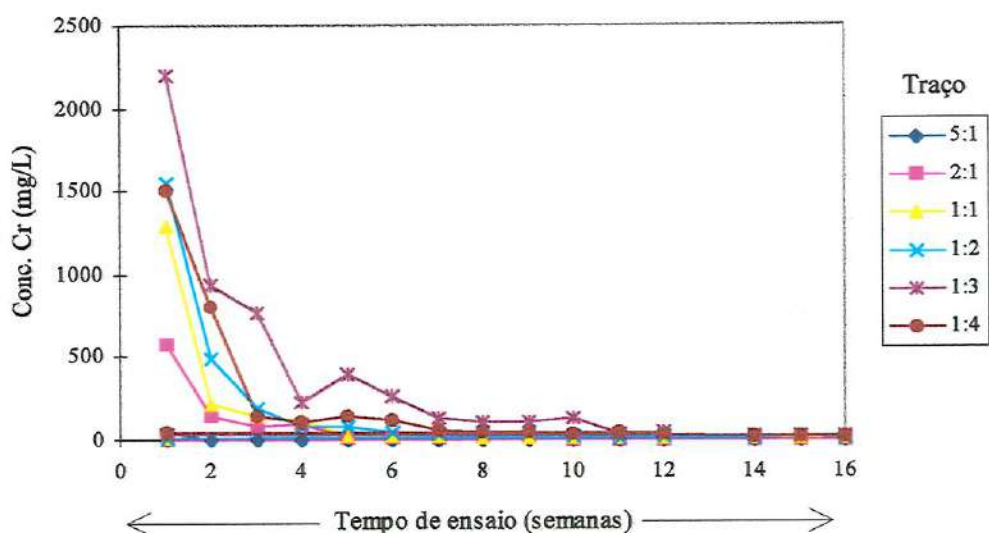


FIGURA 6.32 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4

Lodo empregado: D

Nos ensaios de solubilização múltipla, para as condições dadas pelas TABELAS D. 1, D. 7, D.13, D.19, D.25 e D.31, apenas o traço 5:1 apresentou um comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, linear já nas primeiras semanas de ensaio. Os demais traços apresentaram variações, se adequando a uma distribuição linear nas últimas semanas de ensaio, sendo que o traço 1:3 apresentou um comportamento do solubilizado, mais irregular.

Com os dados das TABELAS D. 2, D. 8, D.14, D.20, D.26 e D.32, para o tempo de cura de 28 dias, construiu-se a FIGURA 6.33.

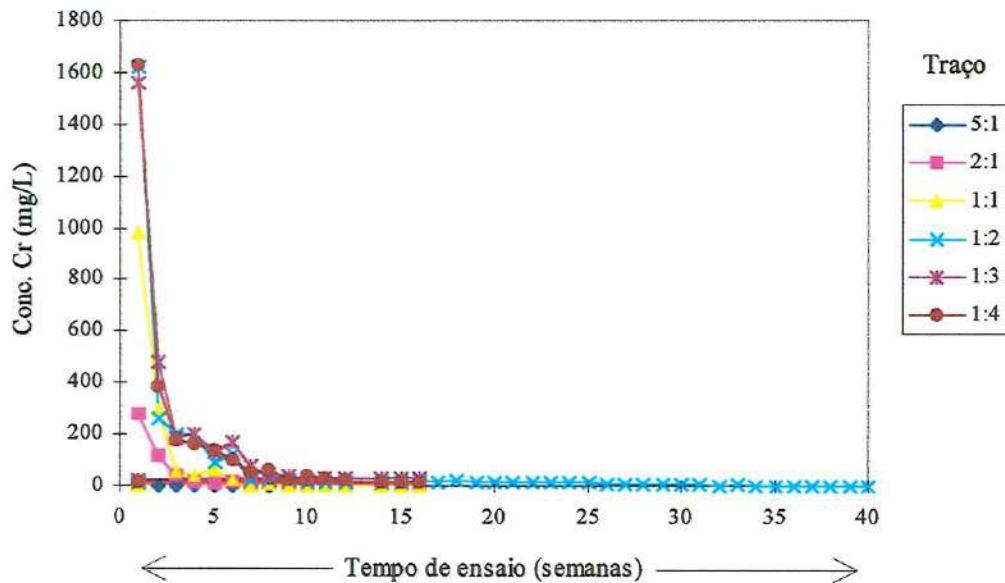


FIGURA 6.33 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4

Lodo empregado: D

Neste caso, os traços já a partir da 7ª semana, apresentaram um comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, próximo do linear, para uma concentração de Cr entre 0 e 100 mg L^{-1} .

Com os dados das TABELAS D. 3, D. 9, D.15, D.21, D.27 e D.33, para o tempo de cura de 90 dias, construiu-se a FIGURA 6.34.

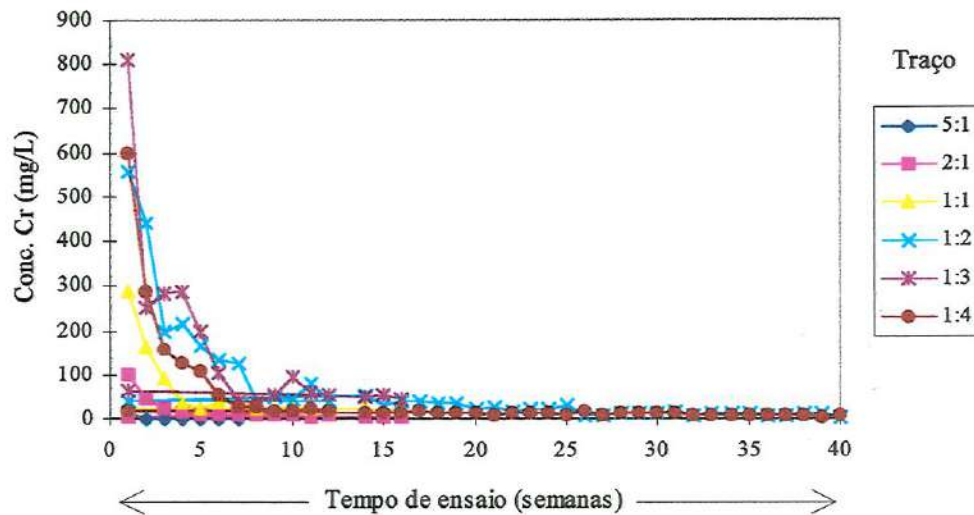


FIGURA 6.34 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Tempo de cura do corpo de prova: 90 dias
 Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
 Lodo empregado: D

Nos ensaios de solubilização múltipla, para as condições dadas pelas TABELAS D. 3, D. 9, D.15, D.21, D.27 e D.33, apenas os traços 5:1 e 2:1 apresentaram comportamento do solubilizado, em termos de concentrações, que se aproximou de uma distribuição linear, no período em que foram analisados. Os demais apresentaram variações, no período de análise, sendo que os traços 1:4 e 1:2 se aproximaram de uma distribuição linear a partir de um certo tempo de ensaio. No entanto, a variação no comportamento dificultou uma análise mais aprofundada.

Com os dados das TABELAS D. 4, D.10, D.16, D.22, D.28 e D.34, para o tempo de cura de 365 dias, construiu-se a FIGURA 6.35

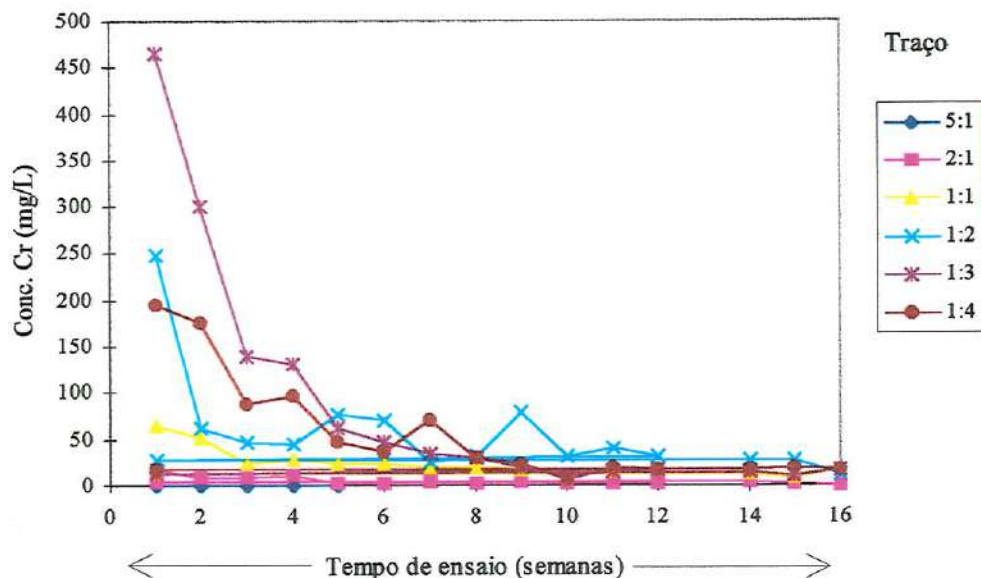


FIGURA 6.35 - Resultados obtidos da concentração de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4

Lodo empregado: D

De todos os tempos de cura anteriormente analisados, esse foi o que apresentou maiores variações no comportamento do solubilizado, em termos de concentrações. Os traços 1:2, 1:3 e 1:4 foram os que variaram, no período analisado. Os traços 1:1 e 2:1 se aproximaram de uma distribuição linear logo nas primeiras semanas de ensaio. O traço 5:1 foi analisado em um período de quatro semanas, ocasião em que a concentração de Cr do solubilizado se encontrou abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987).

Concluindo, no caso da análise dos traços quando se emprega corpos de prova moldados com o lodo D, ocorreram variações como nos demais casos analisados anteriormente

6.5 - Solubilização múltipla e lixiviação do cimento puro

Conforme pode ser verificado na TABELA 5.14 não se detectou a presença de nenhum metal nas análises efetuadas com a água destilada empregada nos ensaios de lixiviação e solubilização.

O objetivo principal da realização dos ensaios de solubilização múltipla e lixiviação de corpos de prova confeccionados com cimento puro, era verificar a possível contribuição de metais presentes, nos extratos dos ensaios com o cimento. Conforme pode ser verificado nas TABELAS E. 1, E. 2, E. 3 e E. 4, nos extratos da solubilização, detectou-se a presença de Zn, Cu e Cr. As concentrações de Cr, algumas vezes, encontrava-se acima do limite máxima estipulado pela NBR 10.004 (1987). De maneira geral, (para os tempos de cura de 28, 90 e 365 dias) após duas semanas de ensaios as concentrações de Cr, no solubilizado, estavam abaixo do referido limite. Para o tempo de cura de 7 dias (TABELA E. 1) foram necessárias seis semanas para que a concentração de Cr no extrato solubilizado ficasse abaixo do referido limite.

Comparando-se os resultados obtidos das concentrações dos outros metais, quando da análise dos extratos solubilizados do cimento puro e das matrizes solidificadas e moldadas com lodo, verifica-se que as concentrações desses metais no cimento foi muito pequena.

Isso leva a concluir que uma possível contribuição dos metais do cimento nos extratos solubilizados e lixiviados, dos corpos de prova moldados com os diferentes lodos, é muito pequena, podendo ser evidenciado no caso dos lodos C e D empregados.

No ensaio de lixiviação do cimento puro, conforme pode ser evidenciado na TABELA E. 6, detectou-se a presença de Zn, Mn, Cu e Cr. Dos metais detectados, somente o Cr possui limite estabelecido pela NBR 10.004 (1987). No entanto vale lembrar que, para todos os tempos de cura fixados para os corpos de prova moldados com cimento puro, as concentrações de Cr no lixiviado encontravam-se abaixo do limite estabelecido.

6.6 - Ensaio de absorção de água das matrizes solidificadas

Com o intuito de se ampliar o conhecimento acerca dos corpos de prova moldados com os quatro tipos de lodos estudados, foram realizados ensaios de absorção de água, para os traços 5:1, 1:1 e 1:4 (relação cimento/resíduo, em massa).

Analisando-se os dados constantes da TABELA 5.12 concluiu-se que quanto mais rico o traço em cimento (traço 5:1), menor a absorção de água pelo corpo de prova. Dos quatro tipos de lodos ensaiados, através de corpos de prova moldados em matrizes cimentícias verifica-se que o lodo seco a 110°C e 250°C e moído (C) foi o que apresentou as menores absorções de água. Isto se deve provavelmente a uma melhor cristalização da matriz, e ao fato de se trabalhar com um material mais fino e com menor concentração de matéria orgânica.

Com a finalidade de se verificar a influência da impregnação com a resina poliuretânica à base de óleo de mamona na absorção de água, foram moldados corpos de prova com os lodos A, B, C e D, para o traço 1:1.

A impregnação dos corpos de prova com resina poliuretânica à base de óleo de mamona para o traço 1:1 (I) mostrou-se eficiente, diminuindo a absorção de água, quando comparada com o mesmo traço 1:1, sem impregnação (TABELA 5.12), o que indica a eficiência da impregnação com a resina.

6.7 - Resistência à compressão dos bloquetes

Conforme descrito no item 4.4 do capítulo 4, foram moldados bloquetes com a finalidade de se verificar a aplicabilidade das argamassas de cimento e lodo na Construção Civil.

Com os dados constantes da TABELA 5.15 e da FIGURA 5.14 verifica-se, de maneira geral, aumento na resistência dos bloquetes moldados com o tempo de cura.

Foram moldados bloquetes com argamassa de cimento e areia lavada e brita nº 1 (BQ₁), bloquetes com argamassa de cimento, areia lavada e lodo de curtume seco a 110°C e brita nº 1 (BQ₂), bloquetes com argamassa de cimento e areia lavada e lodo de curtume úmido e brita nº 1 (BQ₄) para um estudo comparativo de resistência à compressão.

Dos ensaios realizados pode-se verificar que os bloquetes moldados com lodo na argamassa, apresentaram menores resistências que os bloquetes moldados com argamassa de cimento e areia lavada somente.

Foram igualmente moldados bloquetes com argamassa de cimento, areia de fundição e lodo de curtume. Também neste caso a resistência caiu quando se comparou os resultados dos bloquetes moldados sem o lodo.

Os resultados obtidos demonstraram que as resistências dos bloquetes confeccionados com lodo ao cromo de curtume seco a 110°C foram muito próximas às obtidas com os confeccionados com o lodo ao cromo úmido. Estes resultados apontam para a possibilidade de aplicação do lodo ao cromo úmido, ampliando e facilitando, deste modo, sua utilização no canteiro de obras.

Na TABELA 6.1 procurou-se comparar os resultados obtidos no presente trabalho com os obtidos no trabalho realizado por OLIVEIRA (1996), verificando-se a influência da adição do lodo ao cromo.

TABELA 6.1 - Resultados comparativos dos ensaios de resistência à compressão dos bloquetes confeccionados no presente trabalho e no trabalho realizado por OLIVEIRA (1996)

Parâmetro	Resistência à compressão (MPa)				
	obtida presente pesquisa			obtida por OLIVEIRA (1996)	
	BQ ₁	BQ ₃	BQ ₅	BQ _{AL}	BQ _{AF}
7 dias	27,0	7,0	4,0	-	-
28 dias	37,0	11,0	10,0	39,8	24,2
90 dias	50,0	17,0	10,0	43,5	29,3

BQ₁ - Bloquete confeccionado com areia comum lavada

BQ₃ - Bloquete confeccionado com lodo ao cromo seco e areia de fundição

BQ₅ - Bloquete confeccionado com lodo ao cromo úmido e areia de fundição

BQ_{AL} - Bloquete confeccionado com areia comum lavada

BQ_{AF} - Bloquete confeccionado com areia de fundição

Através dos resultados apresentados na TABELA 6.1 verifica-se que os valores de resistência, obtidos para os bloquetes confeccionados com areia comum lavada, tanto para o presente trabalho quanto para o trabalho realizado por OLIVEIRA (1996) estão bem próximos. O mesmo não aconteceu com os resultados obtidos nos bloquetes nos quais se introduziu a areia de fundição, embora no presente caso se tenha adicionado o lodo, pois os resultados obtidos por OLIVEIRA (1996) foram superiores aos obtidos na presente pesquisa.

Isto mostra claramente, para todos os ensaios, que houve influência na resistência dos bloquetes moldados com argamassa de cimento e areia de fundição, lodo ao cromo e brita nº 1.

A NBR 9781 (1987) estipula que a resistência do bloquete deve ser maior ou igual a 35 MPa, para solicitações normais de tráfego.

Verifica-se dos dados de resistência à compressão contidos na TABELA 5.15 que, para o bloquete confeccionado com lodo ao cromo seco a 110°C, a resistência aos 90 dias foi de 28 MPa, enquanto que, para o bloquete confeccionado com lodo ao cromo úmido foi de 22 MPa. Comparando-se estes valores com o limite estipulado pela NBR 9781 (1987) verifica-se que embora eles sejam menores, porém apresentaram tendência de crescimento com o tempo de cura.

Por exemplo o bloquete confeccionado com lodo ao cromo seco a 110°C (BQ₂) apresentou aos 7 dias uma resistência de 9,0 MPa, aos 28 dias, de 18 MPa e aos 90 dias, de 28 MPa.

O bloquete confeccionado com lodo ao cromo úmido (BQ₄) apresentou aos 7 dias uma resistência de 11,0 MPa, aos 28 dias, de 18 MPa e aos 90 dias, de 22 MPa, valores sensivelmente menores que os anteriores quando se moldou os bloquetes com lodo úmido. Uma vez mais evidencia-se o efeito da temperatura na resistência à compressão.

6.8 - Lixiviação e solubilização múltipla dos bloquetes

Foram desenvolvidos ensaios de lixiviação e de solubilização múltipla dos bloquetes para verificação da possível passagem de metais dos bloquetes para o ambiente.

Com os dados dos ensaios de lixiviação dos bloquetes confeccionados, que se encontram no ANEXO F, TABELAS F. 5, F.10, F.15, F.20 e F.25, construiu-se a FIGURA 6.36.

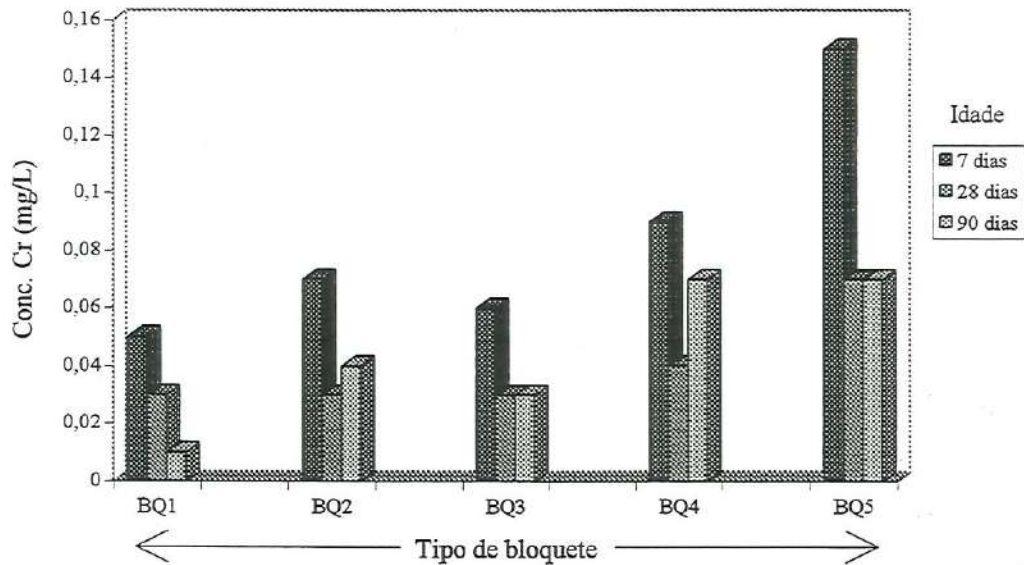


FIGURA 6.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Amostra empregada: BQ₁, BQ₂, BQ₃, BQ₄, BQ₅

Conforme pode ser verificada pela FIGURA 6.36, todos os valores obtidos das concentrações de Cr do lixiviado se encontraram abaixo de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$, limite fixado pela NBR 10.004 (1987).

Os resultados dos ensaios de solubilização múltipla, que se encontram nas TABELAS e FIGURAS do ANEXO F, demonstraram que, em todos os bloquetes ensaiados, na segunda semana de extração, os resultados obtidos se encontraram abaixo de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$, que é o limite fixado pela NBR 10.004 (1987).

Os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização múltipla apontaram para um não comprometimento do meio ambiente, quando da disposição dos bloquetes confeccionados no presente trabalho.

6.9 - Abrasão Los Angeles dos bloquetes confeccionados

Foram realizados ensaios de abrasão Los Angeles dos bloquetes confeccionados, descritos no item 4.4 do Capítulo 4. A realização deste ensaio teve como finalidade esclarecer à respeito do comportamento ou da influência dos lodos de curtume e da areia de fundição empregados no desgaste sofrido pelo bloquete.

Conforme pode ser verificado na TABELA 5.16, para os bloquetes confeccionados com lodo ao cromo seco e com o lodo ao cromo úmido, os valores de abrasão foram de 47,3 % e de 39,5 %, respectivamente.

Os resultados obtidos permitem concluir que os valores foram muito próximos aos obtidos para o bloquete moldado sem lodo e com areia comum lavada (41,9%), tendo, teoricamente, o mesmo comportamento, podendo-se concluir que a utilização do lodo de curtume não restringe a possibilidade de uso desses elementos em relação ao desgaste que apresentam.

Na TABELA 6.2 procurou-se comparar os resultados de abrasão Los Angeles obtidos no presente trabalho com os obtidos pelo trabalho realizado por OLIVEIRA (1996).

TABELA 6.2 - Resultados comparativos dos ensaios de abrasão Los Angeles obtidos no presente trabalho e no trabalho realizado por OLIVEIRA (1996)

Dados dos ensaios de abrasão Los Angeles (%)				
presente trabalho			OLIVEIRA (1996)	
BQ ₁	BQ ₃	BQ ₅	BQ _{AL}	BQ _{AF}
41,9	40,7	33,8	40,7	39,0

BQ₁ - Bloquete confeccionado com areia comum lavada

BQ₃ - Bloquete confeccionado com lodo ao cromo seco e areia de fundição

BQ₅ - Bloquete confeccionado com lodo ao cromo úmido e areia de fundição

BQ_{AL} - Bloquete confeccionado com areia comum lavada

BQ_{AF} - Bloquete confeccionado com areia de fundição

Pelos resultados apresentados na TABELA 6.2 verifica-se que os valores de abrasão, obtidos para o bloquete confeccionado com areia comum lavada, tanto para o presente trabalho quanto para o trabalho realizado por OLIVEIRA (1996) estão bem próximos (41,9 e 40,7 %, respectivamente). O mesmo ocorreu com os resultados obtidos nos bloquetes nos quais se introduziu a areia de fundição.

Os bloquetes confeccionados com o lodo ao Cromo de curtume úmido (BQ₄) apresentaram o resultado de 39,5% no ensaio de abrasão Los Angeles. Valor este inferior ao estipulado pela NBR 7211 - Agregado para concreto (1983) segundo a qual, a abrasão Los Angeles determinada de acordo com a NBR 6465 (1984) deverá ser inferior a 50%, em peso, do material.

6.10 - Lixiviação e solubilização múltipla dos corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização múltipla, com tempo de cura de 14 dias, dos corpos de prova impregandos com resina poliuretância à óleo de mamona e dos corpos de prova sem impregação (corpos de prova de controle) . As características da resina foram apresentadas no item 3.4 do capítulo 3. Foram moldados corpos de prova com os lodos A, B, C e D, no traço 1:1. Após o tempo de cura, os corpos de prova foram secos a 110°C e depois impregnados com a resina. Os resultados se encontram nas TABELAS e FIGURAS A .42, A .43, A .44, A .45, B.37, B.38, B.39, B.40, B.41,B.42, C.37, C.38, C.39, C.40, D.37, D.38, D.39, D.40, D.41 e D.42.

Foram realizados ensaios em corpos de prova confeccionados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona pura, com a finalidade de se verificar a influência nas concentrações de metais do solubilizado e do lixiviado.

Dos resultados obtidos com os ensaios realizados com corpos de prova confeccionados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona (TABELAS E. 7, E. 8 e E. 9) verifica-se, para a Solubilização Múltipla, que os metais detectados (Zn, Fe, Cu e Cr) no solubilizado encontravam-se em concentrações abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987). No lixiviado foram detectados os metais Zn e

Cr, mas as concentrações de metais, também, apresentaram concentrações abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987).

Isto leva a concluir que uma possível contribuição dos metais da resina poliuretânica à base de óleo de mamona nos extratos solubilizados e lixiviados, dos corpos de prova impregnados, é muito pequena.

São apresentadas, a seguir, as FIGURAS 6.37 à 6.41, resultantes dos ensaios de solubilização múltipla para o Cromo, realizados com corpos de prova sem impregnação (controle) e impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona, segundo orientações obtidos em SILVA (1996).

Com os dados das TABELAS A.42 e A.43 construiu-se a FIGURA 6.37, para o tempo de cura de 14 dias.

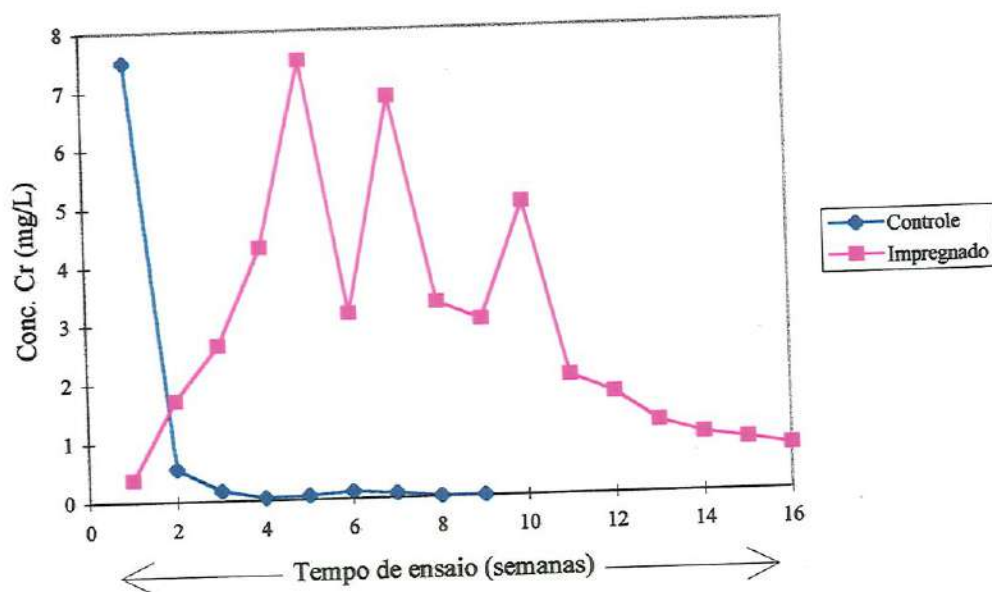


FIGURA 6.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
 Idade do corpo de prova: 14 dias
 Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação (controle) e impregnado com resina de mamona
 Lodo empregado: A

Com os dados das TABELAS B.37 e B.40 construiu-se a FIGURA 6.38, para o tempo de cura de 14 dias.

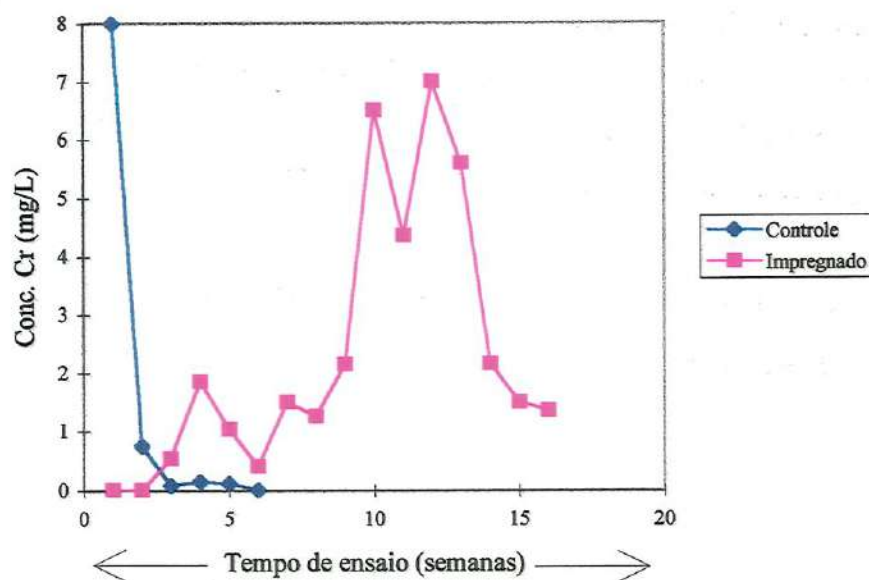


FIGURA 6.38 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação (controle) e impregnado com resina de mamona
Lodo empregado: B

Com os dados das TABELAS C.37 e C.38 construiu-se a FIGURA 6.39, para o tempo de cura de 14 dias.

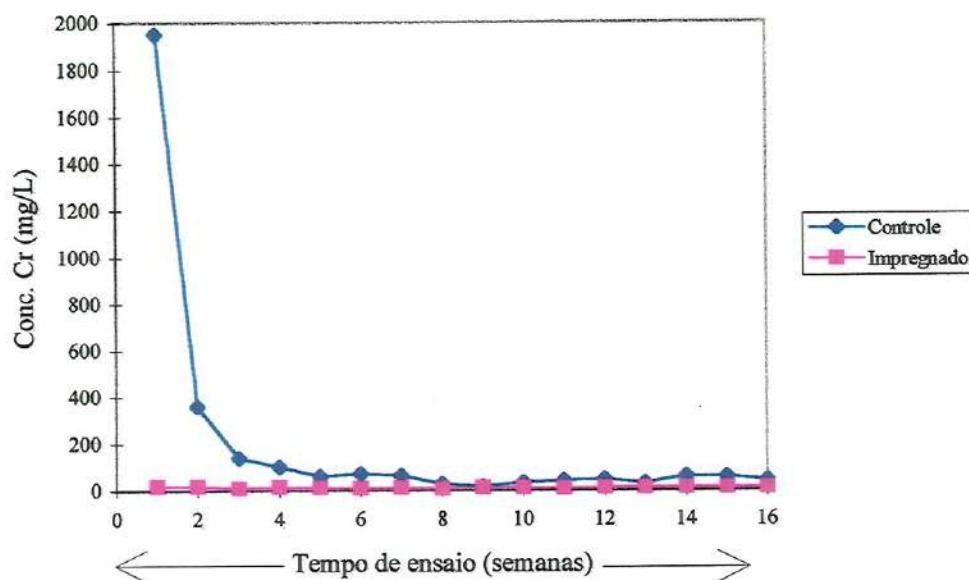


FIGURA 6.39 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação (controle) e impregnado com resina de mamona
Lodo empregado: C

Com os dados das TABELAS D.37 e D.40 construiu-se a FIGURA 6.40, para o tempo de cura de 14 dias.

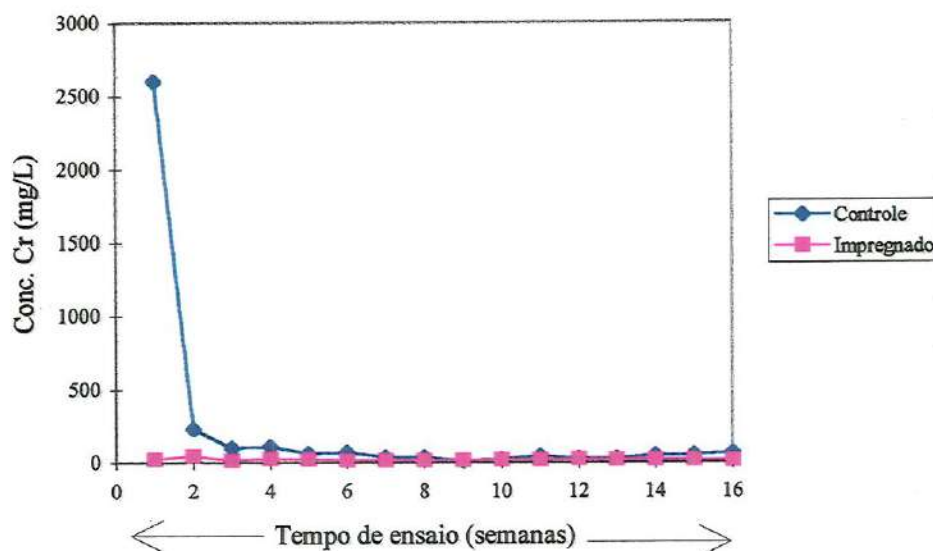


FIGURA 6.40 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação (controle) e impregnado com resina de mamona

Lodo empregado: D

Analisando-se as FIGURAS 6.37 e 6.38, para os corpos de prova moldados com os lodos A e B, respectivamente, verifica-se uma variação grande nas concentrações de Cromo no solubilizado, dos corpos de prova impregnados. Os corpos de prova moldados com os lodos C e D (FIGURAS 6.39 e 6.40), impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona apresentaram sensível redução da concentração de Cr do solubilizado. Estes resultados poderiam ser explicados pelo preenchimento dos poros do corpo de prova pela resina, impedindo assim a passagem do Cr, do corpo de prova para o extrato da solubilização.

A FIGURA 6.41 procura relacionar as concentrações de Cr do solubilizado, dos corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona, tempo de cura de 14 dias, com o tipo de lodo utilizado na moldagem dos corpos de prova.

A FIGURA 6.41 relaciona a concentração de Cr, obtida nos ensaios de solubilização múltipla, para os corpos de prova impregnados com resina poliuretana à base de óleo de mamona, com o tipo de lodo utilizado.

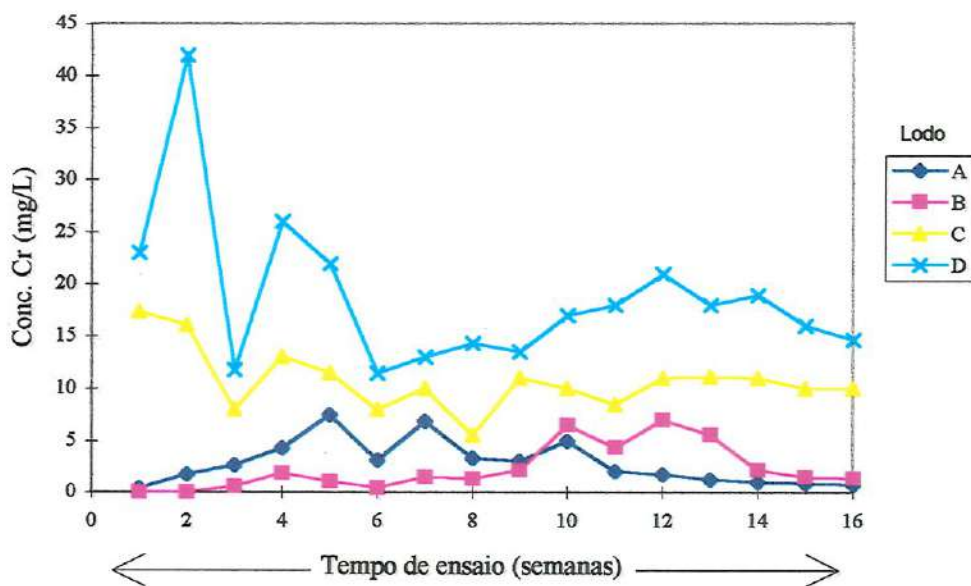


FIGURA 6.41 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina de mamona

Lodo empregado: A, B, C, D

Através da FIGURA 6.41 verifica-se uma tendência de aumento na concentração do Cr do solubilizado, dos corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona, com a queima do lodo a 250°C (lodos A e B para os lodos C e D).

Com a finalidade de se verificar a influência da impregnação, com a resina, nos resultados de lixiviação e solubilização múltipla, foram moldados corpos prova de controle (sem impregnação).

Apresenta-se a seguir, a TABELA 6.3, confeccionada com os resultados dos ensaios de Lixiviação realizados com corpos de prova sem impregnação (controle) e impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona, para os lodos A, B C e D, traço 1:1 e tempo de cura de 14 dias.

TABELA 6.3 - Comparação entre os resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}), no ensaio de lixiviação, para os corpos de prova sem impregnação (controle) e impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona, para as condições:

Tempo de cura do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A, B, C e D

Tipo de lodo	Conc. Cr (mg L^{-1})	
	Controle	Impregnado
A	0,08*	nd
B	2,06	nd
C	150,00**	0,22
D	252,00	2,10

* dado obtido da TABELA A.18, pois não foi possível realizar o ensaio de Lixiviação devido à perda de corpo de prova, quando da retirada das fôrmas. Corpo de prova com 7 dias de cura.

** dado obtido da TABELA C.18, pois não foi possível realizar o ensaio de Lixiviação devido à perda de corpo de prova, quando da retirada das fôrmas. Corpo de prova com 7 dias de cura.

Verifica-se para os lodos A e B, que apesar das concentrações de Cr dos corpos de prova de controle estarem abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), houve um bloqueio completo da passagem do Cr presente no corpo de prova para o extrato lixiviado.

Para os lodos C e D, as concentrações de Cr dos corpos de prova de controle eram muito superiores ao limite estipulado pela NBR 10.004 (1987). Com a impregnação, estes valores passaram a ficar abaixo deste limite, confirmando a eficiência da impregnação com a resina poliuretânica à base de óleo de mamona na impermeabilização do corpos de prova.

Isto pode ser um bom indicativo das vantagens de se impregnar as peças com a resina em apreço.

6.11 - Resistência à compressão dos corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

As resistências à compressão dos corpos de prova impregnados com a resina poliuretânica à base de óleo de mamona foram sensivelmente superiores as resistências à compressão dos corpos de prova de controle (sem impregnação), sendo que todos os corpos de prova foram moldados nas mesmas condições. Conforme foi mencionado no item 3.4, a resina poliuretânica à base de óleo de mamona apresenta resistência à compressão, contribuindo desta forma para um aumento da área efetiva de trabalho do corpo de prova, e conseqüentemente para o aumento da resistência do mesmo.

Para os corpos de prova moldados com o lodo A, houve um acréscimo dos valores da Resistência à Compressão dos impregnados em 19%, em relação aos corpos de prova de controle. Para os corpos de prova moldados com o lodo B, este acréscimo foi de 25%. Para os corpos de prova moldados com o lodo C de 20% e para os corpos de prova moldados com o lodo D de 22%. Portanto, a impregnação possibilitou um acréscimo de Resistência das matrizes impregnadas em relação às de controle, em 21,5% em média.

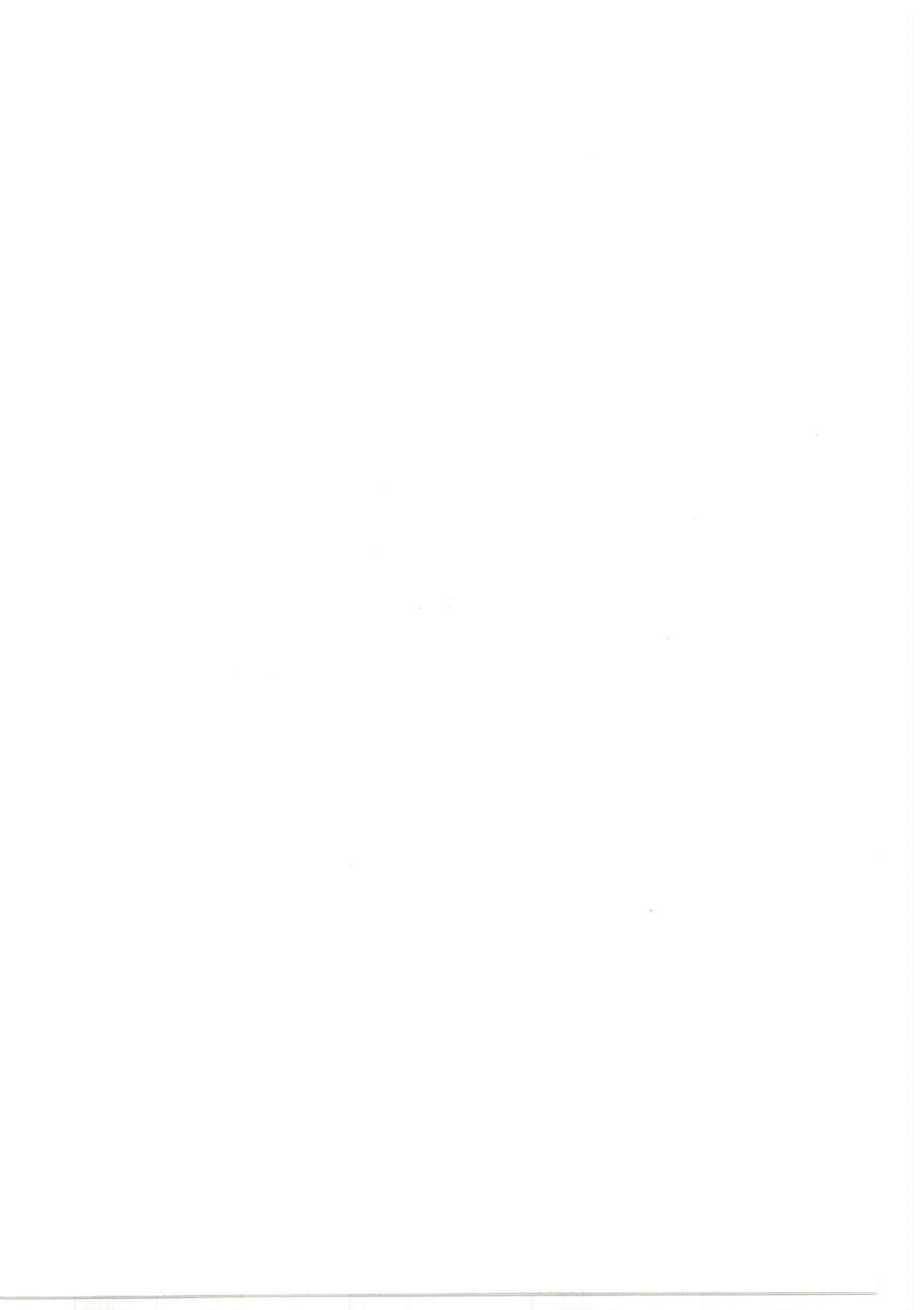
6.12 - pH

Conforme pode ser verificado através dos resultados de solubilização múltipla contidos nos ANEXOS, com as sucessiva extrações, ocorreu, de forma geral, uma diminuição dos valores do pH, com o decorrer dos ensaio.

6.13 - Difractometria de raios X

Foram realizados ensaios de difratometria de raios X com o intuito de se detectar os possíveis compostos presentes no cimento, especialmente os compostos de cromo, nos lodos estudados e nos bloquetes. Como foram utilizados diversos materiais, na confecção dos bloquetes, procurou-se detectar, através deste ensaio, os compostos obtidos após as interações entre estes materiais.

Os principais compostos obtidos foram listados nas TABELAS 5.17 e 5.18. Conforme pode ser verificado nestas TABELAS, através deste ensaio detectou-se em poucas amostras a presença de compostos de cromo. Uma das dificuldades encontradas na realização deste ensaio, para o caso dos bloquetes moldados, foi a necessidade de peneiramento da amostra, já que devido à presença da brita nº 1 utilizada, não foi possível a moldagem de pastilhas, usualmente utilizada neste ensaio. O peneiramento das amostras deve ter influenciado nos resultados obtidos. Portanto, para a presente pesquisa, concluiu-se que este ensaio não respondeu à expectativa inicial esperada.



7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos, após dois anos e meio de estudos sobre a solidificação de lodo ao Cromo de curtume, demonstraram a viabilidade do uso desta técnica, para a disposição final deste tipo de lodo. Os valores obtidos nos ensaios de solubilização múltipla, lixiviação e resistência mecânica à compressão dos corpos de prova e dos bloquetes confeccionados mostraram que a disposição deste lodo em matrizes solidificadas não decorre problemas maiores com o ambiente.

Procurou-se, pelo exposto nos capítulos anteriores, dar uma visão sobre as características do lodo em estudo, as diferenças obtidas com o peneiramento e a queima a 110°C e a 250°C, os problemas com o ressecamento rápido da mistura e as soluções para isto, e apontar caminhos a serem seguidos em novos experimentos.

São apresentados, a seguir, as principais conclusões obtidas dos experimentos realizados:

7.1 - Conclusões

- A realização dos ensaios preliminares mostrou-se muito importante, como norteador dos caminhos a serem seguidos, durante o desenvolvimento da presente pesquisa;
- através do teste realizado com a utilização de vaselina sólida, para untar as fôrmas menores, concluiu-se que houve um decréscimo nos valores dos metais analisados dos extratos de solubilização múltipla, realizado para o lodo A, com os tempos de cura de 28 e 90 dias, traço 1:1 (relação/resíduo em massa). Provavelmente a vaselina atue como impermeabilizante, ocupando os poros do corpo de prova e diminuindo desta forma a transferência do Cromo do mesmo para o extrato;

- os resultados dos ensaios de resistência mecânica à compressão das matrizes confeccionadas com lodo foram proporcionais aos traços e tempos de cura das matrizes. Ou seja, quanto mais rico o traço de cimento e maior o tempo de cura da matriz, melhor a sua resistência. Verificou-se, também, um aumento da resistência com a queima do lodo ao Cromo de curtume a 250°C, provavelmente devido a eliminação da matéria orgânica presente no lodo em estudo, nas diferentes formas;
- os valores obtidos nos ensaios de lixiviação, realizados com os corpos de prova moldados com os lodos A e B, em nenhum dos traços estudados, ultrapassaram os limites fixados pela NBR 10.004 (1987). Para os lodos C e D, praticamente todos os valores ultrapassaram os referidos limites, com exceção, para o lodo C, do traço 5:1 aos 28, 90 e 365 dias e para o traço 2:1 aos 90 dias de cura. Através destes resultados, concluí-se que os corpos de prova confeccionados com o lodo D não atenderam aos limites estabelecidos pela NBR 10.004 (1987), em todos os traços e tempos de cura. Os corpos de prova confeccionados com o lodo C atenderam à NBR 10.004 (1987) quando moldados com o traço 5:1 (tempo de cura do corpo de prova superior aos 28 dias) e com o traço 2:1 (tempo de cura do corpo de prova superior a 90 dias). Os corpos de prova moldados com os lodos A e B apresentaram concentrações do lixiviado abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), para todos os traços e tempo de cura;
- os corpos de prova moldados com os lodos A e B foram os que apresentaram comportamento no lixiviado, em termos de suas concentrações, mais estável para todos os traços estudados, enquanto os corpos de prova moldados com os lodos C e D apresentaram, para os mesmos traços, variações no lixiviado, em termos de suas concentrações, embora pequenas;



- verificou-se, durante o experimento, ser o ensaio de solubilização o mais “crítico” do ponto de vista da garantia das matrizes formadas não contaminarem o meio ambiente. Baseando-se nos resultados obtidos, concluiu-se que os corpos de prova moldados com o lodo A atenderam aos limites fixados pela NBR 10.004 (1987), para os traços 5:1, 2:1 e 1:1, pois na maioria dos resultados, em quatro semanas os valores obtidos encontravam-se abaixo do referido limite, podendo desta maneira enquadrar as matrizes, segundo a NBR 10.004 (1987), na categoria dos resíduos não perigosos - inertes (classe III). Os corpos de prova confeccionados com o lodo B, também atenderam aos limites estipulados, para os traços 5:1, 2:1, 1:1 e 1:2, podendo, também, para estes traços serem classificados como classe III - inertes. Os corpos de prova confeccionados com os lodos C e D somente atenderam aos limites fixados pela NBR 10.004 (1987) para o traço 5:1, podendo as matrizes, somente para este traço, serem classificadas como classe III - inertes, para os demais traços, mesmo com 16 semanas os valores encontravam-se acima do referido limite, apesar da grande diferença observada, de uma forma geral, entre o valor obtido na primeira e na segunda semana. Ficou também evidente, pelos resultados obtidos, a importância do peneiramento na utilização do lodo de curtume para a moldagem de corpos de prova. Os melhores resultados, em relação aos traços estudados, foram obtidos com os corpos de prova confeccionados com os lodos A e B, moldados com os traços 5:1 e 2:1 (relação cimento-resíduo, em massa);
- não se detectou a presença de nenhum metal nas análises efetuadas com a água destilada empregada nos ensaios de lixiviação e solubilização;
- a realização dos ensaios de solubilização e lixiviação com o cimento puro empregado no presente trabalho, possibilitou verificar a presença de Zn, Cu e Cr, nos extratos solubilizados. Em algumas análises, as concentrações de Cr no solubilizado encontravam-se acima do limite máximo estipulado pela NBR 10.004 (1987). De uma maneira geral (para os tempos de cura de 28, 90 e 365 dias), após duas semanas de ensaio as concentrações enquadravam-se no referido limite. No lixiviado detectou-se a presença dos metais Zn, Mn, Cu e Cr, mas as concentrações obtidas atenderam ao limite fixado pela NBR 10.004 (1987);

- através dos dados obtidos com os ensaios de absorção de água por imersão, concluiu-se que os melhores resultados foram obtidos com os corpos de prova moldados com o lodo C, que teve para o traço 5:1 uma absorção de 25,7 %, para o traço 1:1, 37,4% e para o traço 1:4, 44,5% de absorção. A impregnação dos corpos de prova com resina poliuretânica à base de óleo de mamona mostrou-se eficiente, reduzindo a absorção de água, em média em 20%;
- apesar das resistências à compressão dos bloquetes se encontrarem abaixo da resistência característica estipulada pela NBR 9781 (1987) que é de 35 MPa, para solicitações normais de tráfego, para o bloquete confeccionado com lodo seco a 110°C, obteve-se, aos 90 dias de cura, resistência de 28 MPa. Os resultados obtidos foram considerados animadores pois, verificou-se uma tendência de crescimento da resistência com o tempo de cura;
- as resistências dos bloquetes confeccionados com o lodo ao Cromo seco a 110°C foram muito próximas às obtidas com os confeccionados com o lodo ao Cromo úmido. Estes resultados apontam para a possibilidade de aplicação do lodo ao Cromo úmido, facilitando e ampliando, deste modo, sua utilização no canteiro de obras;
- os resultados dos ensaios de solubilização múltipla e lixiviação foram também considerados muito animadores pois, em todos os bloquetes ensaiados, na segunda semana de extração, os resultados se encontraram abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), apontando para um não comprometimento do meio ambiente, quando da disposição dos bloquetes confeccionados no presente trabalho;
- os resultados obtidos com o ensaio de abrasão Los Angeles dos bloquetes confeccionados com resíduos foram muito próximo aos dos bloquetes confeccionados com areia comum lavada e brita nº 1, concluindo-se que, teoricamente eles têm o mesmo comportamento. Portanto, a utilização de lodo de curtume na confecção de bloquetes não restringe a possibilidade de seu uso, em relação ao desgaste que apresentaram;

- os resultados obtidos com os ensaios de solubilização múltipla, com corpos de prova impregnados com resina poliuretânica à base de óleo de mamona, demonstraram um comportamento irregular, principalmente em relação às concentrações de Cr do solubilizado. De uma forma geral, para os demais metais analisados, a impregnação possibilitou uma redução drástica nas concentrações, na sua grande maioria, com valores abaixo do detectado pelo espectrofotômetro de absorção atômica. Em relação ao Cr, as análises dos extratos solubilizados demonstraram que, apesar dos valores não estarem abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987), houve uma redução muito grande do valor obtido para o corpo de prova de controle e o corpo de prova impregnado;
- os ensaios de lixiviação realizados com corpos de prova impregnados e corpos de prova de controle, demonstraram ótimos resultados, principalmente para os corpos de prova moldados com os lodos C e D, que não atenderam aos limites fixados pela NBR 10.004 (1987), quando o ensaio foi realizado em corpos de prova sem impregnação. Após a impregnação, os valores obtidos para os corpos de prova moldados com os lodos C e D se encontravam abaixo do limite fixado pela NBR 10.004 (1987). Os corpos de prova moldados com os lodos A e B, sem impregnação, apresentaram valores, no lixiviado, abaixo do referido limite, mas a impregnação levou estes valores a níveis não detectáveis pelo espectrofotômetro de absorção atômica;
- a impregnação de corpos de prova, que foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão, possibilitou um aumento médio de 21,5% na resistência;
- os resultados obtidos com os ensaios de difratometria de raios X não corresponderam à expectativa inicial;

- para os ensaios de lixiviação e de solubilização dos corpos de prova, em várias situações se orientou o uso de determinados traços, deve-se registrar que as conclusões são qualitativas tendo em vista a amostragem com que se trabalhou. Uma conclusão com maior segurança virá com estudos mais aprofundados, trabalhando-se com um número maior de amostras, quando então poderão se traçar os ajustes necessários para um perfeito estudo das concentrações dos extratos, solubilizado e lixiviado, inclusive com descarte de pontos atípicos, sem que esse descarte implique em prejuízo para a análise estatística necessária a um diagnóstico sem risco.

No entanto, os resultados aqui apresentados dão uma idéia de algum comportamento das concentrações de Cromo no lixiviado e no solubilizado, para os ensaios com corpos de prova moldados com diferentes lodo, tempo de cura e traços.

7.2 - Recomendações

Tendo em vista o desenvolvimento do trabalho e as dificuldades encontradas quanto a secagem rápida do material durante a moldagem dos corpos de prova, os resultados obtidos do ensaio de difratometria, a granulometria do lodo seco a 100°C e 250°C, moído e peneirado (D), que após este procedimento tornou-se muito fino, sugere-se:

- a realização de ensaios preliminares, para se conhecer melhor o resíduo a ser estudado;
- a realização de análises químicas, que visem determinar a composição química de cada constituinte das misturas, o que facilitaria a comparação com os compostos determinados através da difratometria de raios X;
- a realização de estudos sobre os compostos obtidos após a queima do lodo a 250°C;

-
- a realização de pesquisas, para se estudar mais sobre a influência da resina poliuretânica à base de óleo de mamona, para outros traços e tempo de cura;
 - que pelos resultados obtidos, principalmente para os corpos de prova moldados com os lodos A e B e traços mais ricos em cimento, a realização de pesquisas nas quais se incluam brita, por exemplo, com a finalidade de verificar a possibilidade de aumento na capacidade de suporte das novas matrizes;
 - que pelos resultados mostrando a presença de Zn, Cu e Cr, nos extratos solubilizados, dos ensaios realizados com o cimento empregado na pesquisa, a continuidade da pesquisa, utilizando outros tipos de cimento atualmente comercializados;
 - a realização de ensaios com as matrizes, submetendo-as a chuvas intensas;
 - a realização de pesquisa, para se estudar o uso do lodo ao cromo de curtumes em argamassas de revestimento e assentamento.



8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (1991). Guide to durable concrete:

reported by ACI committee 201.2R. In: ACI Manual of concrete practice. Detroit.
apud MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. (1994). *Concreto - estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo, Pini.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, A. P. H. A. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Boston, Mass. 18^a ed.

ARAÚJO, L. C. R. de (1992). *Caracterização química, térmica e mecânica de poliuretanas elastoméricas baseadas em materiais oleoquímicos*. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Química de São Carlos - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1983). NBR 7211 - *Agregado para concreto*. Rio de Janeiro.

_____ (1984). NBR 6465 - *Determinação da abrasão "Los Angeles"*. Rio de Janeiro.

_____ (1987) . NBR 7217 - *Agregados - Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). NBR 9778 - *Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água por imersão - índice de vazios e massa específica.* Rio de Janeiro.

_____ (1987). NBR 9780 - *Peças de concreto para pavimentação - determinação da resistência à compressão.* Rio de Janeiro.

_____ (1987). NBR 9781 - *Peças de concreto para pavimentação.* Rio de Janeiro.

_____ (1987). NBR 10.004 - *Resíduos sólidos - classificação.* Rio de Janeiro.

_____ (1987). NBR 10.005 - *Lixiviação de resíduos sólidos.* Rio de Janeiro.

_____ (1987). NBR 10.006 - *Solubilização de resíduos sólidos.* Rio de Janeiro.

_____ (1993). NBR 7215 - *Ensaio de cimento Portland.* Rio de Janeiro.

BACIN, M. (1989). Aparas viram adubos: restos de couro são recompostos por minhoca. *Informativo Unisinos*, São Leopoldo, n.45, p.22-23, mai. apud BIDONE, F. R. A. (1995). *A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e previamente lixiviados, utilizando compostos de lixo orgânico urbano como substrato.* São Carlos. 183p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

- BARBOSA, R. M. (1996). Absorção e translocação de cromo em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), rabanete (*Raphanus sativus*) e rúcula (*Eruca sativa*) cultivados em vermicomposto de resíduos de curtume. São Carlos. 179p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BARCELÓ, A. C. et al. (1991). Adición de resíduos del piel curtida al cromo a pastas cerâmica. *Mecanipel*, Madrid, n.183, p.171-178 apud BIDONE, F. R. A. (1995). *A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e lixiviados, utilizando compostos de lixo orgânico urbano como substrato*. São Carlos, 183p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
- BARTH, E. F. (1990). An overview of history, present status, and future direction of solidification/stabilization technologies for hazardous waste treatment. *Journal of Hazardous Materials*. v.24, n.2-3, sep., p.103-109.
- BARTLETT, R. ; JAMES, B. (1979). Behavior of chromium in soils: III. Oxidation. *Journal Environ. Qual.*, v.8, n.1.
- BARTLETT, R. ; JAMES, B. (1983a). Behavior of chromium in soils: V. Fate of organically complexed Cr (VI) added to soil. *Journal Environ. Qual.*, v.12, n.2.
- BARTLETT, R. ; JAMES, B. (1983b). Behavior of chromium in soils: VI. Interations between oxidation-reduction and organic complexation. *Journal Environ. Qual.*, v.12, n.2.
- BARTLETT, R. ; JAMES, B. (1983c). Behavior of chromium in soils: VII. Adsorption and reduction of hexavalent forms. *Journal Environ. Qual.*, v.12, n.2.

- BATTALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. (1977). *Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano, Bases Conceituais e Operacionais*. São Paulo, CETESB.
- BIDONE, F. R. A. (1995). *A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e previamente lixiviados, utilizando composto de lixo orgânico urbano como substrato*. São Carlos. 184 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BRAILE, P. M. ; CAVALCANTI, J. E. W. A. (1979). *Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais*, São Paulo, CETESB.
- CHAMIE, S. L. (1993). *Encapsulamento de resíduos de lamas galvânicas através de solidificação em matriz de cimento*. São Paulo. 134 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CHAMIE, S. L. ; ALÉM SOBRINHO, P. (1993). Encapsulamento do Lodo gerado no Tratamento de Efluentes de Galvanoplastia. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CONTROLE E PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL, São Paulo, p. 43 - 47.
- CLÁUDIO, J. R. (1987). *Resíduos sólidos perigosos. Solidificação de lamas tóxicas com cimentos*. São Carlos. 125 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- COCKE, D. L. (1990). The binding chemistry and leaching mechanisms of hazardous substances in cementitious solidification/stabilization systems. *Journal of Hazardous Materials*, v.24, n.2-3, sept., p.231-253.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (1980). *Resíduos de Curtumes*, São Paulo, CETESB.

- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (1985).
Resíduos Sólidos Industriais, São Paulo, CETESB.
- CURTUMES gaúchos buscam solução para os resíduos sólidos. (1991).
Tecnicouro, Novo Hamburgo, p.22-26, out.
- DANIALI, S. (1990). Solidification/stabilization of heavy metals in latex modified Portland cement matrices. *Journal of Hazardous Materials*, v.24, n.2-3, sept., p.225-230.
- ENGENHARIA CONSULTORIA E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS S/C Ltda (ECTA). (1987). *Complementação ao sistema de tratamento das águas residuárias do Curtume Francouro Ltda*. São Carlos, 19p. (Relatório Técnico).
- FISCH, J. (1992). Lodo cromado: projeto demonstra viabilidade de utilização em solo agrícola. *Setor Couro*, p.6-15, julho.
- FOWLER, G. D. ; CHEESEMAN, C. R.; ASAVAPISIT, S.; PERRY, R. (1995).
A study of the chemical effects of metal additions upon cement hydration reactions. *Congrès International des Procédés de Solidification et de Stabilisation de Déchets*, Nancy, France, p.9. /Resumo/
- GILLIAN, T. M. e SPENCE, R. D. (1990). Solidification/stabilization of technetium in cement-based grouts. *Journal of Hazardous Materials*, v.24, n.2-3, sept., p.189-197.
- GUNSÉ, B.; POSCHENRIEDER, C; BARCELÓ, J. (1992), O cromo e o uso de lodos de curtume na agricultura. *Revista do Couro*, Novo Hamburgo, p. 100-104, jun.

- GUTTERRES, M. (1996). Alternativas para destinação do resíduo do rebaixamento do couro west-blue. *Revista do couro*, Novo Hamburgo, p. 49-54, maio.
- HEIDEMANN, E. (1992). Depósito e reciclagem de materiais curtidos ao cromo. *Revista do Couro*, Novo Hamburgo, p. 48, agosto.
- HILLS, C.D.; SOLLARS, C. J.; PERRY, R. (1993). Ordinary Portland cement based solidification of toxic wastes: the role of OPC reviewed. *Cement and Concrete Research*, USA, v.23, p. 196-212.
- HUGHES, J. C. (1988). The disposal of leather tannery wastes by land treatment - a review. *Soil Use and Management*, v.4, n.3, p.107-111.
- JOST, P. T. (1990). *Tratamento de efluentes de curtume*. Rio de Janeiro, CNI, 185p. apud BIDONE, F. R. A. (1995). *A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e previamente lixiviados, utilizando composto de lixo orgânico urbano como substrato*. São Carlos. 183p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
- KAUFMAN, D. B. et al. (1970). Acute potassium dichromate poisoning in man. *American Journal of diseases of children*, v. 119, p.374 apud WORLD HEALTH ORGANIZATION (1984). *Guidelines for drinking-water quality: health criteria and other supporting information*. Geneva, World Health Organization, v.2
- KORCHI, T.; MELCHINGER, K.; KOLVITES, B.; GRESS, D. (1986). *The effect of heavy metals and organic solvents on the microstructure of cement stabilized hazardous waste*. In: BAYLES, J. et al. *Proceedings of the Eighth International Conference on Cement Microscopy*, Orlando, April 7 - 10, p. 132 - 143.

- KORCHI, T.; MELCHINGER, K.; GRESS, D. (1987). *The effect of chloride, sulfate and seawater solutions on the expansion and cracking of Portland cement stabilized cadmium hazardous waste*. In: BAYLES, J. et al. *Proceedings of the Ninth International Conference on Cement Microscopy*, Nevada, April 5 - 9 , p.328 - 336.
- MERRIT, S. D.; BATCHELOR, B.; LITTLE, D. N.; STILL, M. (1993). Applications of soil and cement chemistry to stabilization/solidification. *Transportation Research Record*, n.1424, p.1-7.
- McGRATH, S. P.; SMITH, S. (1990). Chromium and nickel. In: ALLOWAY, B. J., ed. *Heavy metals in soils*. New York, John Wiley. Cap.7, p.125-150.
- McKINLEY, M. D.; WARREN, G. W.; LAHOTI, S. M.; SREENIVASARAO, K. (1992). Stabilization and hydrometallurgical treatment of flyash from municipal incinerator. *Journal of Hazardous Materials*, v.29, n.2, jan., p.255-273.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. (1994). *Concreto - estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo, Pini.
- MOORE, J. W.; RAMAMOORTHY (1984). *Heavy metals in natural waters*. New York. Springer-Verlag.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1974). Chromium. Washington, DC, National Academy of Sciences apud WORLD HEALTH ORGANIZATION. (1984). *Guidelines for drinking-water quality: health criteria and other supporting information*. Geneva, World Health Organization, v.2.

- NEMEROW, N. L. (1977). *Águas residuales industriales; teorías aplicaciones y tratamiento*. Rosário, H. Blume, xii, 572p. apud OSSANAI, J. (1979). Efeitos dos metais pesados na saúde. In: I SEMINÁRIO SOBRE POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS. Brasília, p.103-128.
- OLIVEIRA, K. D.; BUCHLER, P. M. (1993). O encapsulamento em cimento como opção para o descarte de rejeitos fenólicos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CONTROLE E PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL, São Paulo, p.73-76.
- OLIVEIRA, R. C. de (1996). *Encapsulamento de areia de fundição de descarte em matriz de cimento*. São Carlos. 142p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- OSSANAI, J. (1979). Efeitos dos metais pesados na saúde. In: I SEMINÁRIO SOBRE POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS. Brasília, p.103-128.
- PALOSE, M. M.; ACHAYA, K. T. (1964). Stability of castor seed and oil. Part III - resistance of oxidation of castor oil, *Indian oilseed Journal*, vol.8, p.337-347 apud ARAÚJO, L. C. R. de (1992). *Caracterização química, térmica e mecânica de poliuretanas elastoméricas baseadas em materiais oleoquímicos*. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Química de São Carlos - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- POHLAND, F. G. ; GOULD, J. P. (1986). Codisposal of municipal refuse and industrial waste sludge in landfills. *Water Science and Technology*, v.18, n.12, p.177-192.
- POLLARD, S. J. T. ; MONTGOMERY, D. M.; SOLLARS, C. J.; PERRY, R. (1991). Organics compounds in the cement-based stabilisation/solidification of hazardous mixed wastes. Mechanistic and process considerations. *Journal of Hazardous Materials*, v.28, n.3, nov., p.313-327.

- SHUKLA, S. S.; SHUKLA, A. S.; LEE, K. C. (1992). Solidification/stabilization study for the disposal of pentachlorophenol. *Journal of Hazardous Materials*, v.30, p.317-331.
- SILVA, I. J. da (1996). *Contribuição ao estudo da utilização da resina poliuretana a base de óleo de mamona na construção civil*. São Carlos, 163p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TALBOT, V. (1983). Lead and other trace metal in the sediments and selected biota of Princess Royal Harbour, Albany, Western Australian. *Enronmental Pollution (Series B)*, 5, p.35-49, Britain apud BARRETO, A. dos S. (1994). *Assimilação de cromo trivalente nas biomassas nanoplanctônica e sua quantificação no sedimento e sobrenadante: experimento em microcosmos*. São Carlos, 93 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
- TOWILL, L. E. et al. (1978). *Reviews of the environmental effects of pollutants*, III: Chromium. Cincinnati, US Department of Commerce, National Technical Information Service apud WORLD HEALTH ORGANIZATION (1984). *Guidelines for drinking-water quality: health criteria and other supporting information*. Geneva, World Health Organization, v.2
- WEITZMAN, L. M. (1990). Factors for selecting appropriate solidification/stabilization methods. *Journal of Hazardous Materials*, v.24, n.2-3, sep., p.157-168.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (1984). *Guidelines for drinking-water quality: health criteria and other supporting information*. Geneva, World Health Organization, v.2.

YANG, G. C.C.; KAO, K. L. (1994). Feasibility of using a mixture of an electropalting sludge and a calcium carbonate sludge as a binder for sludge solidification. *Journal of Hazardous Materials*, v.36, n 1, jan., p.81-88.

UNIÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CURTUMES DA ITÁLIA. (1992). Recuperação dos resíduos do ciclo de curtimento. *Revista do Couro*, Novo Hamburgo, p.69-70, junho/julho.

ANEXO A

**TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados
com lodo seco a 110°C, moído (A)**



TABELA A. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,6	12,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,21
1	10,6	12,4	0,02	nd	nd	nd	0,19	nd	0,01	0,22
2	8,2	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,33
2	7,6	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,69
3	9,2	11,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	8,9	11,5	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03

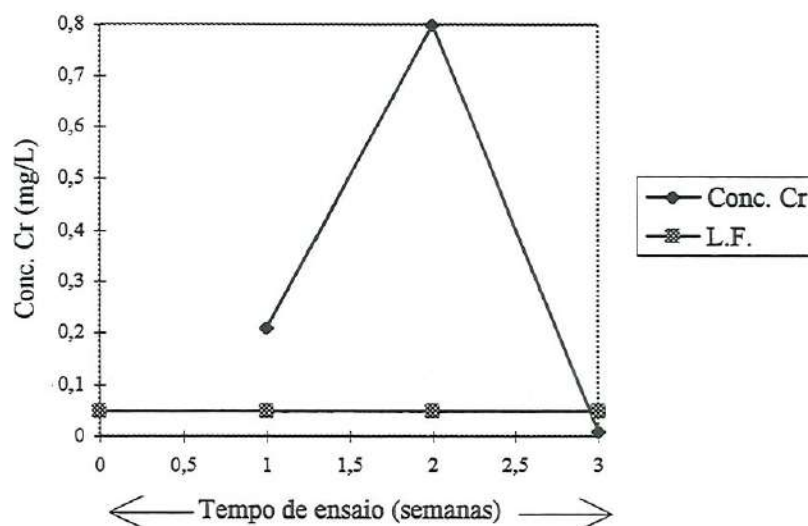


FIGURA A. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

TABELA A. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,2	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	1,30
1	10,2	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,50
2	8,3	11,2	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	8,1	11,3	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

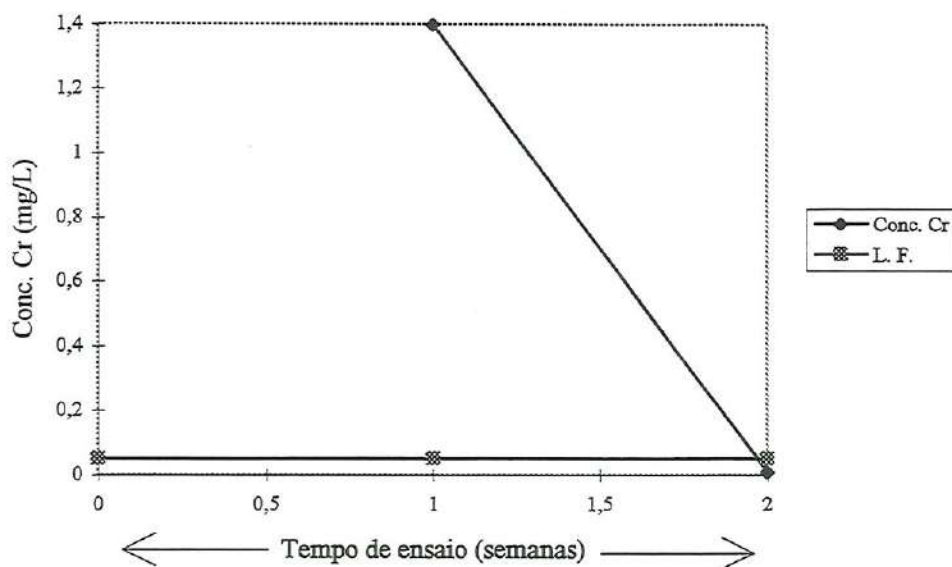


FIGURA A. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

TABELA A. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,1	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	2,23
1	10,0	11,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	2,00
2	6,3	11,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,11
2	6,8	11,1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,19
3	6,9	11,3	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,12
3	6,3	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
4	6,5	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	nd

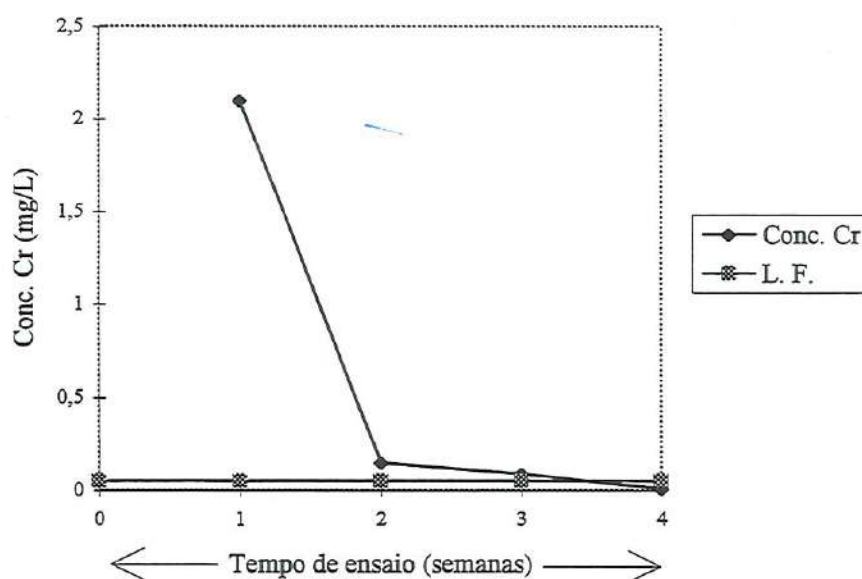


FIGURA A. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

TABELA A. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	9,7	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,19
1	8,9	11,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20
2	6,6	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,09
2	6,3	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,07
3	6,3	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	6,3	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	6,8	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	6,3	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	6,4	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

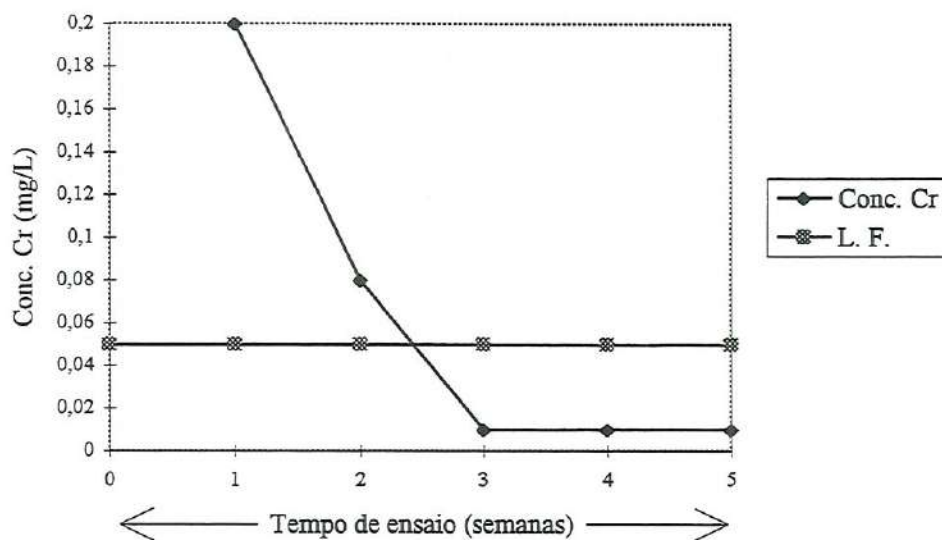


FIGURA A. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

TABELA A. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,7	9,7	9,4	7,3
pH final	5,0	4,9	5,0	4,9

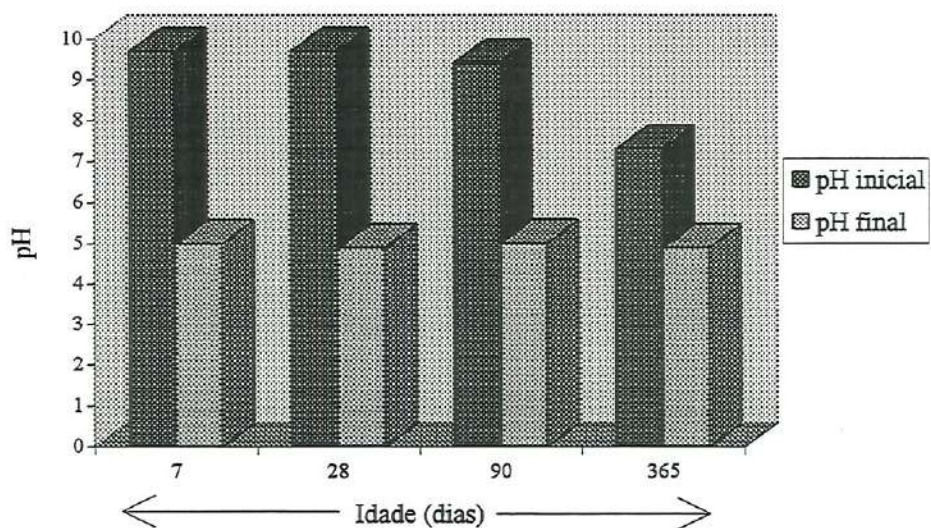


FIGURA A. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

TABELA A. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,06	nd	nd	nd	0,03	0,03	nd	0,16
28 dias	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	0,09
90 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20
365 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	0,15

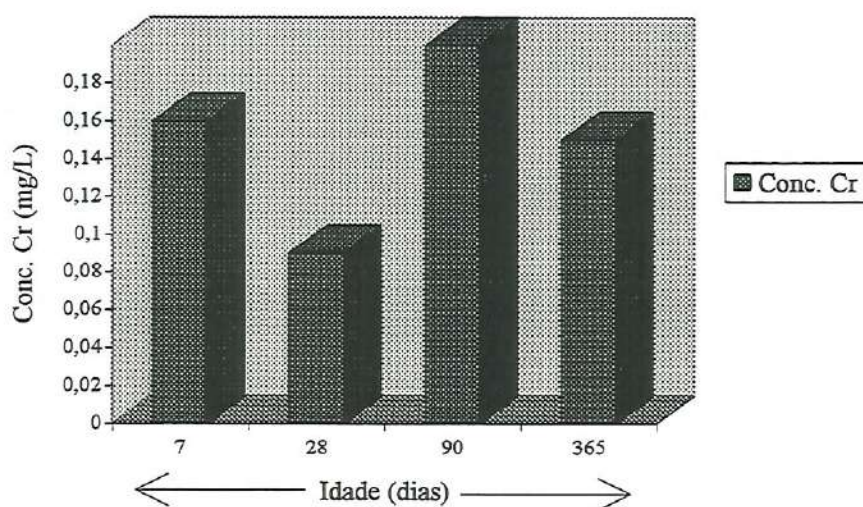


FIGURA A. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: A

TABELA A. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	-	12,5	0,01	nd	nd	0,07	nd	nd	0,09	0,06
1	-	12,5	0,02	nd	nd	0,06	nd	nd	0,10	0,08
2	10,1	12,7	0,15	nd	nd	0,07	nd	nd	0,02	0,05
2	10,2	12,8	0,78	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,04
3	10,0	12,1	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,08
3	9,9	12,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,11
4	9,7	12,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,20
4	9,6	11,9	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,07
5	8,7	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20
5	7,8	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10
6	8,8	12,0	0,36	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
6	8,9	12,0	0,58	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,11
7	6,3	12,0	0,36	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
7	6,3	12,0	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
8	6,7	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
8	7,5	11,8	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
9	6,5	11,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	6,5	11,8	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

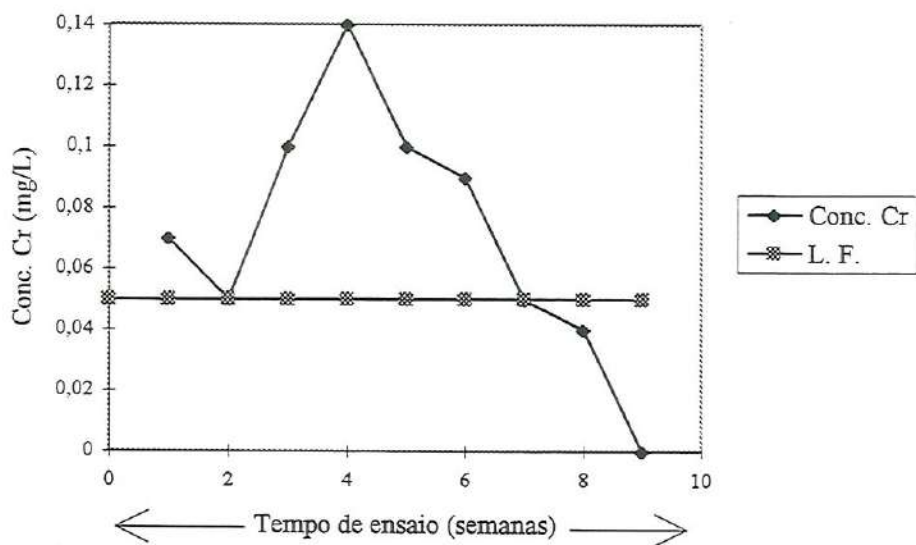


FIGURA A. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: A

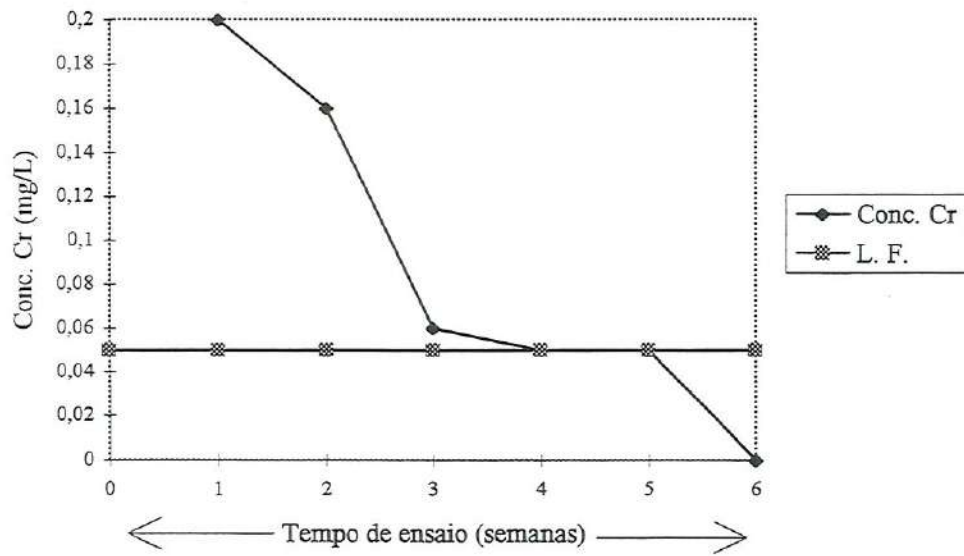


FIGURA A. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: A

TABELA A. 9 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,1	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,16
1	10,1	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,15
2	9,6	11,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,13
2	8,3	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,07
3	7,2	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	8,1	11,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	6,6	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
4	8,2	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

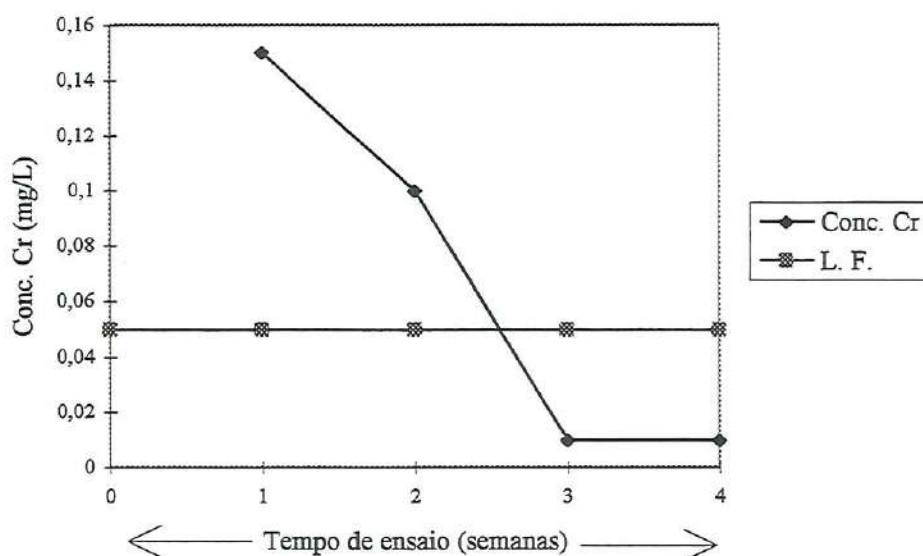


FIGURA A. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: A

TABELA A.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado:A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	9,9	11,1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	43,00
1	10,0	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	53,50
2	7,3	11,3	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,94
2	7,4	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,05
3	6,3	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,26
3	5,9	10,8	0,30	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	0,22
4	5,7	11,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20
5	5,8	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,20
6	7,0	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,23
7	5,9	10,7	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
8	5,6	10,5	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,07
9	5,5	10,7	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
10	5,6	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10
11	6,0	10,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,08
12	5,7	10,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,10
13	5,6	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,04
14	7,4	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

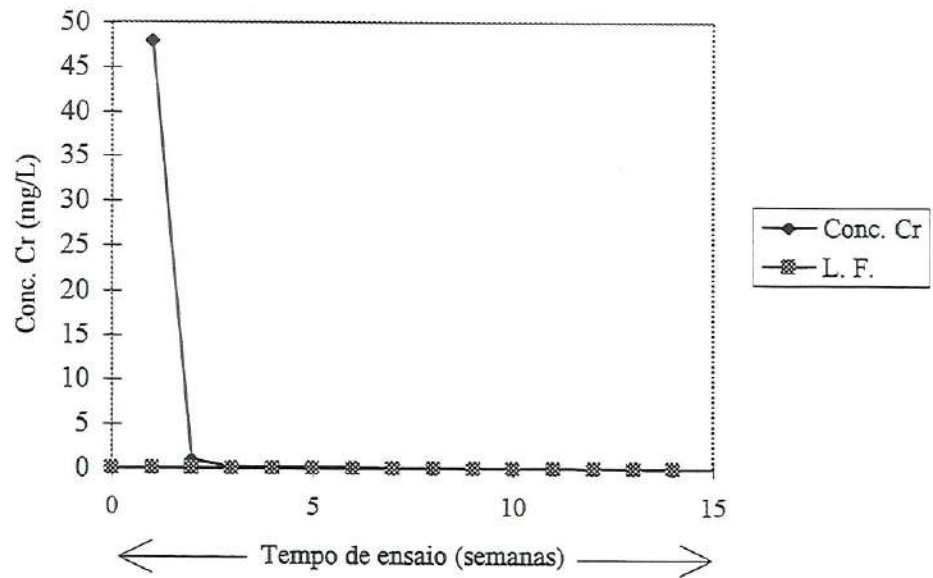


FIGURA A.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado:A

TABELA A.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade dos corpos de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: A

Parâmetro	7 dias			28 dias			90 dias		365 dias
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP1
pH inicial	10,2	10,2	9,6	10,0	10,0	10,0	9,3	9,4	9,03
pH final	5,0	5,0	5,1	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,90

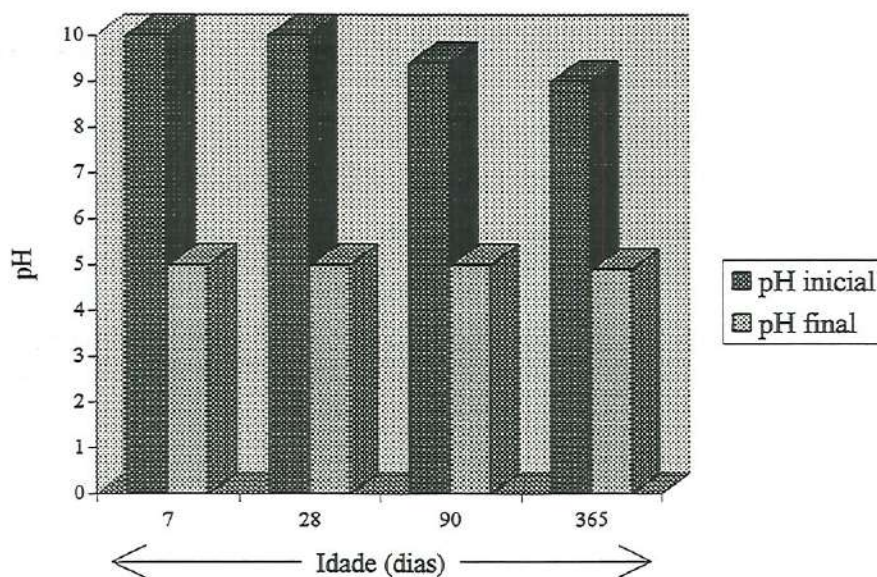


FIGURA A.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade dos corpos de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: A

TABELA A.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade dos corpos de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: A

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,10
	0,11	nd	nd	nd	nd	0,02	0,03	0,12
	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,11
28 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
	0,06	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02	0,08
	0,12	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02	0,07
90 dias	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03
	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,12
365 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	5,00

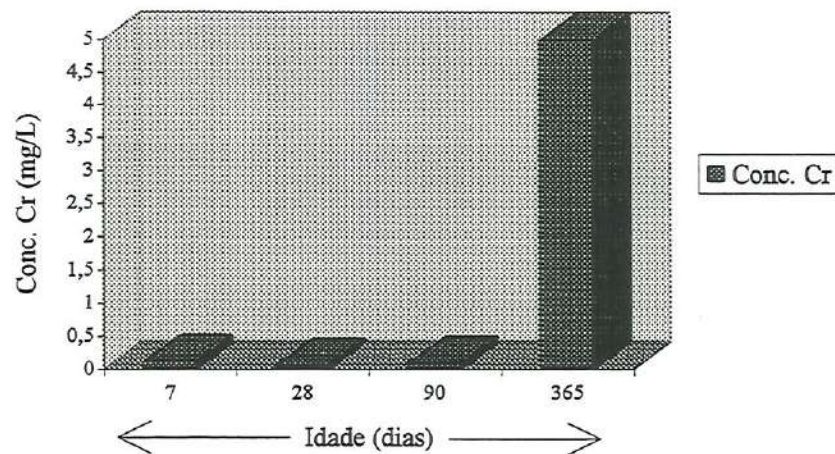


FIGURA A.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade dos corpos de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: A

TABELA A.13 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	-	12,2	0,04	nd	nd	0,20	nd	nd	0,30	0,24
1	-	12,7	0,04	nd	nd	0,16	nd	nd	0,24	0,19
2	10,4	12,4	0,04	nd	nd	0,03	nd	nd	0,04	0,13
2	10,2	12,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,11
3	10,2	12,4	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,13
3	10,2	12,3	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,09
4	10,2	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
4	9,8	11,9	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
5	9,4	12,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,16
5	7,8	12,2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,12
6	7,1	12,1	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	7,9	12,1	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02
7	6,4	11,9	0,19	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04
7	6,5	12,0	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04
8	5,8	11,7	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
8	5,8	11,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04
9	6,0	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd
9	5,8	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

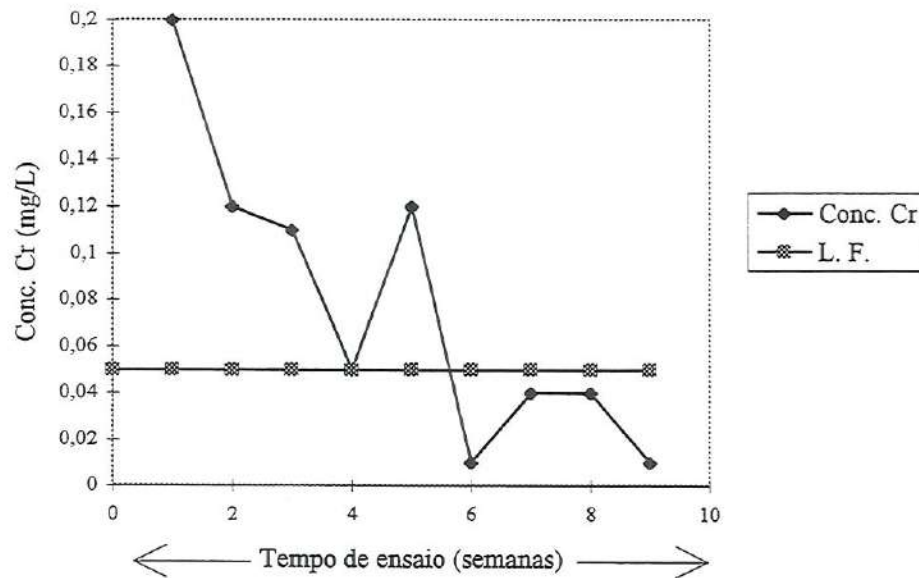


FIGURA A.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A

TABELA A.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,7	12,2	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,30	1,88
1	10,6	12,2	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,28	1,30
2	8,7	12,3	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	0,24
2	8,3	12,2	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,23
3	8,9	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,09
3	9,6	12,0	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd
4	6,7	12,0	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	nd
4	6,6	12,0	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,05
5	6,8	11,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
5	6,2	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,06
6	5,9	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	nd
6	5,7	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd

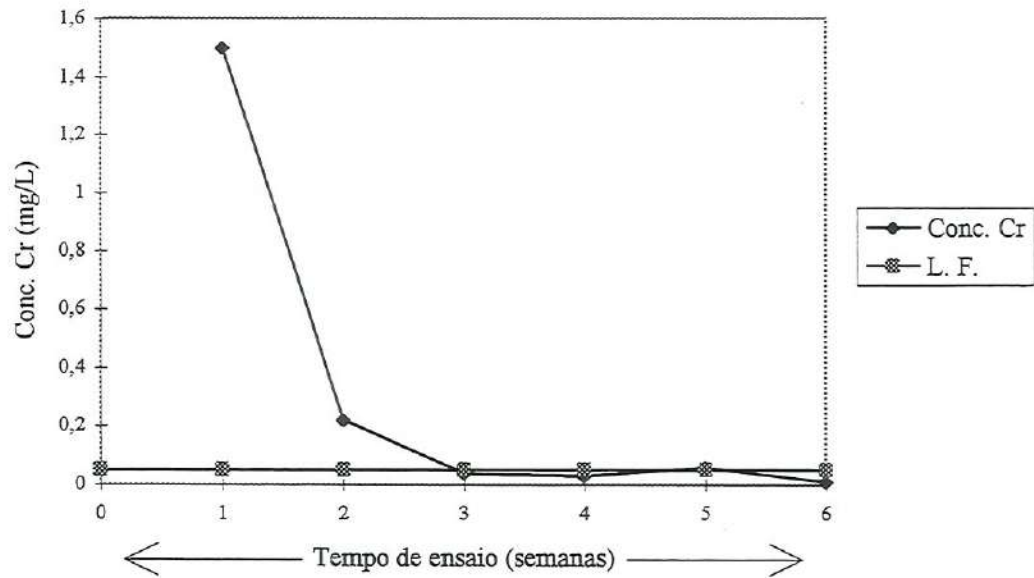


FIGURA A.14 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A

TABELA A.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	9,99	11,95	0,05	nd	nd	0,05	nd	nd	0,01	0,30
1	9,96	11,57	0,03	nd	nd	0,05	nd	nd	0,05	0,40
2	8,50	11,61	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,26
2	7,44	11,29	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,25
3	9,25	11,45	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,14
3	8,78	11,20	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	6,25	11,30	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	5,82	11,16	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

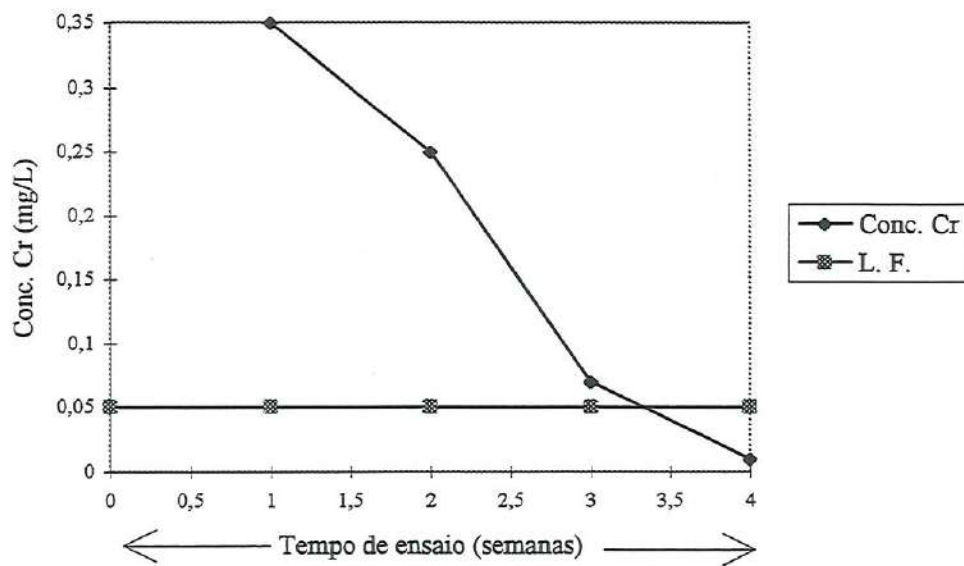


FIGURA A.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

TABELA A.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	7,4	10,6	0,03	nd	nd	0,05	nd	nd	0,14	210,00
1	7,3	10,6	0,05	nd	nd	0,05	nd	nd	0,12	213,00
2	6,6	10,9	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	30,00
2	6,9	10,8	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	23,50
3	8,0	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	14,50
3	8,1	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	15,00
4	6,5	9,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	13,50
5	6,9	9,2	0,16	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	8,50
6	5,6	9,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	6,60
7	5,6	9,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	3,00
8	5,5	9,4	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	3,40
9	6,5	9,29	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	3,30
10	5,5	9,29	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	1,82
11	5,7	9,31	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,33
12	6,0	9,28	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,73
13	5,7	9,40	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,72
14	5,9	9,20	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,45
15	5,7	9,35	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,60
16	5,9	8,90	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,34

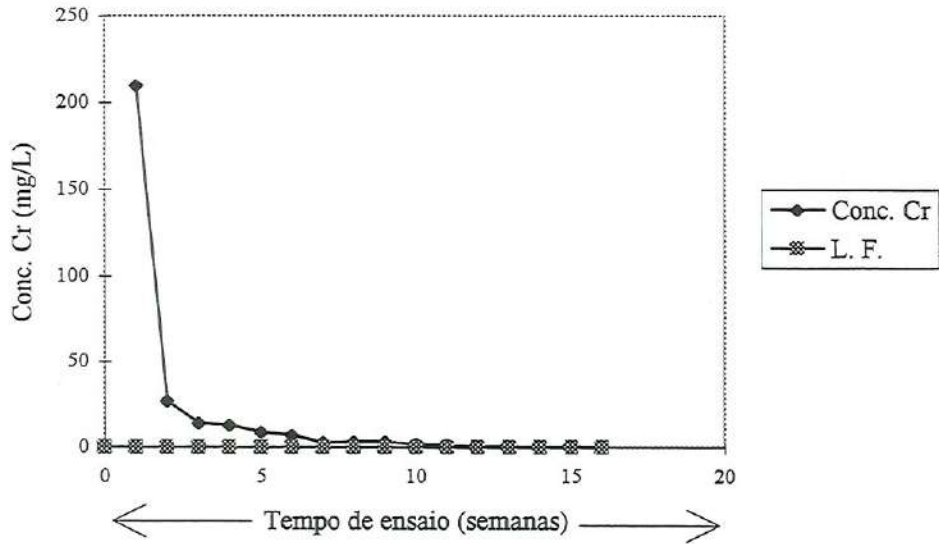


FIGURA A.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: A

TABELA A.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

Parâmetro	7 dias			28 dias		90 dias		365 dias
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1
pH inicial	10,2	10,5	9,7	9,9	10,0	9,3	9,1	7,6
pH final	5,2	5,1	5,0	4,8	4,9	5,0	5,0	4,9

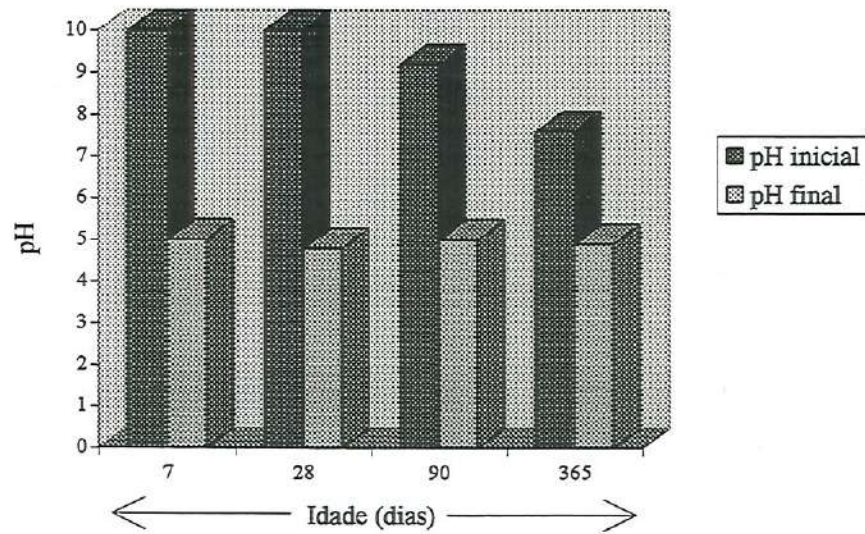


FIGURA A.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

TABELA A.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,10
	0,08	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04	0,11
	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,06
28 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02	0,16
	0,03	nd	nd	nd	nd	0,02	0,03	0,10
90 dias	0,35	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,14
	0,43	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,13
365 dias	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,14

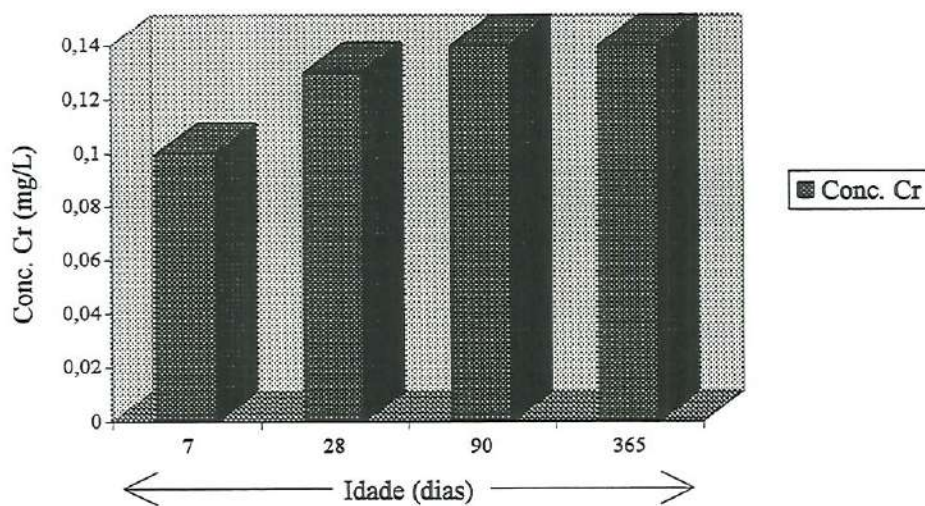


FIGURA A.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: A

TABELA A.19 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,5	11,9	0,02	nd	nd	0,04	nd	nd	0,33	10,00
1	10,7	11,8	0,02	nd	nd	0,05	nd	nd	0,25	9,00
2	10,2	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	1,50
2	9,7	12,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,58
3	9,5	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,35
3	9,1	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,15
4	8,4	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,50
4	7,6	11,6	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,23
5	7,3	11,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,46
5	6,3	11,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,24
6	5,5	11,5	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,36
6	5,9	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,17
7	7,9	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,43
7	7,5	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,22
8	6,1	11,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,09
8	5,6	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
9	6,3	11,5	0,16	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,26
9	6,1	11,6	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,15
10	7,4	11,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,38
10	6,5	11,2	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,26
11	7,6	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,16
11	7,7	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,13
12	7,1	11,2	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,20
13	5,9	11,1	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,12
14	5,5	11,0	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,15
15	6,3	11,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,12
16	6,0	10,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,13

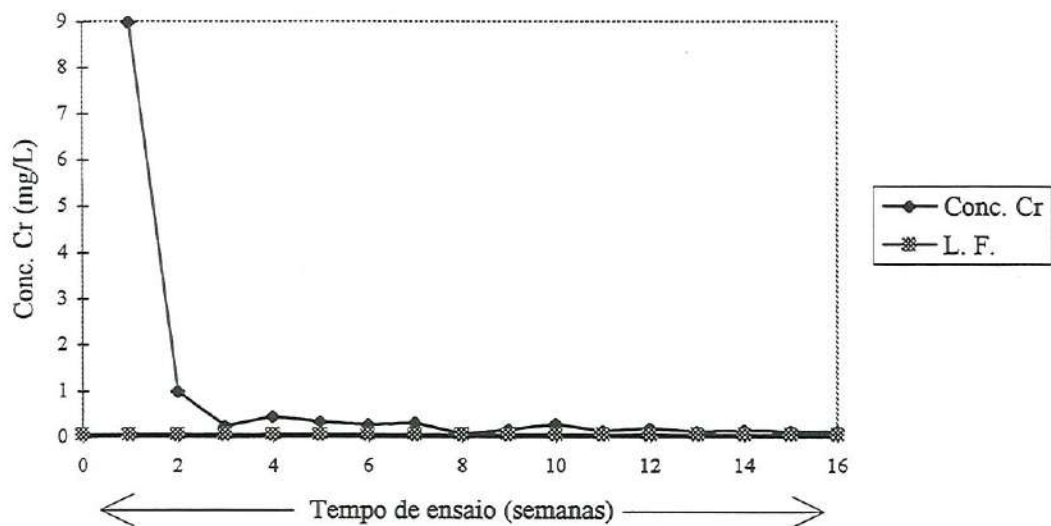


FIGURA A.19 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

TABELA A.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	9,8	11,8	0,10	nd	nd	0,07	0,01	nd	0,52	7,50
1	9,9	11,8	nd	nd	nd	0,04	nd	nd	0,25	4,83
2	9,6	11,8	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,19	3,00
2	7,6	11,8	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	0,14	5,17
3	8,7	11,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,13	1,90
3	7,4	11,6	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,80
4	9,1	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	0,92
4	8,4	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,58
5	6,3	11,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,50
5	6,2	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,20
6	7,1	11,5	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,50
6	6,8	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,29
7	6,2	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,40
8	7,3	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,29
9	6,5	11,2	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,26
10	6,0	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,14
11	5,9	11,1	0,34	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,23
12	6,0	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,19
13	6,0	11,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,18
14	6,0	9,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,52
15	5,5	9,2	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,45
16	5,5	9,5	0,21	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	0,35
17	5,6	9,6	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,23
18	5,6	9,6	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,22

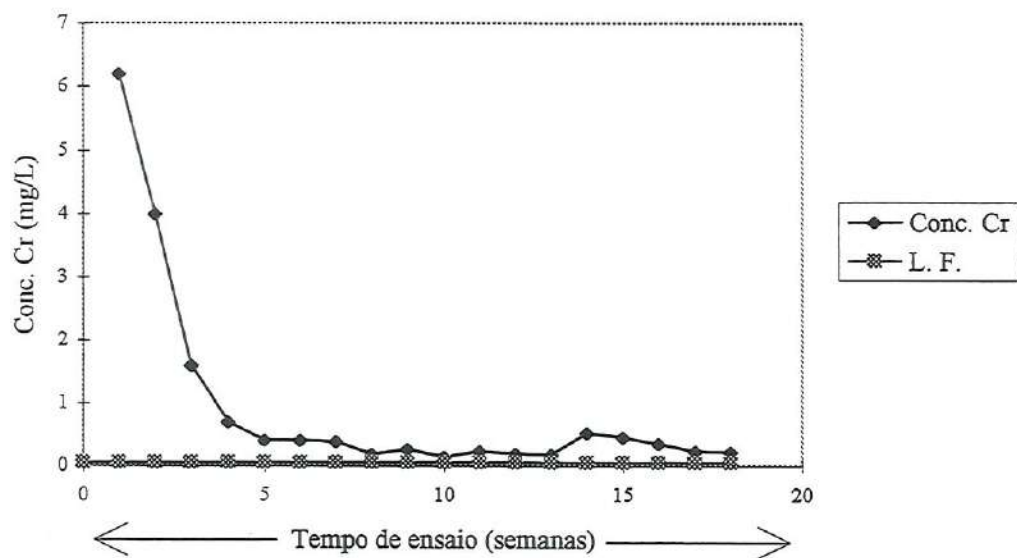


FIGURA A.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

TABELA A.21 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	9,3	9,7	0,07	nd	nd	0,18	nd	nd	0,02	0,52
1	9,4	9,9	0,05	nd	nd	0,24	0,05	0,01	0,11	1,29
2	6,2	10,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,13
2	6,0	10,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,51
3	6,0	10,5	0,26	nd	nd	nd	0,60	nd	nd	0,11
3	9,0	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,31
4	6,6	10,5	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,15
5	5,9	8,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,25
6	5,5	8,9	0,35	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	0,21
7	5,6	9,1	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	0,17
8	5,5	9,1	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,10
9	5,6	9,3	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,05

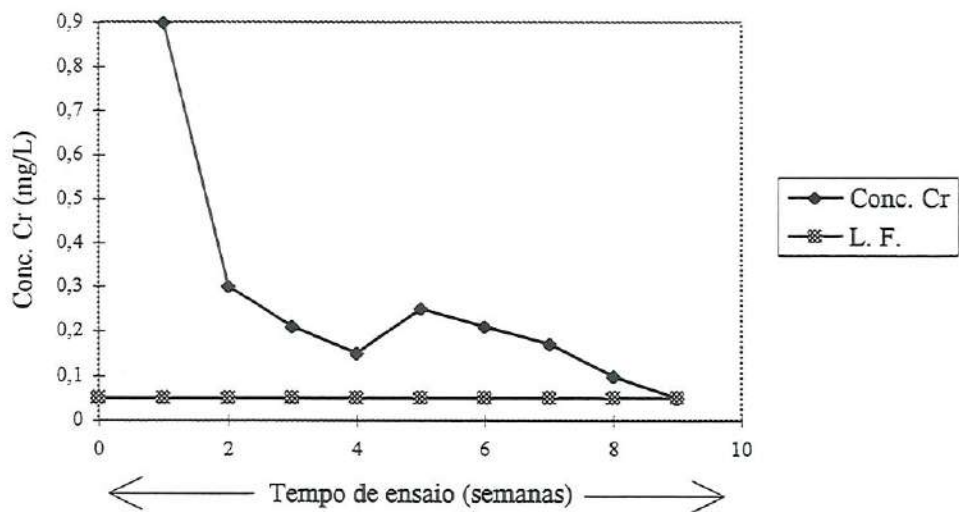


FIGURA A.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

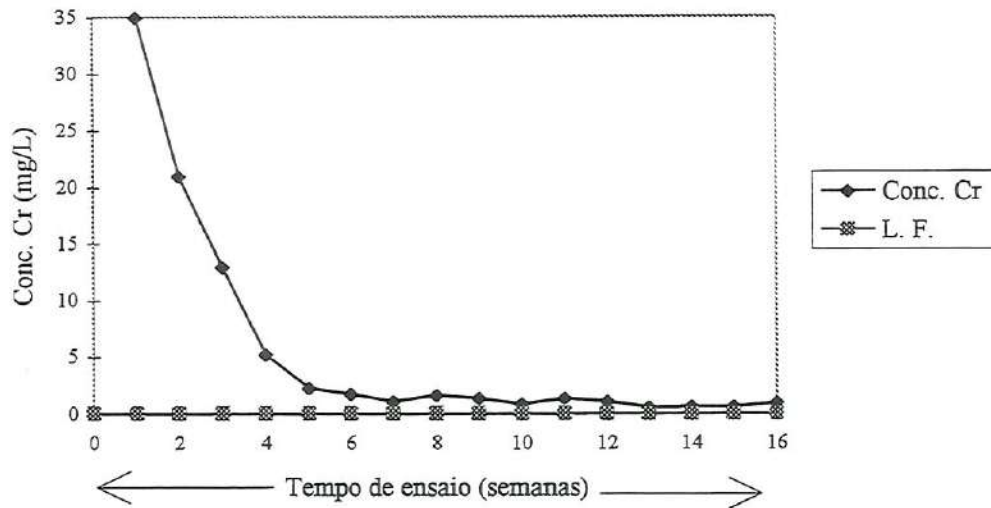


FIGURA A.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: A

TABELA A.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

Parâmetro	7 dias		28 dias		90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP1
pH inicial	9,7	9,7	8,6	8,7	9,0	7,0
pH final	4,9	4,9	5,1	5,0	5,0	5,0

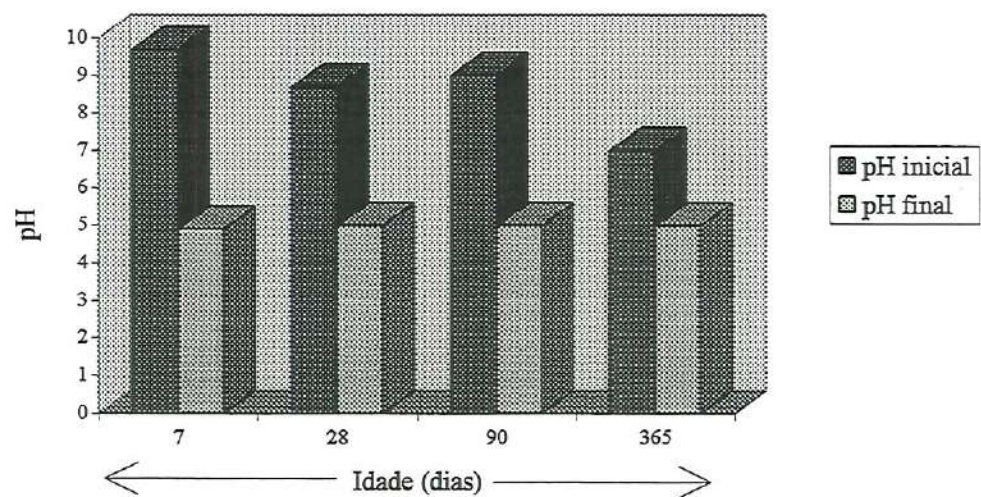


FIGURA A.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

TABELA A.24 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,17
	0,05	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04	0,32
28 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	0,01	0,07	0,13
	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,16
90 dias	0,29	nd	nd	nd	0,06	nd	nd	0,09
365 dias	0,08	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02	2,40

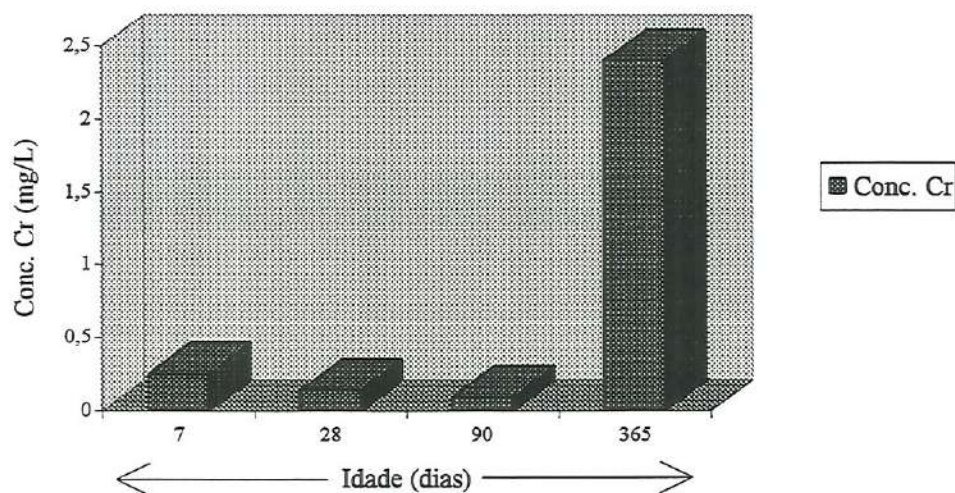


FIGURA A.24 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: A

TABELA A.25 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,4	11,8	0,05	nd	nd	0,10	nd	nd	0,34	18,00
1	10,2	11,9	0,02	nd	nd	0,08	nd	nd	0,40	17,00
2	9,5	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	3,15
2	9,5	11,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,14	2,50
3	7,7	11,6	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	1,15
3	7,7	11,7	0,16	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	1,12
4	7,8	11,3	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	1,20
4	7,6	11,4	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,75
5	6,0	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,58
6	6,0	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,45
7	6,8	11,1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,52
8	6,1	11,0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,15
9	6,1	11,0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,32
10	6,2	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,40
11	5,8	10,1	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,30
12	6,7	10,7	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,23
13	6,2	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20
14	6,3	10,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,26
15	6,4	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,15
16	6,2	10,9	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,24
17	9,5	8,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,60
18	5,6	9,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,27
19	6,7	9,2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,34
20	5,9	9,0	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,23
21	5,8	9,3	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,25

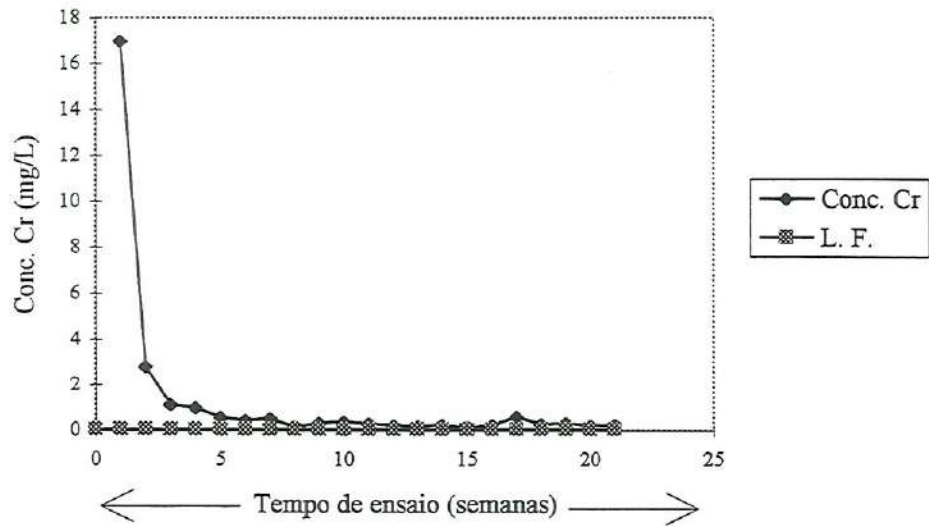


FIGURA A.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: A

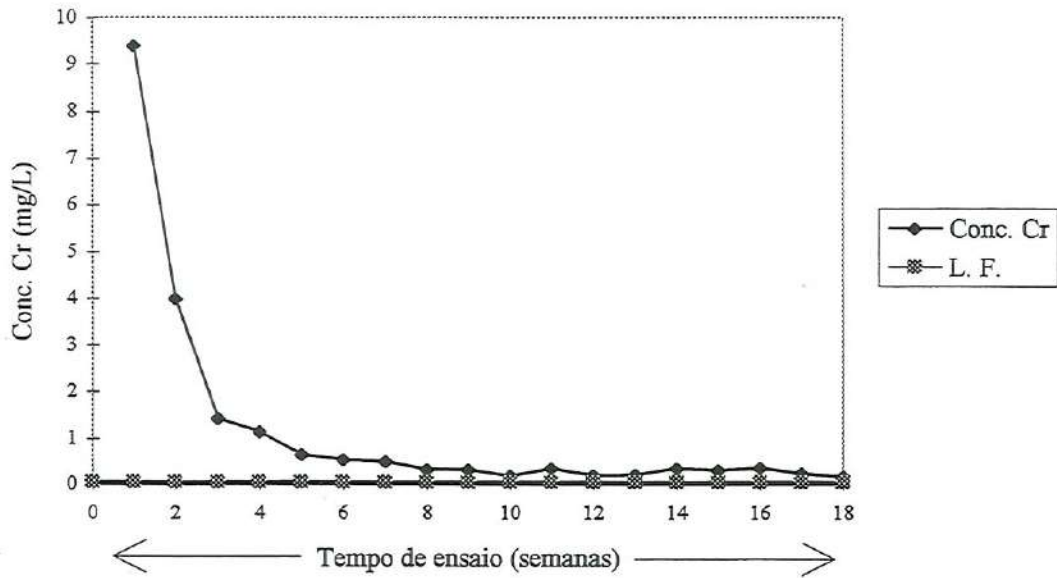


FIGURA A.26 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: A

TABELA A.27 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
	semanas	inicial									final
1		9,4	10,2	0,09	nd	nd	0,31	0,06	nd	0,19	1,37
1		9,1	10,0	0,04	nd	nd	0,25	0,06	nd	0,15	0,88
2		6,2	10,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,48
2		6,2	10,2	0,03	nd	nd	nd	0,01	nd	0,03	0,22
3		6,0	10,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,27
3		5,7	10,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,10
4		5,9	10,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,23
5		5,6	8,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,50
6		5,6	9,1	0,15	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,15
7		5,3	9,1	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,27
8		5,3	9,1	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,18
9		5,6	9,2	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,10
10		6,1	9,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,28
11		5,9	8,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,26
12		5,8	8,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,27
13		5,7	9,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,02

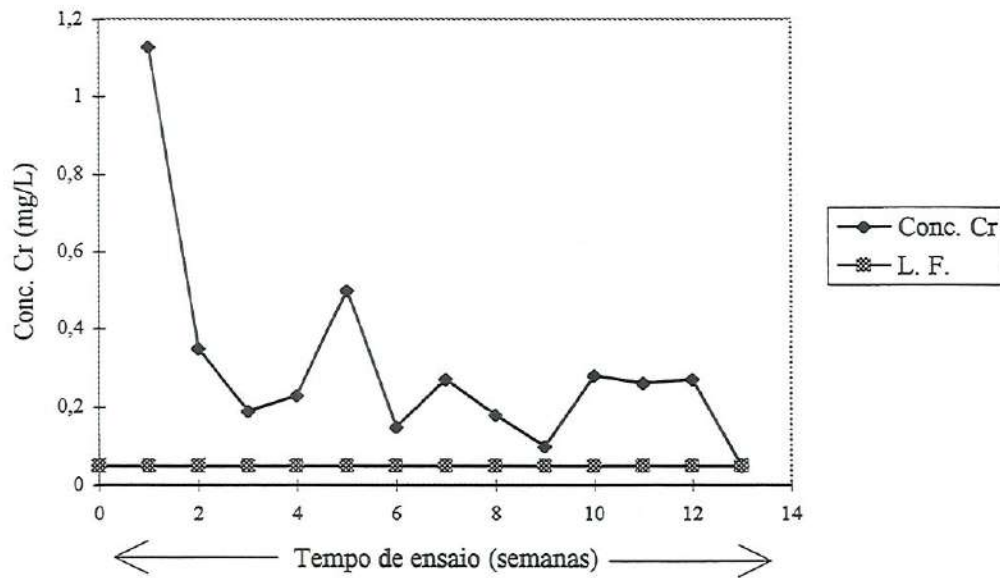


FIGURA A.27 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: A

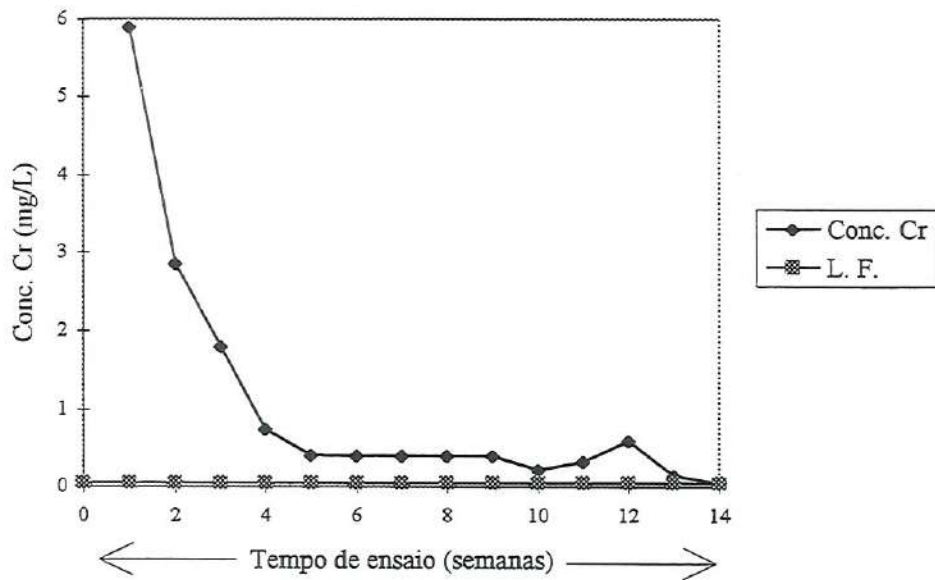


FIGURA A.28 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: A

TABELA A.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: A

Parâmetro	7 dias		28 dias		90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP1
pH inicial	9,8	9,5	6,9	6,5	7,6	6,1
pH final	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9

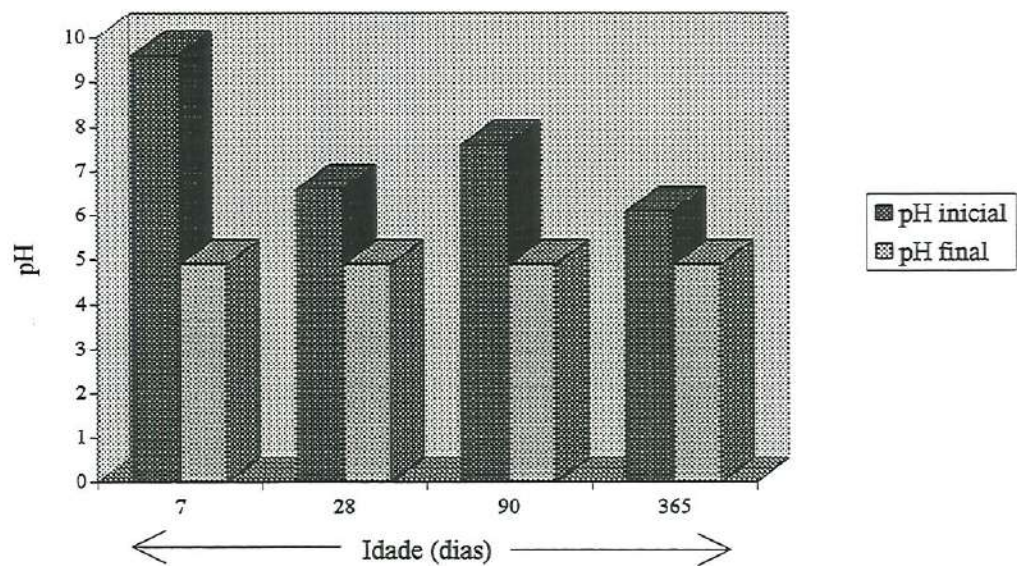


FIGURA A.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: A

TABELA A.30 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: A

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04	0,59
	0,08	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03	0,60
28 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03	0,73
	0,20	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03	0,73
90 dias	0,07	nd	nd	nd	0,04	nd	0,02	0,12
365 dias	0,15	nd	nd	nd	0,01	0,02	0,04	0,42

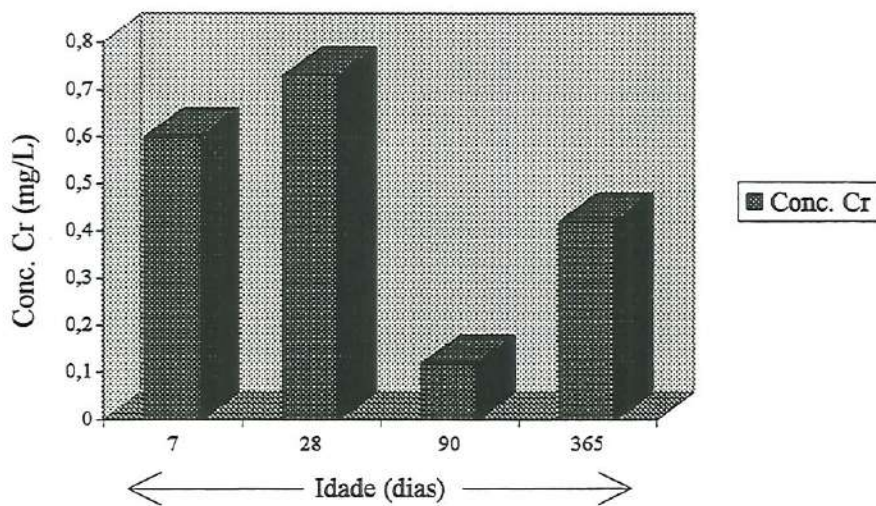


FIGURA A.30 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: A

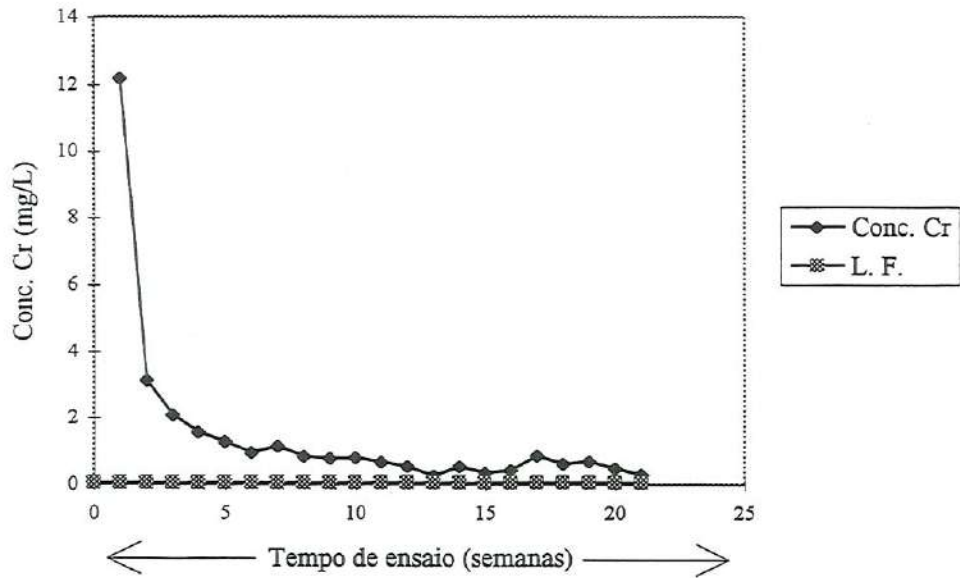


FIGURA A.31 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: A

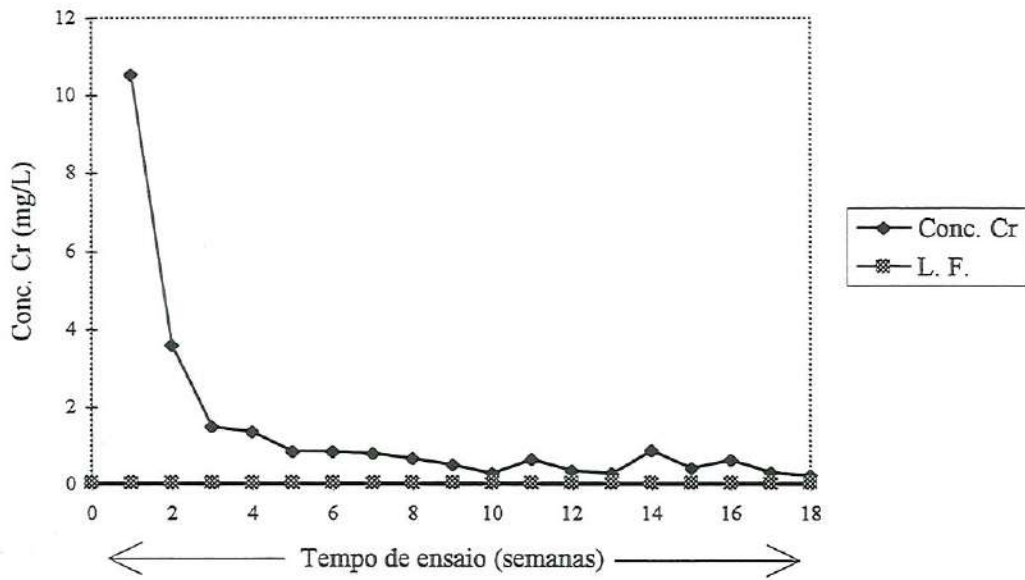


FIGURA A.32 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: A

TABELA A.33 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	8,9	9,3	0,08	0,41	0,04	0,30	0,08	nd	0,63	210,00
1	8,6	9,1	0,06	nd	nd	0,35	0,03	0,02	0,61	182,00
2	7,3	9,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,19	49,00
2	6,9	9,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,19	20,00
3	6,5	9,3	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	18,60
3	5,8	9,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	20,00
4	5,9	9,5	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	15,00
5	5,8	8,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	9,20
6	6,0	8,6	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	3,70
7	5,6	8,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	3,30
8	5,8	8,7	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	2,45
9	6,1	8,9	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	2,60
10	5,9	8,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,80
11	6,0	8,6	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	1,45
12	5,6	8,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	1,30
13	6,2	8,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,74
14	6,0	8,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,88
15	5,7	8,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,57
16	5,7	8,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,55

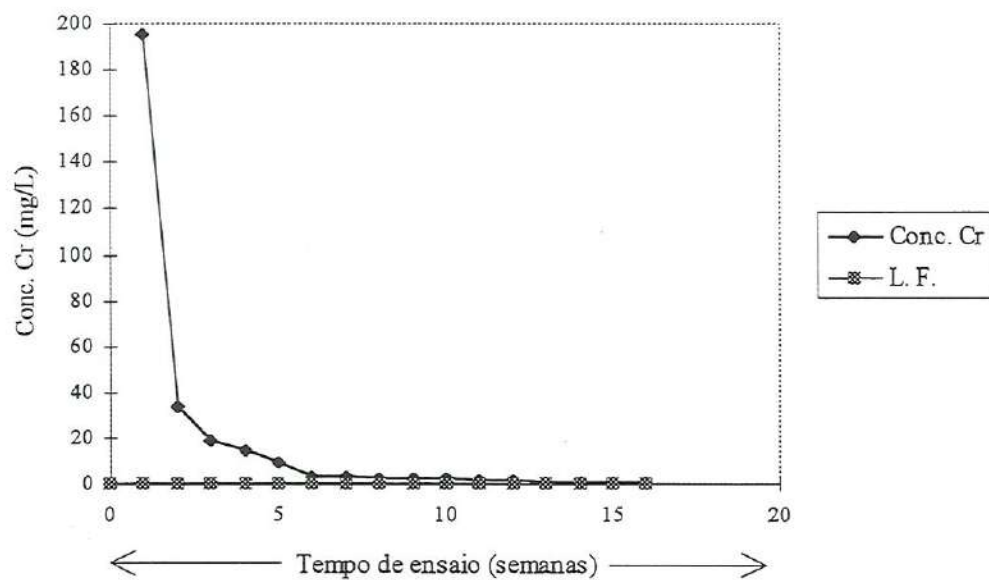


FIGURA A.33 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: A

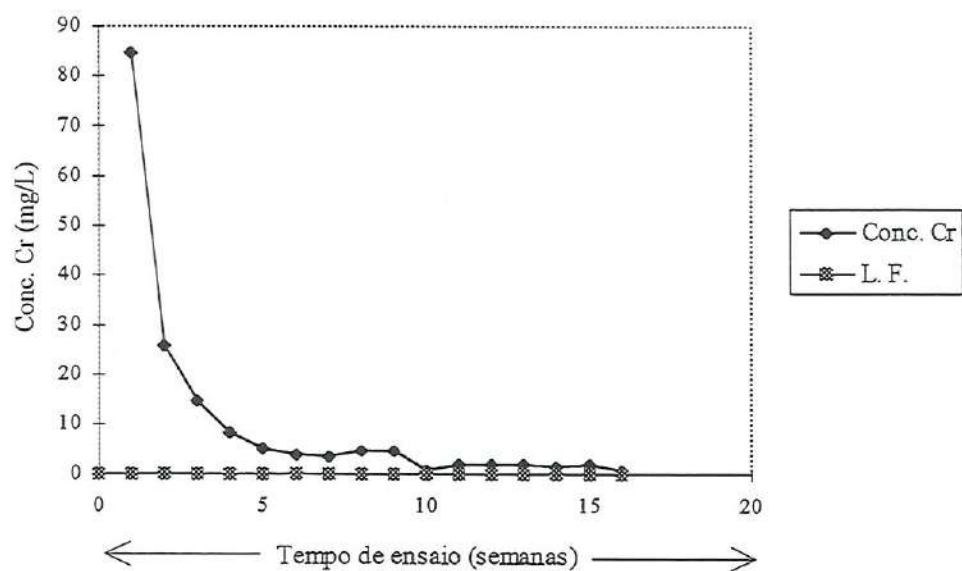


FIGURA A.34 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: A

TABELA A.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1: 4

Lodo empregado: A

Parâmetro	7 dias		28 dias		90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP1
pH inicial	9,0	9,2	7,1	6,9	6,5	6,1
pH final	4,9	4,9	4,9	5,0	4,9	4,9

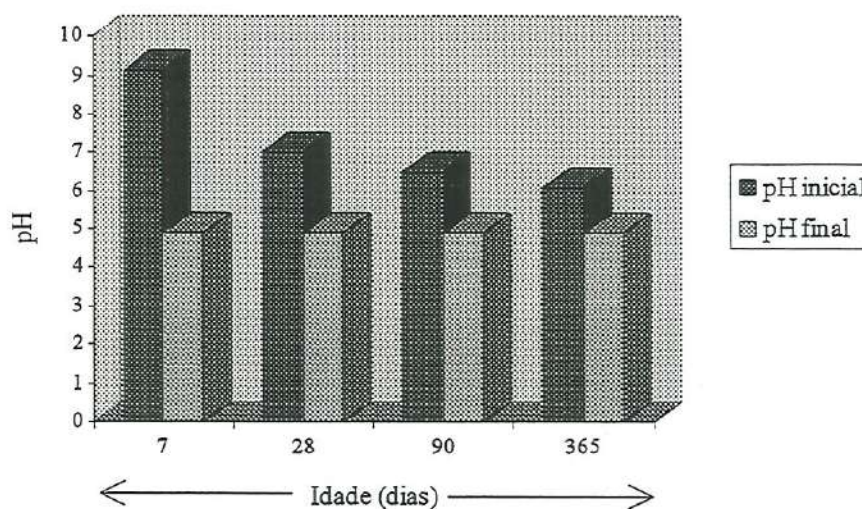


FIGURA A.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1: 4

Lodo empregado: A

TABELA A.36 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: A

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,70
	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,78
28 dias	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,74
	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,86
90 dias	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	3,00
365 dias	0,09	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02	3,10

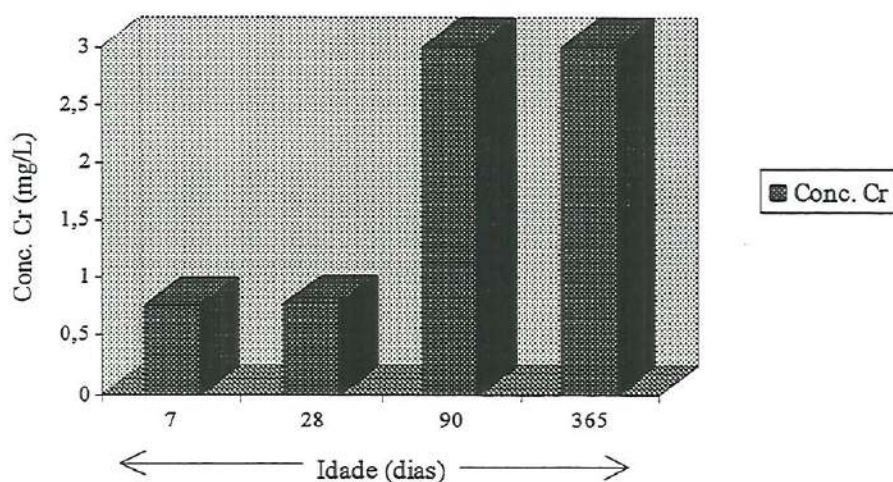


FIGURA A.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova : 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: A

TABELA A.37 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	-	12,2	0,07	nd	nd	0,19	0,04	nd	0,28	0,27
1	-	12,7	0,05	nd	nd	0,22	0,01	nd	0,30	0,30
2	10,4	12,4	0,03	nd	nd	0,14	nd	nd	0,05	0,12
2	10,75	12,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,14
3	10,3	12,4	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,14
3	10,5	12,3	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,15
4	10,3	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04
4	10,3	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,05
5	7,8	12,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,08
5	9,2	12,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
6	8,1	12,1	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	9,0	12,0	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,04
7	7,2	11,9	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04
7	6,2	11,9	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,07
8	5,9	11,3	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
8	6,7	11,8	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
9	6,0	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
9	6,0	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

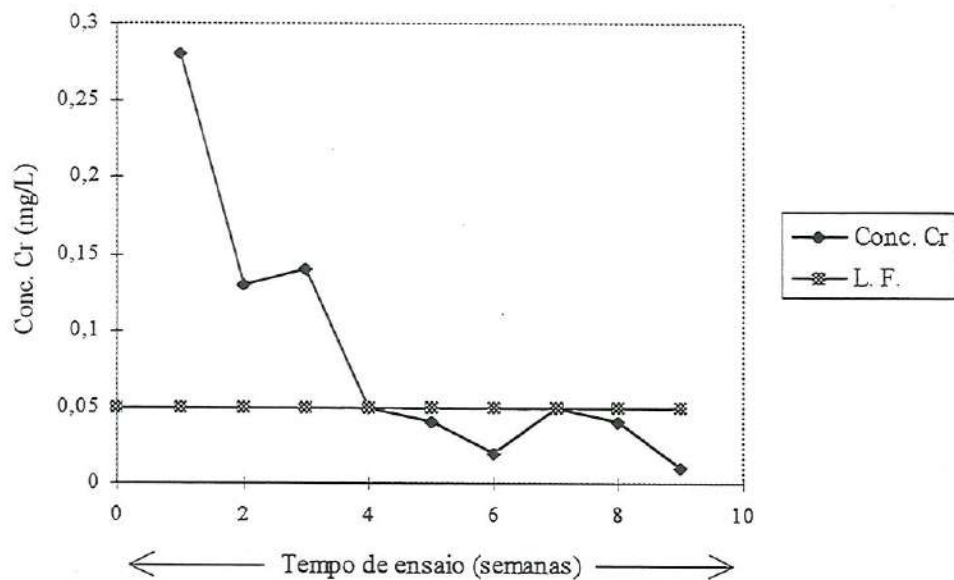


FIGURA A.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem
Lodo empregado: A

TABELA A.38 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
	semanas	inicial									final
1		11,1	12,4	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,09
1		10,9	12,3	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,13
2		9,4	12,4	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,16
2		8,4	12,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,16
3		8,0	12,2	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
3		8,0	12,1	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4		6,3	12,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
4		6,2	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
5		5,8	11,8	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04
5		6,1	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
6		5,7	12,1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd
6		5,7	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd

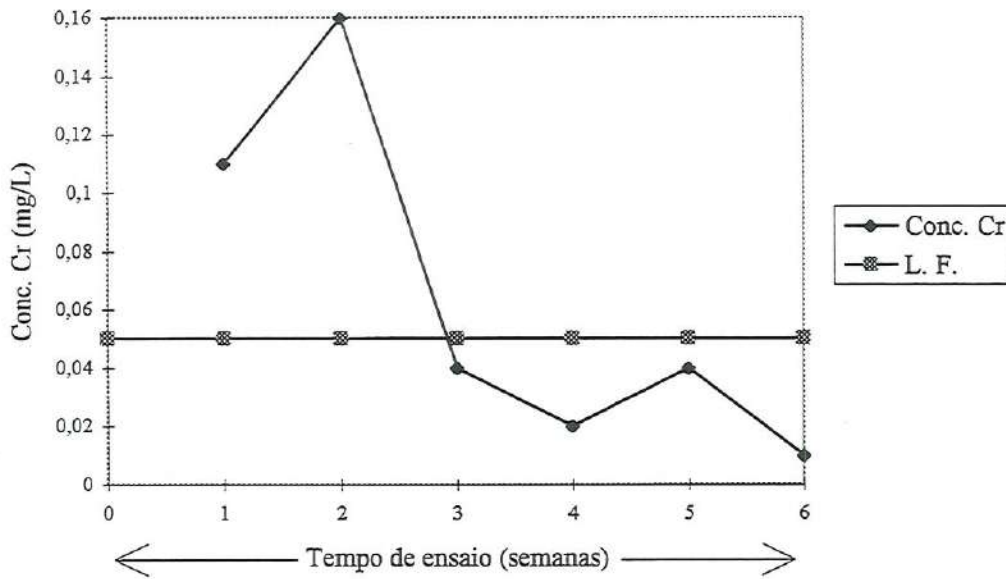


FIGURA A.38 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

TABELA A.39 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,5	12,4	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,17
1	9,7	12,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,13
2	9,2	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,12
2	8,3	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,11
3	9,0	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
3	9,0	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	7,7	11,6	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
4	5,9	11,6	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

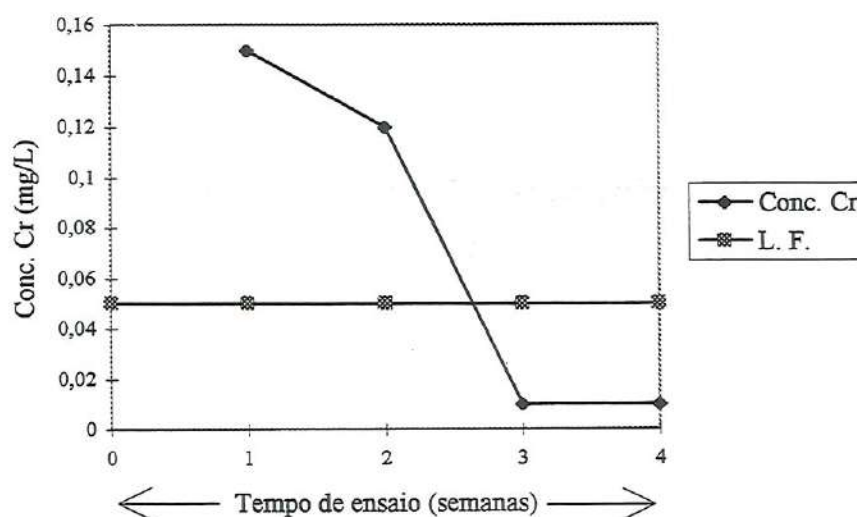


FIGURA A.39 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

TABELA A.40 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

Parâmetro	7 dias			28 dias			90 dias	
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 1	CP 2	CP 3	CP 1	CP 2
pH inicial	10,3	10,5	9,8	10,3	10,5	-	9,3	9,4
pH final	5,1	5,1	5,1	4,9	4,9	-	5,1	5,1

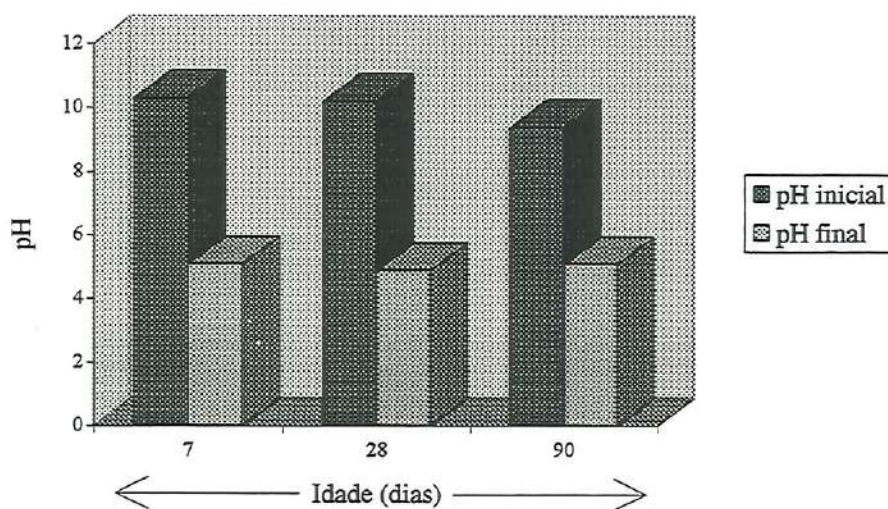


TABELA A.40 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

TABELA A.41 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}), no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,14
	0,07	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03	0,21
	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,09
28 dias	0,09	nd	nd	nd	nd	0,02	0,03	0,09
	0,08	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02	0,12
90 dias	0,19	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
	0,73	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03

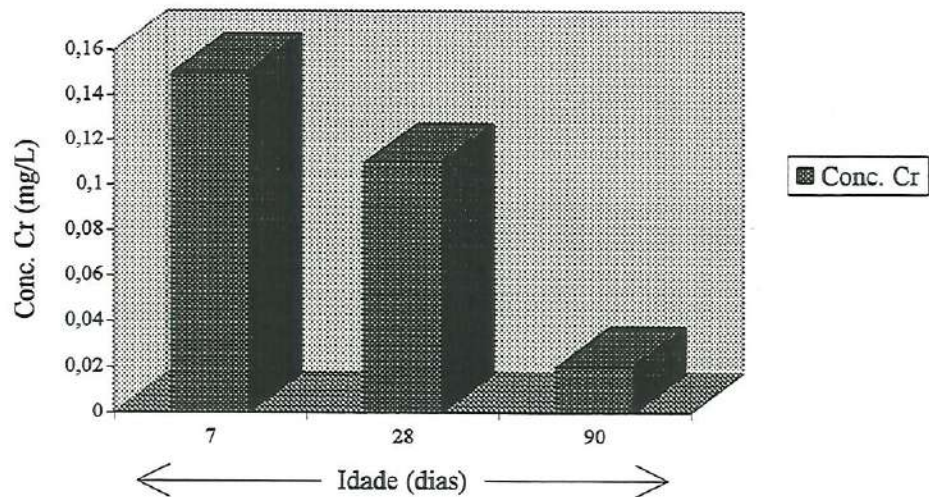


FIGURA A.41 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}), no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, com vaselina na fôrma de moldagem

Lodo empregado: A

TABELA A.42 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregação

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,8	12,5	nd	nd	nd	0,10	nd	nd	0,20	7,50
2	10,2	12,2	nd	nd	d	nd	nd	nd	0,06	0,56
3	6,2	12,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,18
4	6,3	12,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04
5	7,0	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,07
6	7,2	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
7	6,8	11,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,08
8	6,6	11,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
9	6,9	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

Obs. Não foi possível realizar o ensaio de lixiviação, devido a perdas de corpos de prova, quando da retirado dos mesmos das fôrmas.

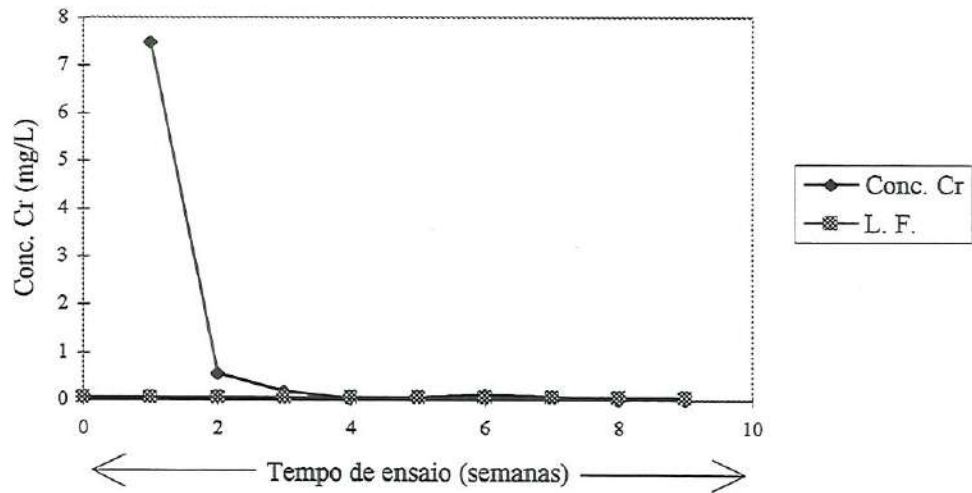


FIGURA A.42 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregação

Lodo empregado: A

TABELA A.43 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: A

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	6,2	10,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,37
2	6,1	11,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,70
3	6,0	10,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	2,63
4	6,3	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	4,30
5	6,0	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	7,50
6	6,2	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	3,14
7	5,8	11,1	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	6,85
8	6,1	11,2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,31
9	5,9	11,1	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,00
10	6,4	11,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	5,00
11	6,0	10,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	2,01
12	6,0	10,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,70
13	6,2	10,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,20
14	6,5	10,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,98
15	6,0	10,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,87
16	6,1	10,7	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,75

Obs. Só foi possível fazer o ensaio com uma amostra, devido a danos causados com a outra, quando da retirada da mesma da placa de vidro, após a impregnação.

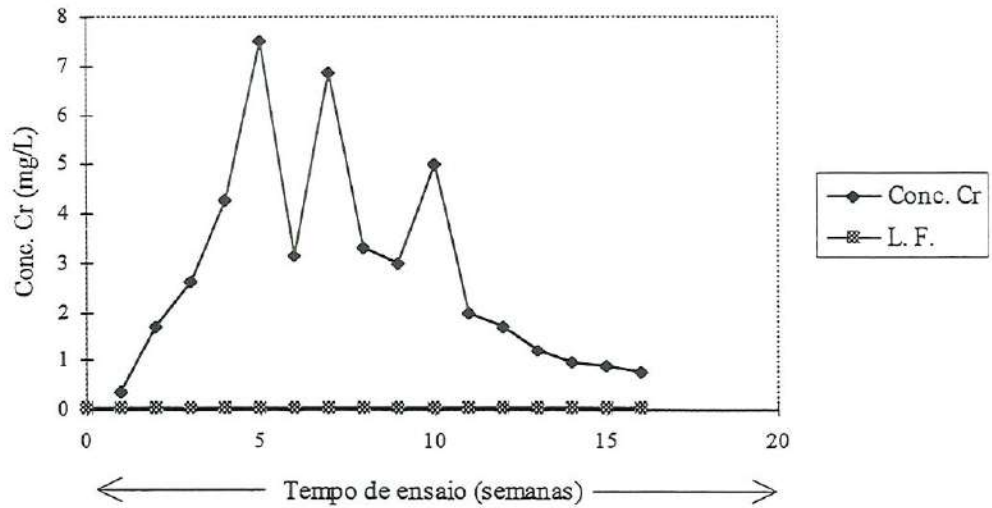


FIGURA A.43 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: A

TABELA A.44 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: A

Parâmetro	14 dias CPI
pH inicial	6,4
pH final	4,7

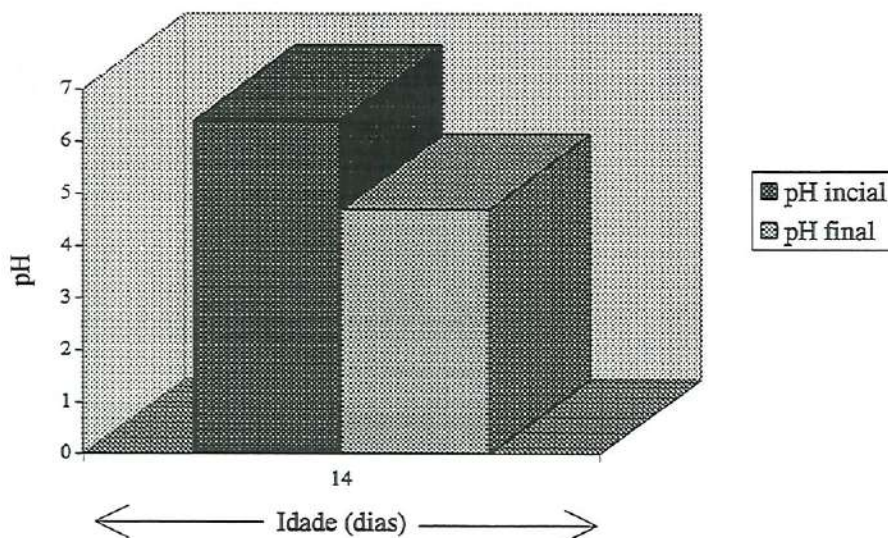


FIGURA A.44 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: A

TABELA A.45 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: A

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
14 dias	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd

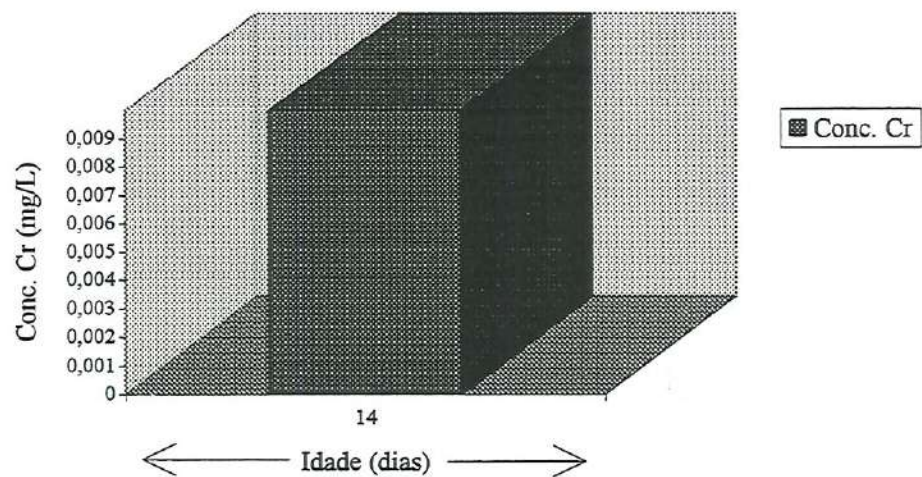


FIGURA A.45 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: A



ANEXO B

**TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados
com lodo seco a 110°C, moído e peneirado (B)**



TABELA B. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,7	12,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,16
1	10,5	12,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,22
2	7,4	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10
2	7,4	11,5	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,09
3	7,0	11,5	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	7,0	11,5	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,01

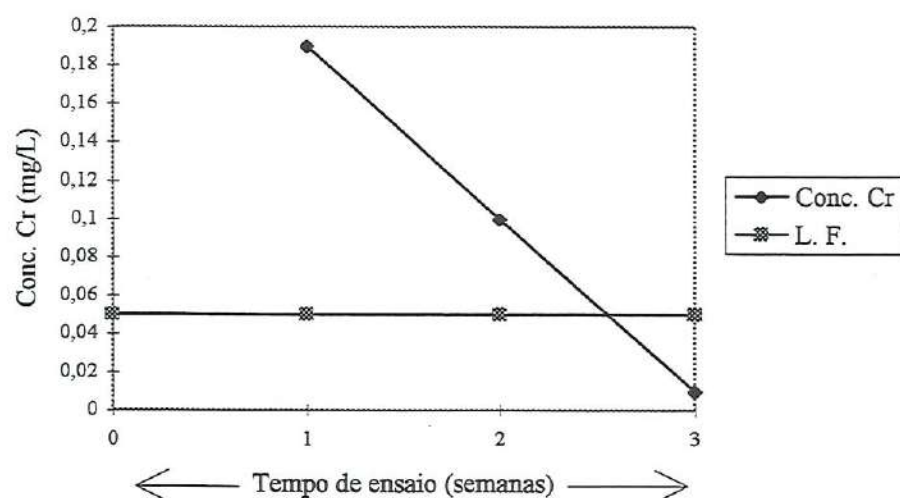


FIGURA B. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

TABELA B. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,3	12,1	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,50
1	10,4	12,1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,36
2	10,0	11,9	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
2	10,0	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

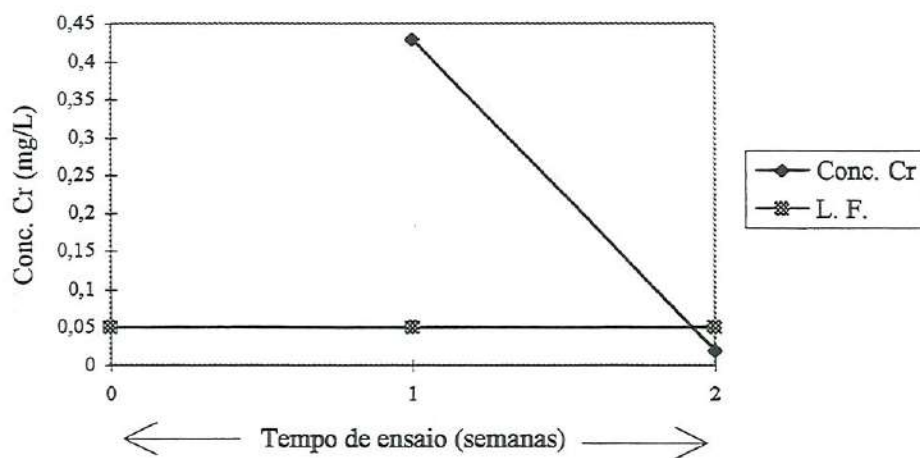


FIGURA B. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

TABELA B. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,0	11,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,60
1	9,8	11,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,73
2	7,5	11,2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,07
2	9,7	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,08
3	8,5	11,2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04
3	8,3	11,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05

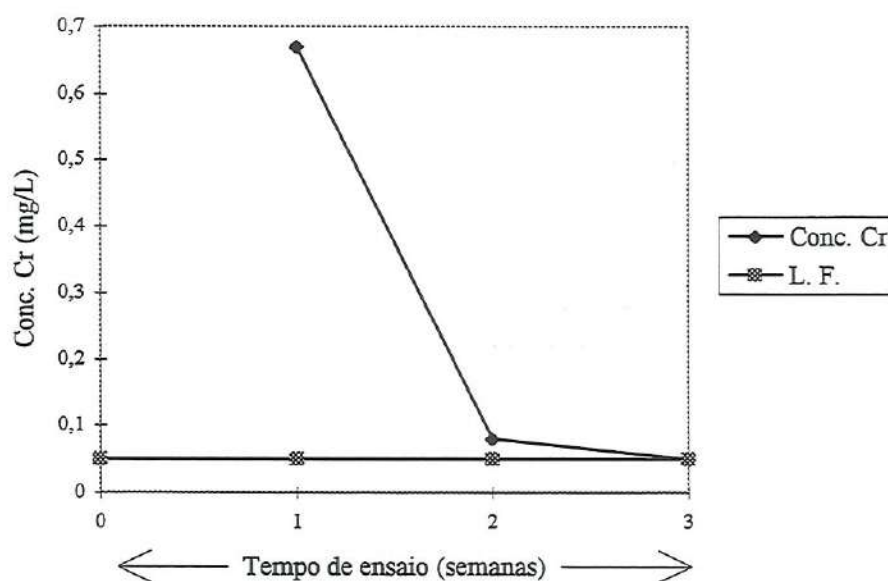


FIGURA B. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

TABELA B. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	9,9	11,3	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,11
1	9,9	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,16
2	6,3	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
2	6,4	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05

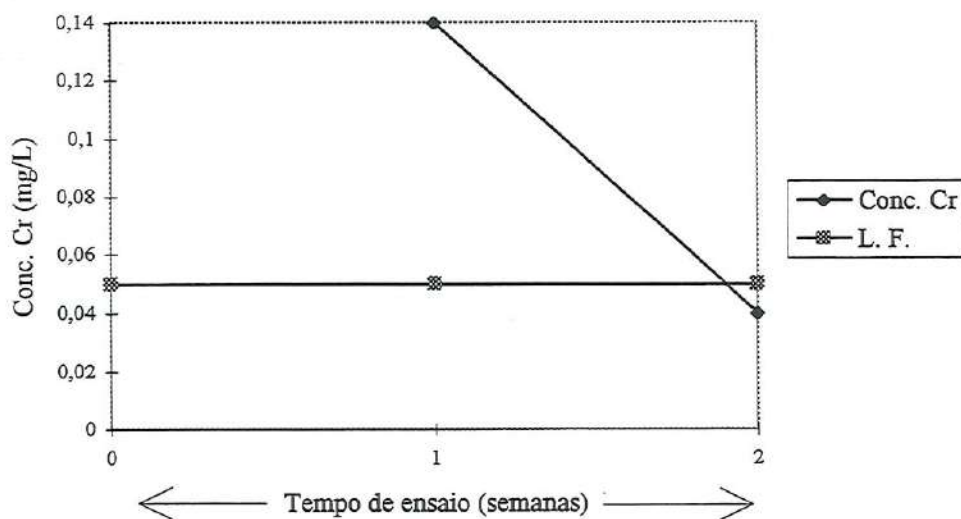


FIGURA B. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

TABELA B. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,8	9,8	9,0	7,5
pH final	5,0	4,9	5,0	4,9

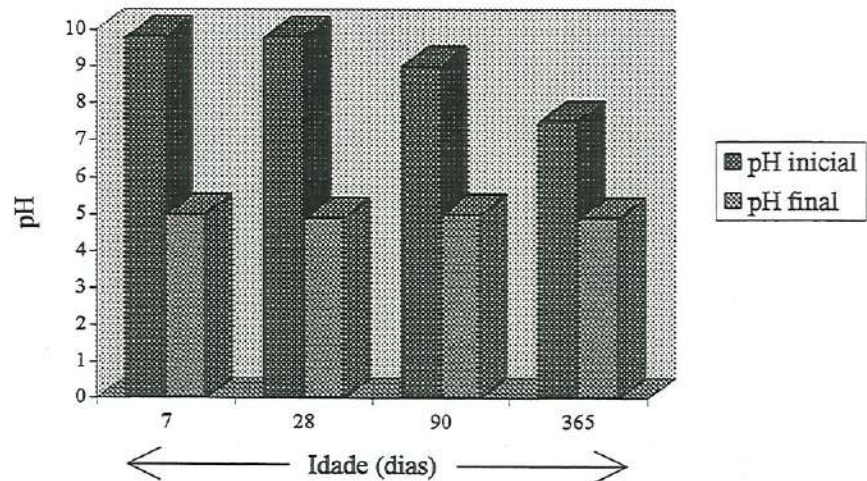


FIGURA B. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

TABELA B. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	0,06
28 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	0,04	0,01	0,03
90 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,08
365 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	0,02	0,01	nd

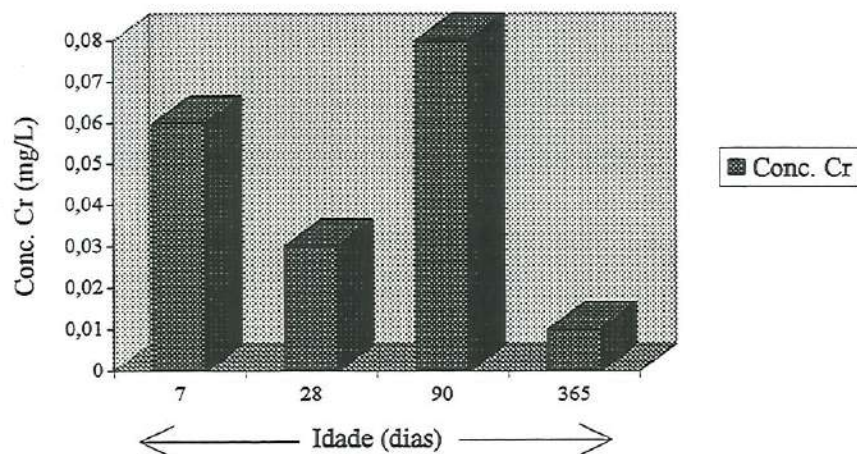


FIGURA B. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: B

TABELA B. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	11,2	12,6	0,02	nd	nd	0,03	nd	nd	0,20	0,56
1	11,2	12,6	0,08	nd	nd	0,08	0,01	nd	0,55	0,60
2	10,6	12,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
2	10,6	12,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02
3	9,4	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
3	10,0	12,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
4	9,9	12,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,05
4	10,1	12,0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04

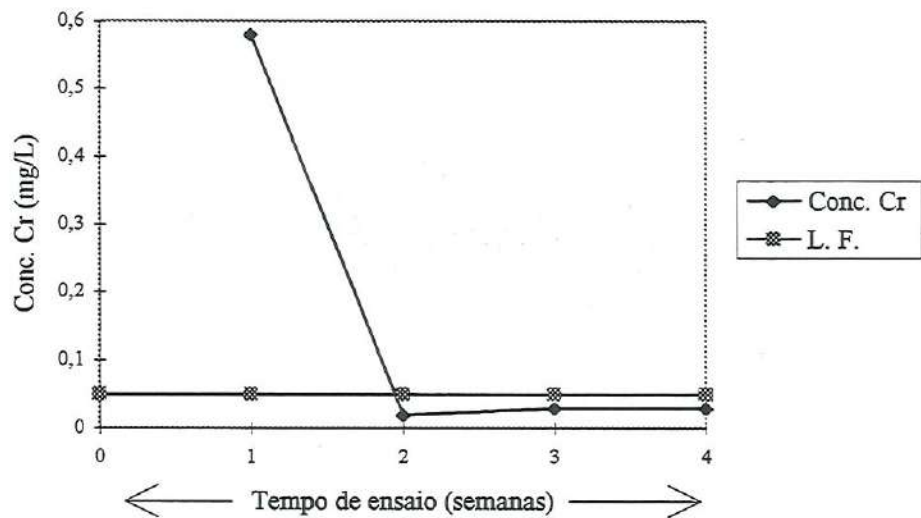


FIGURA B. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

TABELA B. 8 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,7	12,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,16	1,36
1	10,8	12,6	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,20	1,38
2	10,3	12,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,33
2	10,3	12,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,43
3	10,2	11,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,07
3	9,7	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,08
4	7,6	11,9	0,60	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03

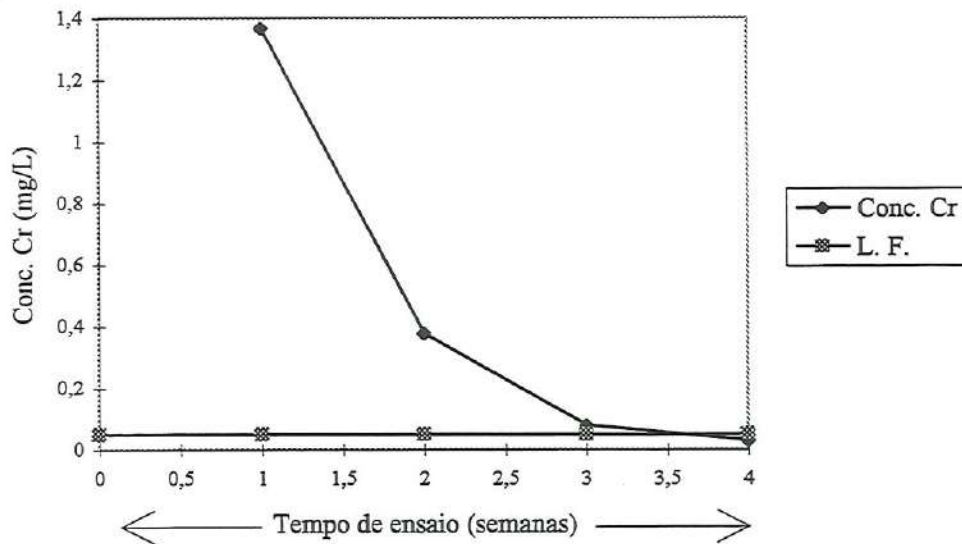


FIGURA B. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

TABELA B. 9 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,5	10,8	0,38	nd	nd	0,08	nd	nd	0,34	59,00
1	10,6	10,3	0,08	nd	nd	0,11	0,03	nd	0,40	54,00
2	8,3	11,3	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	4,30
2	8,3	11,0	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	3,10
3	9,9	11,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	4,80
3	9,9	10,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	2,80
4	8,5	11,2	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,87
4	7,4	10,9	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,80
5	7,8	11,3	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,51
5	8,0	10,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,58
6	6,7	11,6	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,12	1,52
7	6,1	11,1	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,53
8	6,6	11,0	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,30
9	8,7	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,05

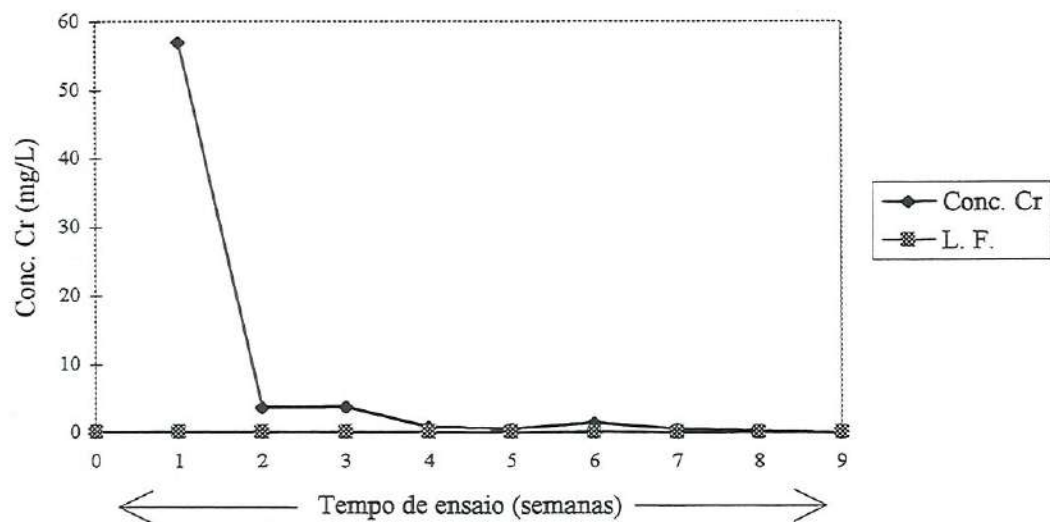


FIGURA B. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: B

TABELA B.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	9,7	11,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8,50
1	9,6	11,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,13	13,00
2	6,7	11,4	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	2,72
2	6,2	11,3	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	6,12
3	6,2	11,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,19
3	6,1	11,1	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	3,75
4	6,6	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,37
4	6,5	11,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,65
5	7,0	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,60
6	8,6	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,50
7	7,0	10,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,60
8	6,2	10,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,46
9	6,7	10,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,22
10	6,0	10,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,49
11	6,9	10,3	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,51
12	6,2	10,2	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,25
13	6,4	10,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

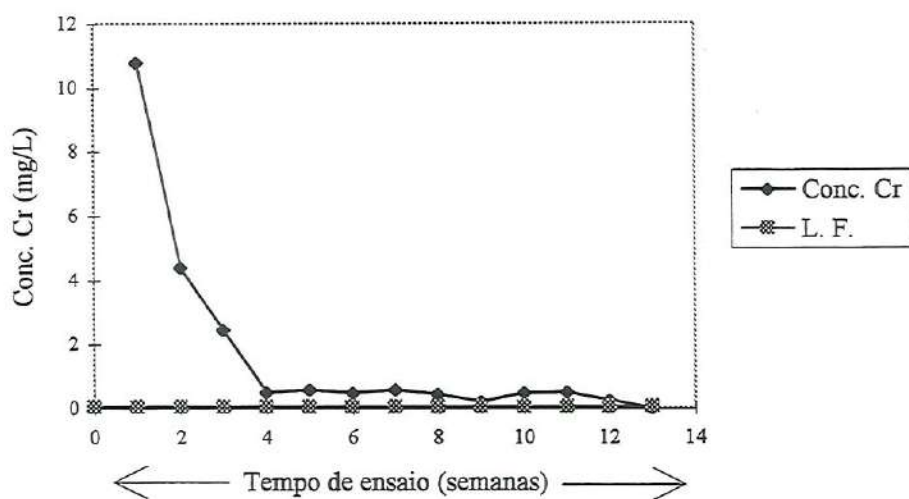


FIGURA B.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: B

TABELA B.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

Parâmetro	7 dias		28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,3	10,2	9,6	9,6	8,0
pH final	5,0	5,0	4,9	5,0	4,9

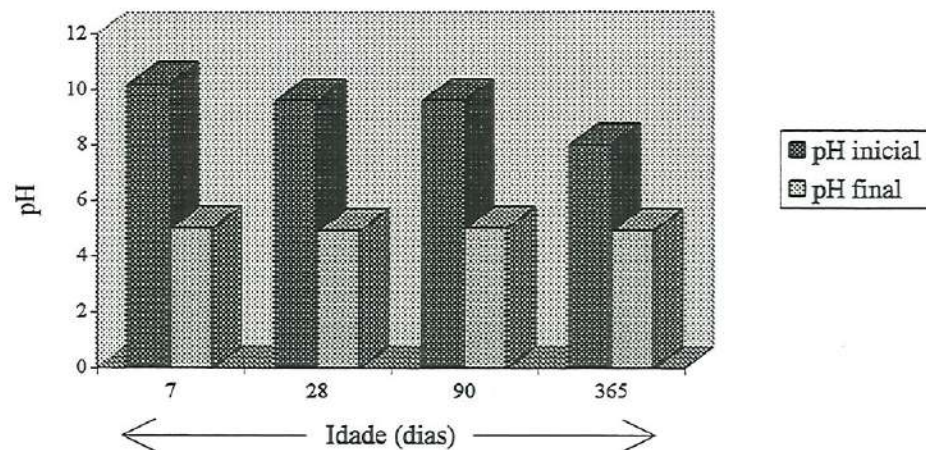


FIGURA B.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

TABELA B.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	0,04	nd	0,04
28 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	0,02
90 dias	0,07	nd	nd	nd	nd	0,02	0,01	0,06
365 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	0,04	0,02	1,80

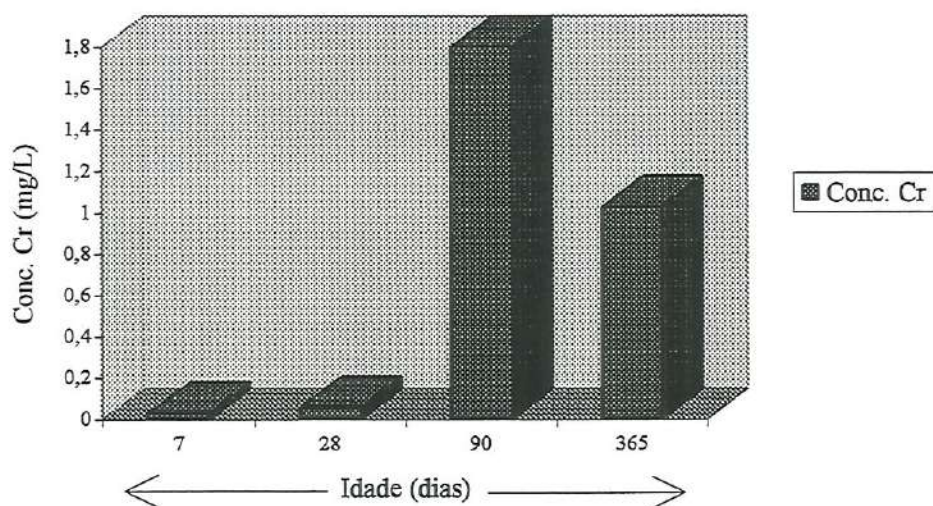


FIGURA B.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: B

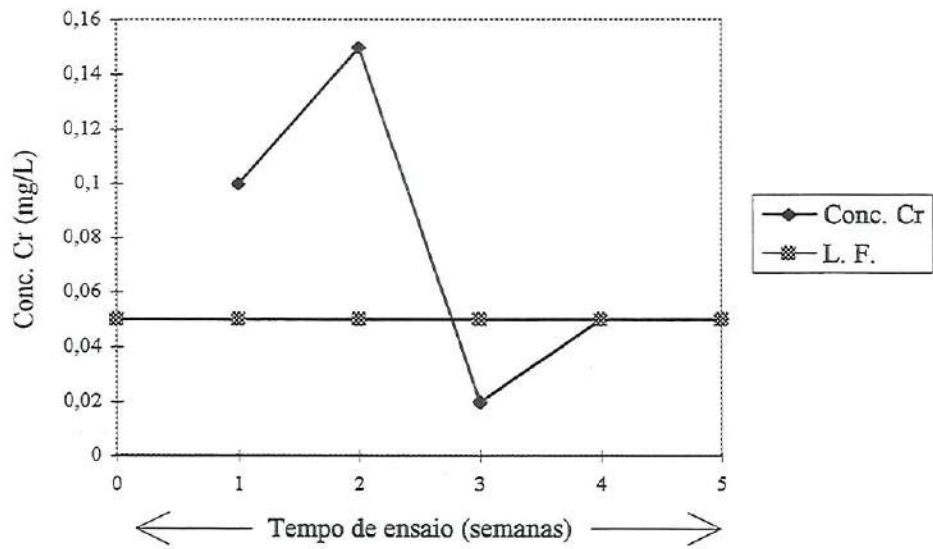


FIGURA B.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: B

TABELA B.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,6	12,5	0,02	nd	nd	0,03	nd	nd	0,05	0,75
1	10,6	12,4	0,07	nd	nd	0,04	0,03	nd	0,04	0,88
2	8,2	12,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,39
2	9,8	12,1	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,47
3	6,5	12,0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,14
3	5,9	11,9	0,19	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,14
4	10,5	11,8	0,55	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,05
5	7,4	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,04

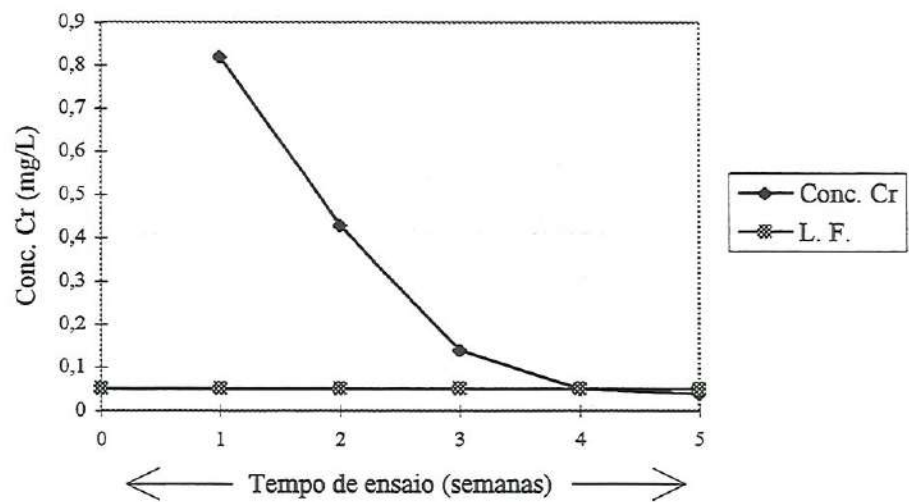


FIGURA B.14 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: B

TABELA B.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,0	9,8	0,03	nd	nd	0,15	nd	nd	0,21	8,00
1	10,1	9,8	0,09	nd	nd	0,19	nd	nd	0,13	1,98
2	6,7	10,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	1,30
2	6,2	10,5	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,15
3	7,6	11,0	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	2,03
3	8,8	10,9	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20
4	7,2	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,83
5	8,0	11,0	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,62
6	6,3	10,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,76
7	8,9	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,05
8	6,7	11,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,09	1,80
9	9,2	10,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,59
10	5,6	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,50
11	8,8	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,12
12	5,7	10,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,10
13	6,0	10,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10
14	5,3	10,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,09
15	5,6	10,6	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,10
16	5,4	10,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

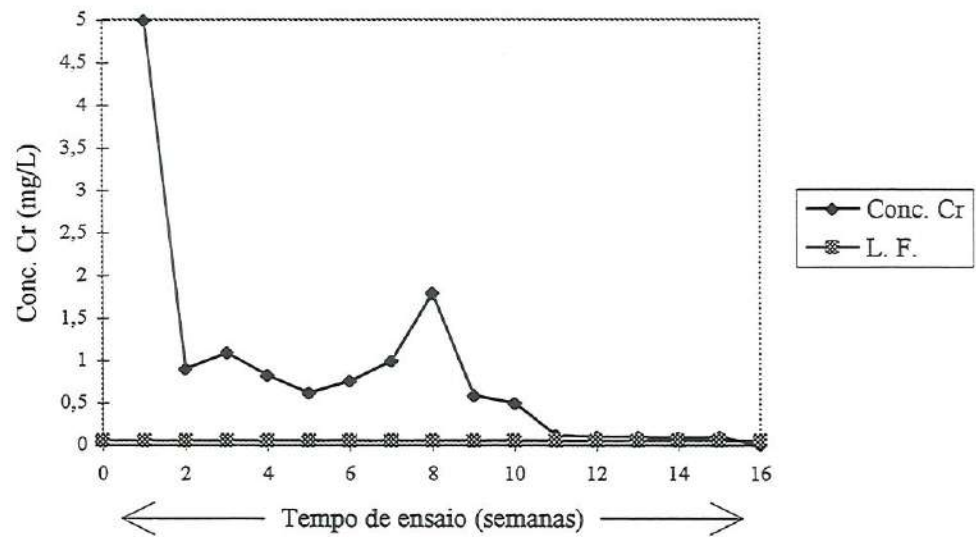


FIGURA B.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: B

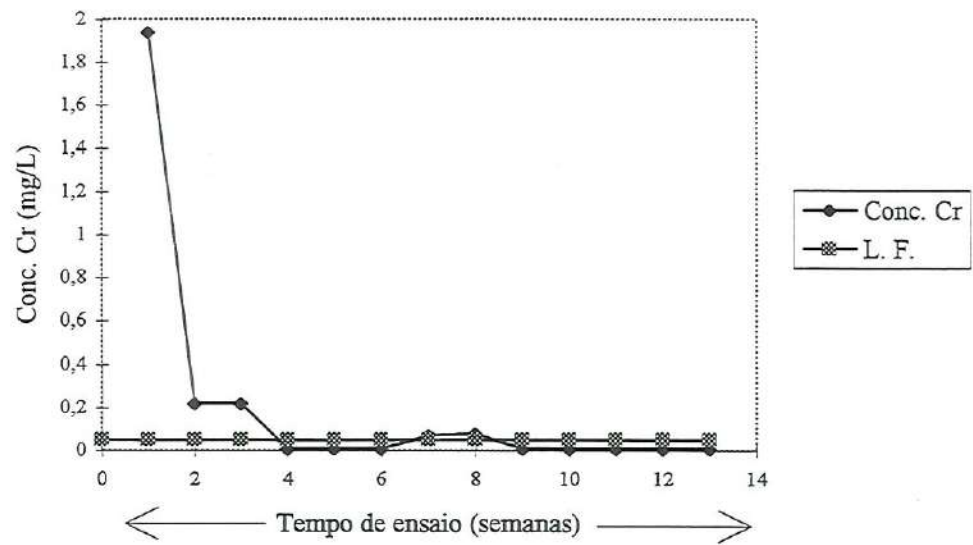


FIGURA B.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: B

TABELA B.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: B

Parâmetro	7 dias		28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,2	10,1	9,4	8,7	6,7
pH final	4,9	4,9	4,9	5,0	4,8

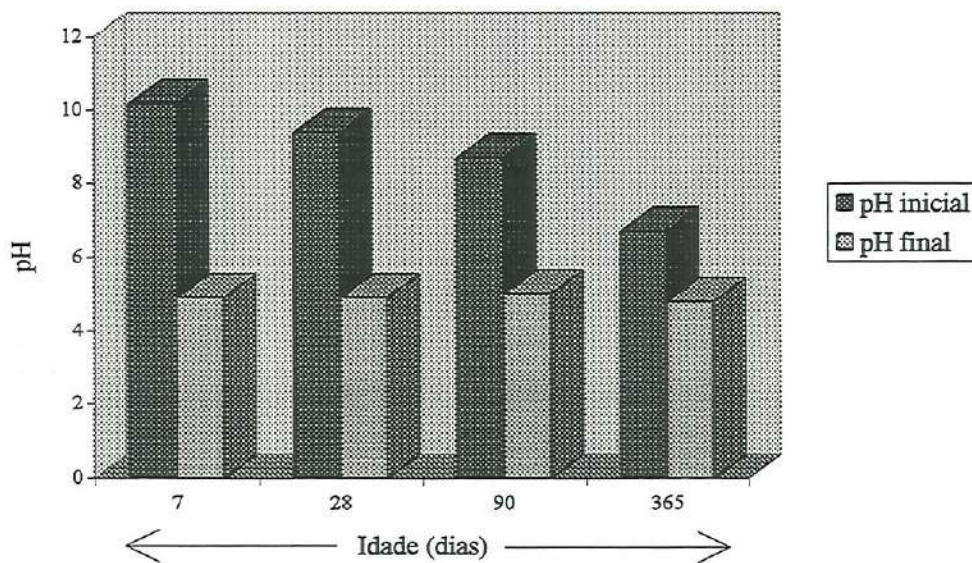


FIGURA B.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: B

TABELA B.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: B

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	0,02
	0,05	nd	nd	nd	nd	0,01	0,01	0,07
28 dias	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
90 dias	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,01	0,05
365 dias	0,09	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nd

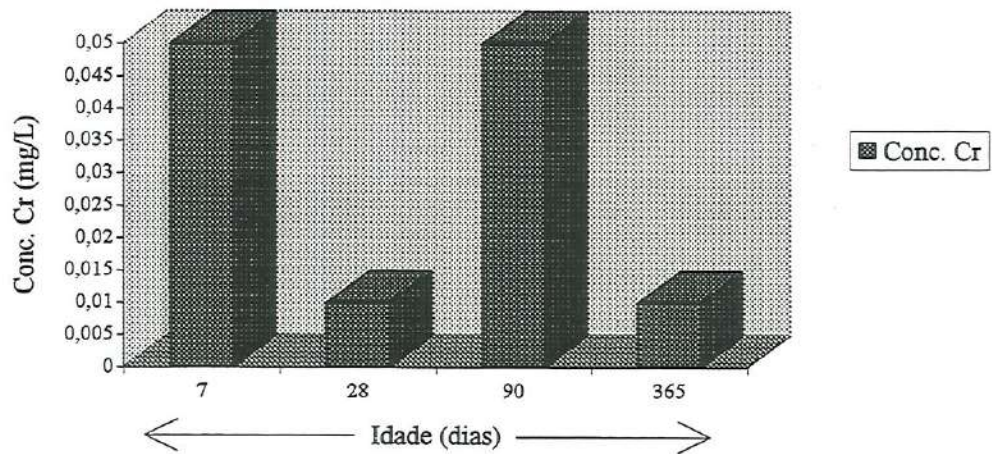


FIGURA B.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: B

TABELA B.19 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,6	12,2	0,09	0,15	nd	0,28	0,09	nd	0,01	0,50
1	10,5	12,2	0,06	0,38	nd	0,29	0,05	nd	0,01	0,50
2	10,7	12,1	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,44
2	10,6	12,1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,40
3	9,9	12,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,60
3	9,8	12,0	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,42
4	9,7	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,33
4	7,1	11,8	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,29
5	8,2	11,5	0,15	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,22
6	7,2	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,11
7	8,2	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,20
8	6,1	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,10
9	6,5	11,3	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,10
10	6,2	9,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,15	0,37
11	5,5	9,5	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,14	0,25
12	5,6	9,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,13
13	5,6	10,0	0,24	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,07
14	5,5	9,9	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,05

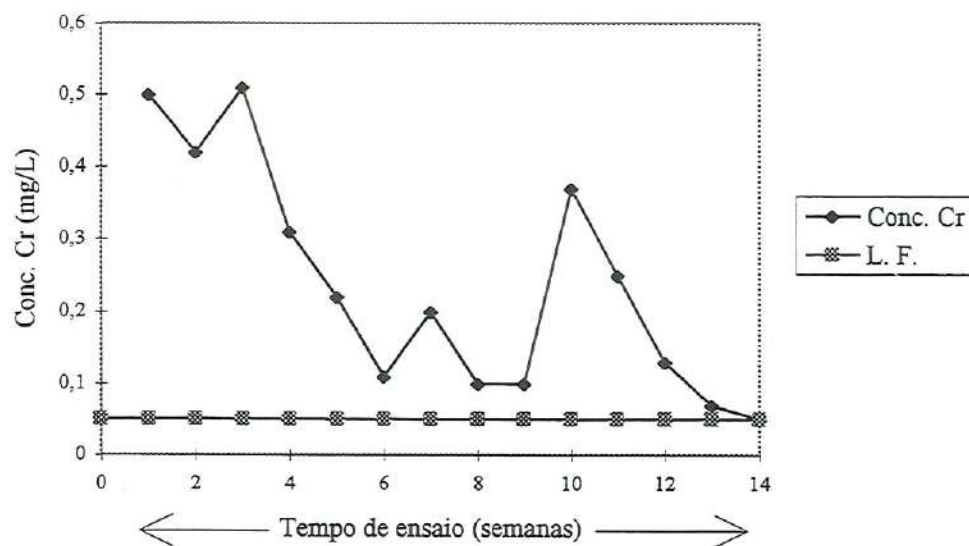


FIGURA B.19 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: B

TABELA B.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,5	12,0	0,02	nd	nd	0,04	0,09	nd	0,02	0,54
1	10,5	12,0	0,07	nd	nd	0,09	0,01	nd	0,02	0,77
2	10,7	11,9	0,75	nd	nd	nd	0,05	nd	0,05	1,05
2	9,9	12,0	1,90	nd	nd	nd	0,45	nd	0,05	0,87
3	10,0	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,32
3	9,8	11,8	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,21
4	9,0	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,60
5	6,1	11,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,35
6	7,7	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,24
7	6,1	9,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,16	0,53
8	5,3	9,5	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,16	0,26
9	5,5	9,1	0,18	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,15
10	5,6	9,9	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,08
11	5,4	9,7	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,04

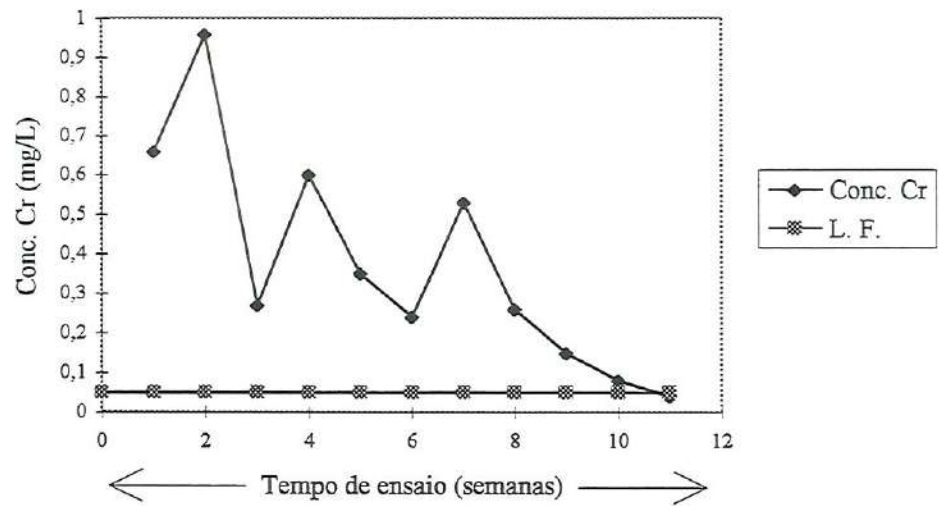


FIGURA B.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: B

TABELA B.21 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	7,8	10,2	0,08	nd	nd	nd	0,07	nd	0,03	6,54
1	8,4	10,2	0,09	0,04	nd	0,10	0,07	0,01	0,05	5,90
2	8,7	10,8	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,45
2	6,2	10,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,26
3	6,5	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,16
3	6,1	10,6	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,23
4	9,8	10,6	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,14
5	7,2	10,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,20	1,60
6	5,6	10,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	0,85
7	6,1	10,1	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	0,69
8	5,8	10,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,22
9	5,8	9,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,32
10	6,0	9,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,14
11	5,7	9,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,15
12	5,7	9,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,09
13	5,7	9,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,19
14	8,1	9,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,11
15	5,8	9,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,11
16	6,1	9,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

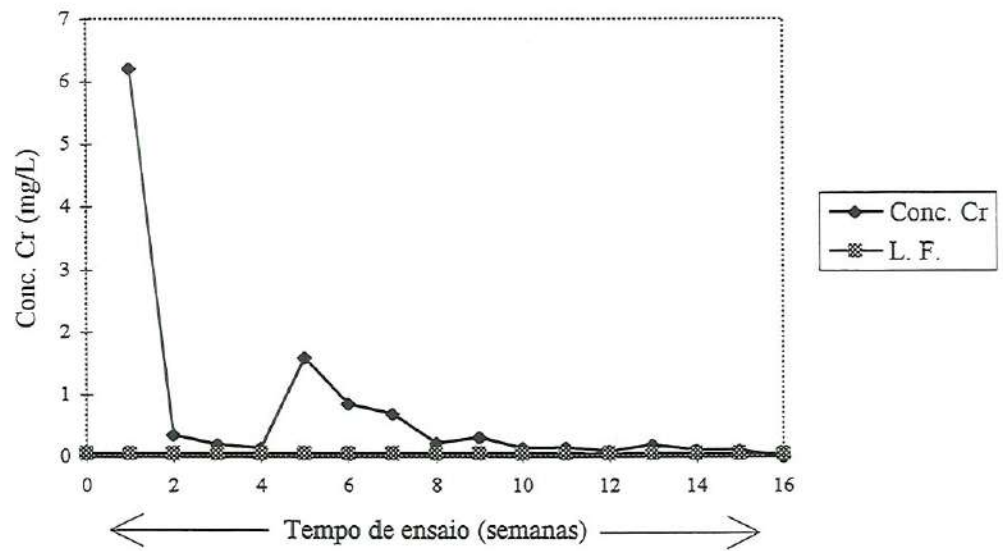


FIGURA B.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: B

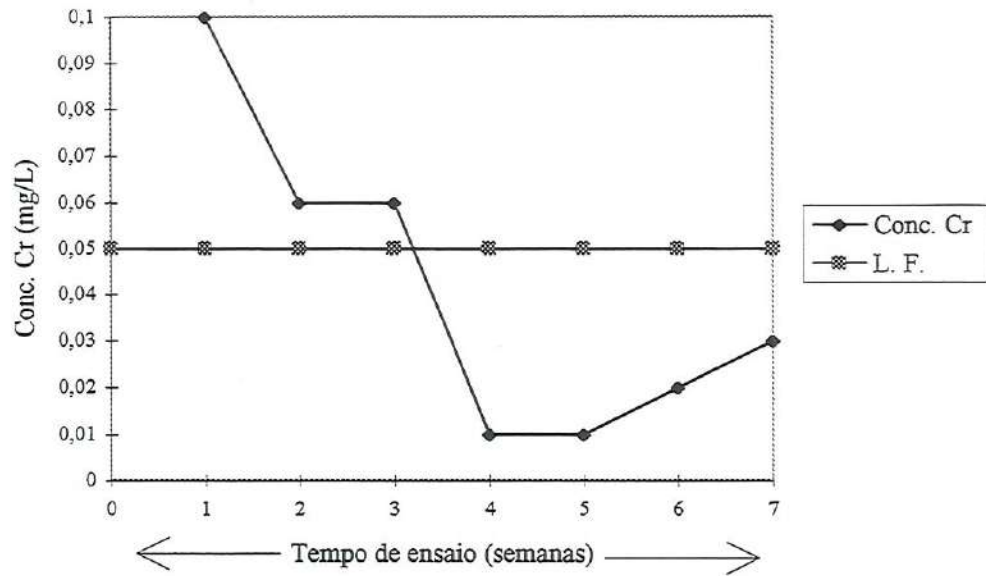


FIGURA B.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: B

TABELA B.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: B

Parâmetro	7 dias		28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,4	9,7	9,5	7,3	7,0
pH final	5,1	5,1	5,0	4,9	4,9

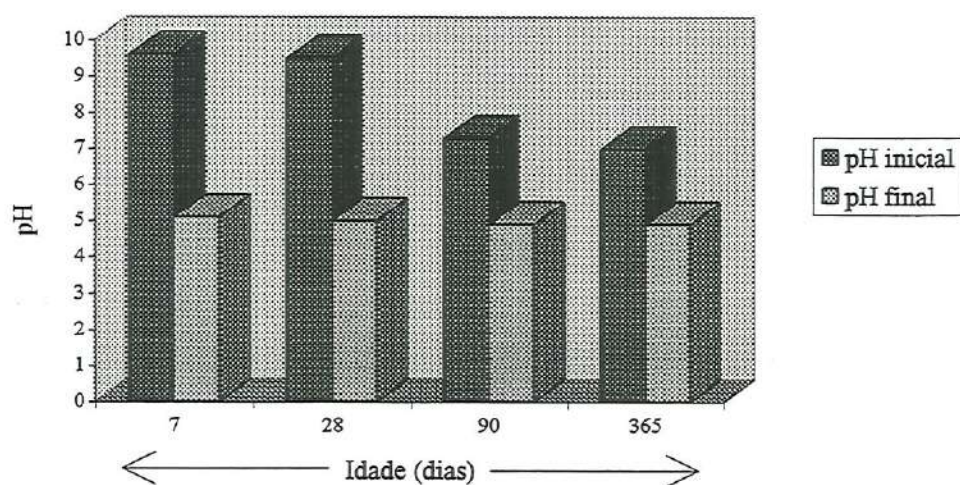


FIGURA B.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: B

TABELA B.24 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: B

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	0,03
	0,05	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	0,05
28 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,15
90 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	0,02	0,05	0,65
365 dias	0,08	nd	nd	nd	nd	0,04	nd	0,10

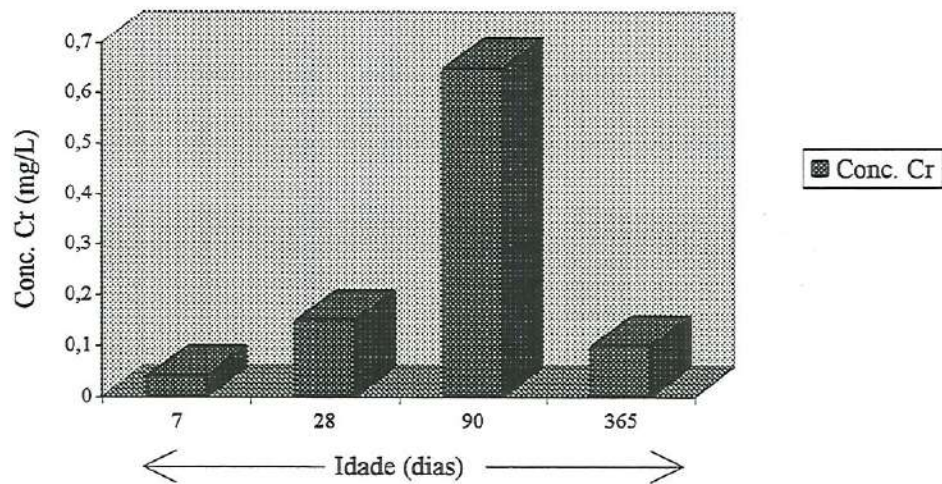


FIGURA B.24 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: B

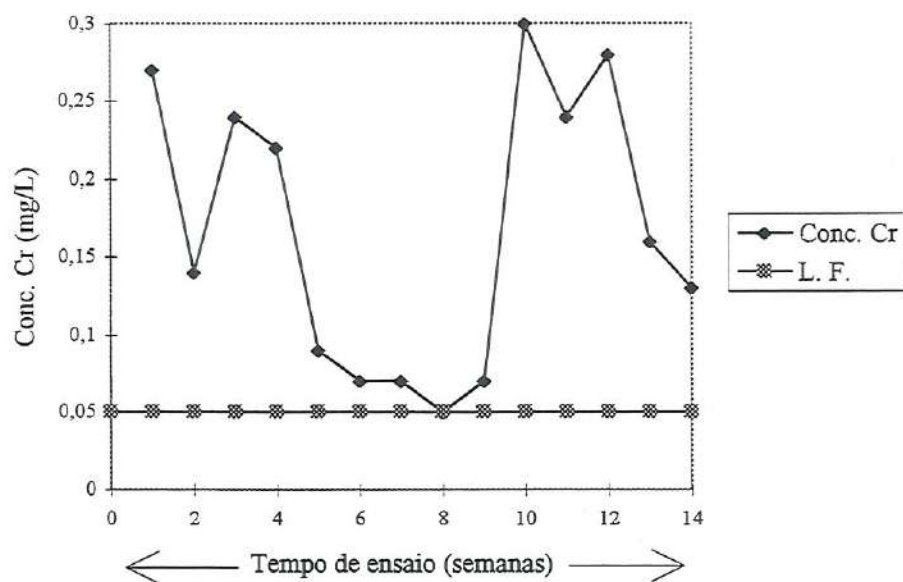


FIGURA B.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: B

TABELA B.26 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,0	11,5	0,08	nd	nd	0,35	0,10	0,01	0,03	0,32
1	10,3	11,5	0,12	nd	nd	0,30	0,07	0,01	0,02	0,20
2	9,1	11,4	0,19	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,17
2	9,5	11,4	0,75	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,18
3	6,0	11,1	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,13
3	6,1	11,2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,22
4	6,0	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,30
5	6,0	10,9	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04
6	6,0	11,0	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,06
7	6,4	8,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	0,29
8	5,9	9,2	0,27	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,20
9	5,5	9,2	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,24
10	5,6	9,1	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,16
11	5,8	9,1	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,14
12	7,0	8,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,14	0,55
13	6,0	8,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,40
14	6,2	8,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,31
15	6,0	8,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02

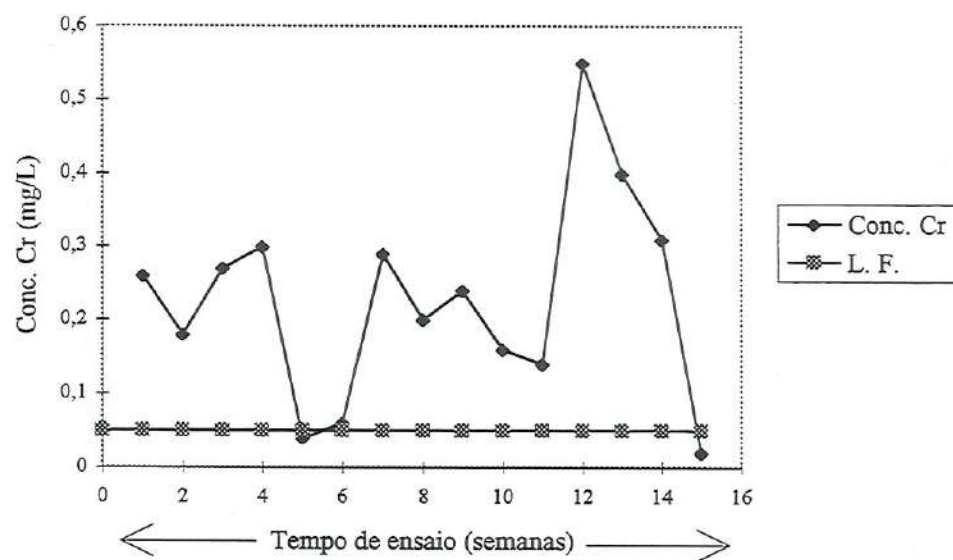


FIGURA B.26 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: B

TABELA B.27 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	6,8	10,2	0,26	0,15	nd	0,25	0,06	nd	0,12	2,36
1	6,9	10,2	0,09	0,26	nd	0,25	0,07	0,01	0,42	113,00
2	5,6	10,6	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,50
2	6,1	10,5	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,14	50,00
3	5,9	10,4	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,34
3	5,9	10,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	40,00
4	5,8	10,7	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,32
4	5,9	10,4	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	8,50
5	6,4	9,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,15	0,68
5	6,4	10,0	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,17	6,30
6	5,5	9,3	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,48
6	5,6	9,9	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	2,24
7	5,8	9,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,35
7	5,7	9,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,09	1,83
8	5,7	9,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,12
8	5,8	10,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	1,30
9	5,7	9,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,15
9	5,8	10,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	1,47
10	5,8	9,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,20
10	5,7	9,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,24
11	6,2	9,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,20
11	6,1	9,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,11
12	6,0	9,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,17
12	5,9	9,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,90
13	5,6	9,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,28
13	5,6	9,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,96
14	5,8	9,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,19
14	5,9	9,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,82
15	5,4	9,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,14
15	5,4	9,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,64
16	5,8	9,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
16	5,6	9,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,57

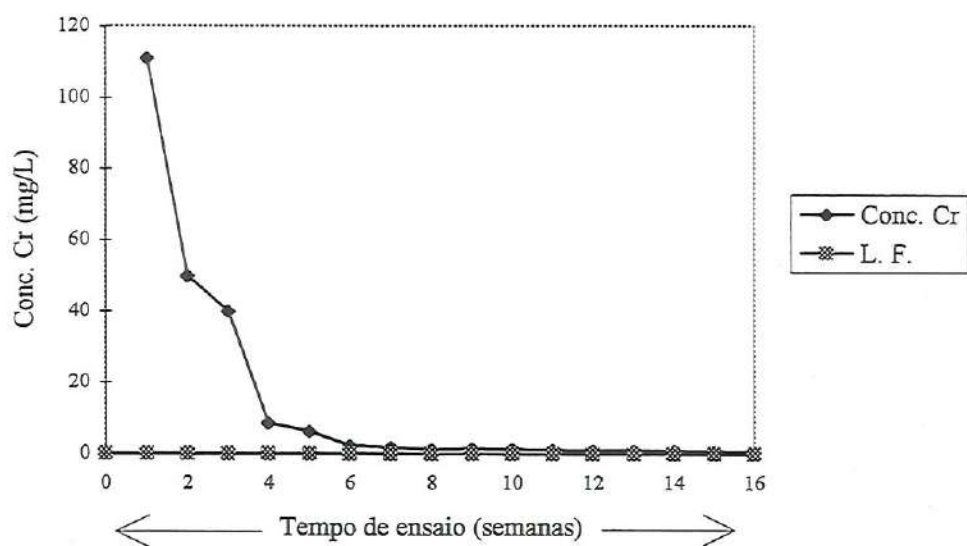


FIGURA B.27 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: B

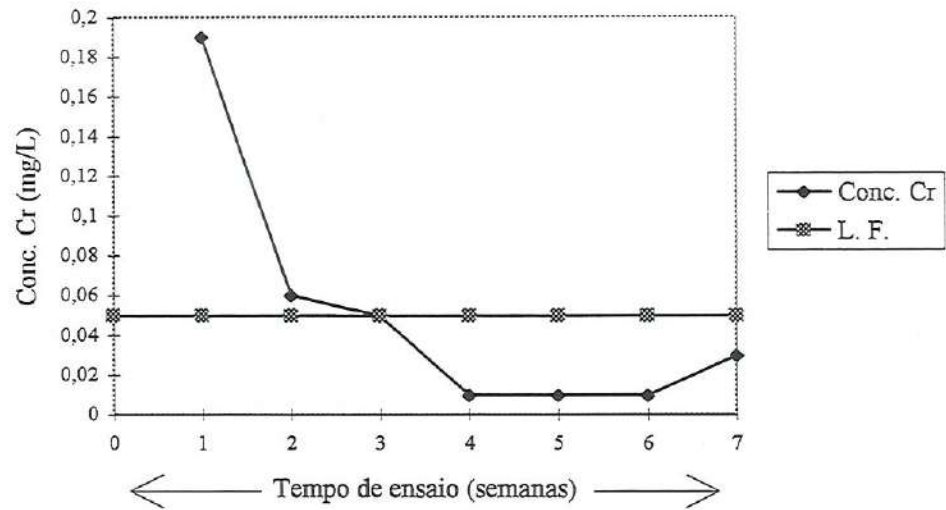


FIGURA B.28 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: B

TABELA B.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: B

Parâmetro	7 dias		28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,5	9,4	8,6	6,7	6,7
pH final	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9

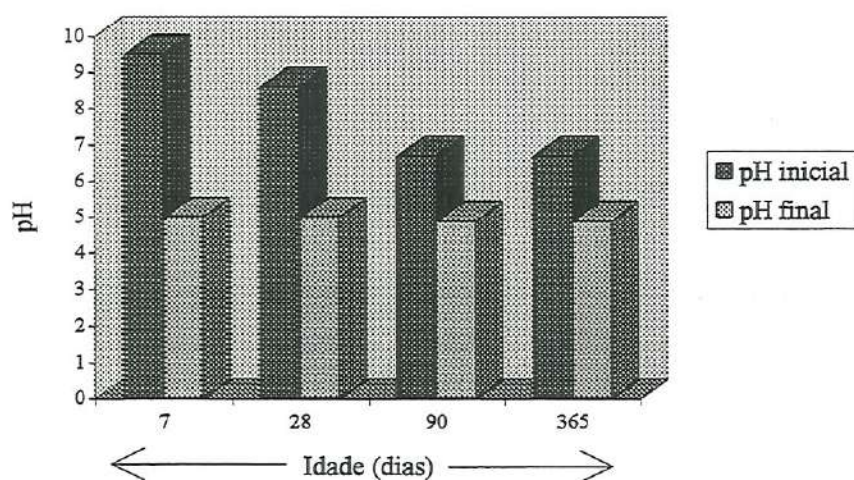


FIGURA B.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: B

TABELA B.30 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: B

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
	0,04	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	0,08
28 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	0,15
90 dias	0,10	nd	nd	nd	nd	0,03	0,02	0,09
365 dias	0,11	nd	nd	nd	nd	0,05	nd	1,45

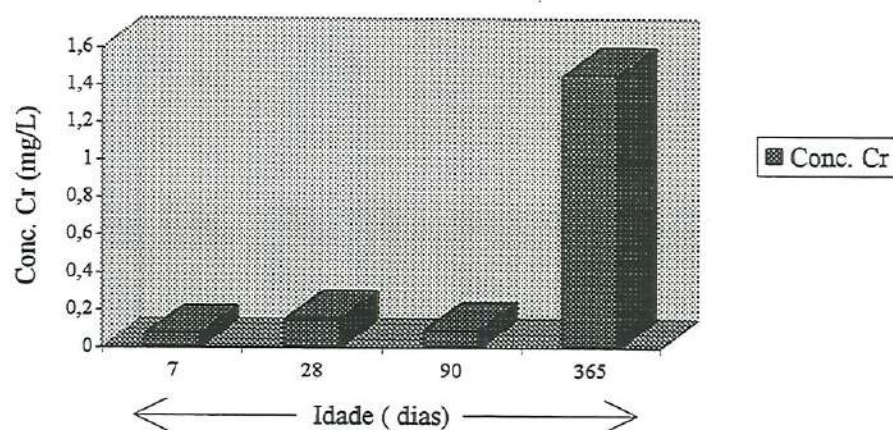


FIGURA B.30 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: B

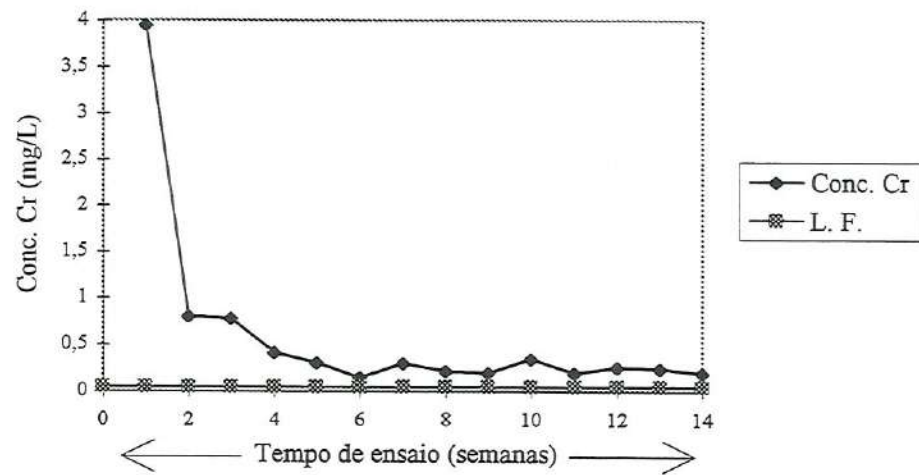


FIGURA B.31 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

TABELA B.32 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	9,3	10,1	0,19	nd	nd	0,40	0,11	0,02	0,02	0,46
1	9,6	10,3	0,11	nd	nd	0,46	0,09	0,02	0,02	0,45
2	9,6	10,9	0,03	nd	nd	nd	0,05	0,01	nd	nd
2	8,1	11,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,16
3	7,8	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
3	5,9	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,23
4	6,3	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,09
5	6,0	10,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03

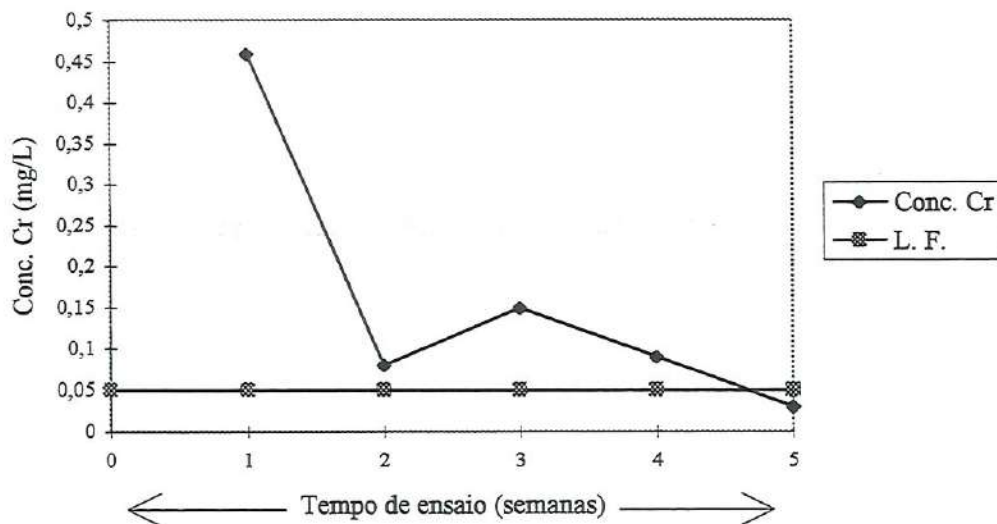


FIGURA B.32 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

TABELA B.33 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	7,5	8,8	0,10	0,20	nd	0,34	0,10	0,02	0,07	0,41
1	7,4	9,1	0,10	0,19	nd	0,41	0,12	0,02	0,05	0,30
2	5,4	9,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,13
2	5,5	9,1	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,15
3	5,8	9,5	0,15	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,06
3	5,8	9,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,05
4	5,9	9,7	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
5	6,0	9,5	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,26	0,50
6	5,4	9,3	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	0,49
7	5,9	9,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	0,47
8	6,0	9,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,18
9	5,7	9,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,23
10	5,4	9,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,20
11	5,4	9,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,14
12	5,5	9,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,24
13	5,5	9,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,31
14	5,9	9,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,23
15	5,6	9,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,17
16	6,1	9,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

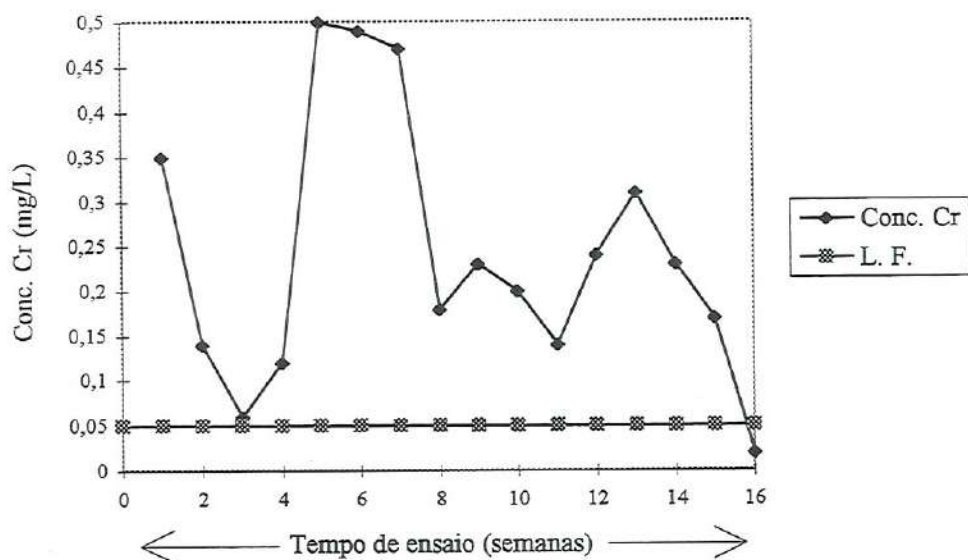


FIGURA B.33 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: B

TABELA B.34 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	7,0	8,7	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,18
1	7,0	8,7	0,07	nd	nd	nd	0,06	0,01	0,13	78,00
2	5,9	8,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
2	5,9	8,7	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	7,00
3	6,1	8,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
3	6,0	8,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,80
4	6,0	8,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd
4	5,9	8,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	3,05
5	6,4	8,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
5	6,3	8,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	2,05
6	5,8	8,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
6	5,7	8,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,67
7	6,1	8,7	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
7	6,1	8,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,04
8	5,8	8,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,30
9	6,4	8,6	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,90
10	6,3	8,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
11	6,2	8,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,50
12	6,4	8,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,44
13	6,1	8,7	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
14	6,1	8,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
15	6,2	8,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04
16	6,0	8,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

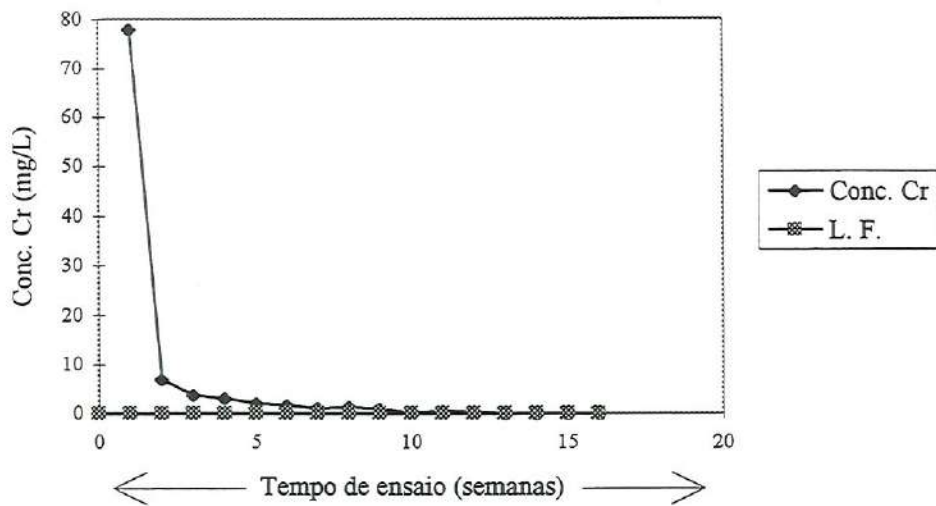


FIGURA B.34 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: B

TABELA B.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

Parâmetro	7 dias		28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP1	CP1
pH inicial	7,9	8,6	7,0	6,1	7,7
pH final	5,0	5,0	5,0	5,0	4,8

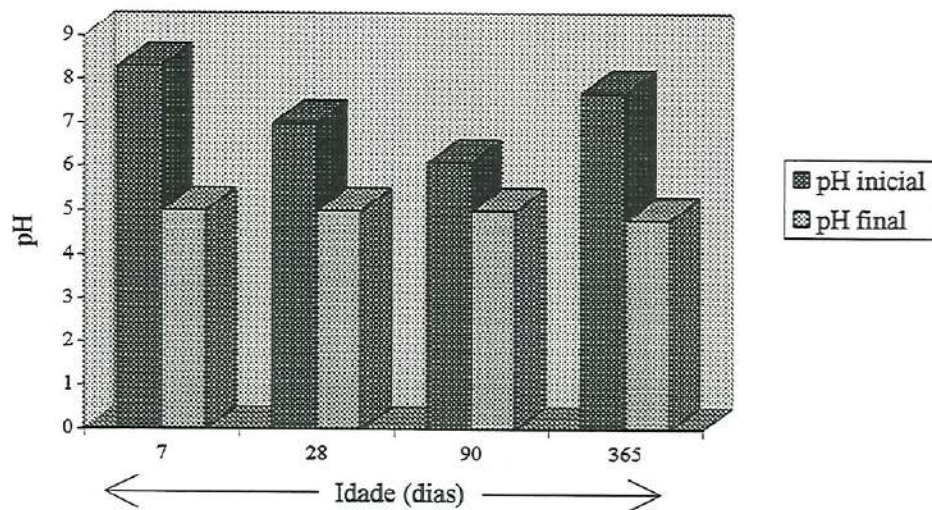


FIGURA B.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

TABELA B.36 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03	0,36
	0,05	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03	0,45
28 dias	0,09	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	0,14
90 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	0,02	0,01	0,07
365 dias	0,13	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	0,70

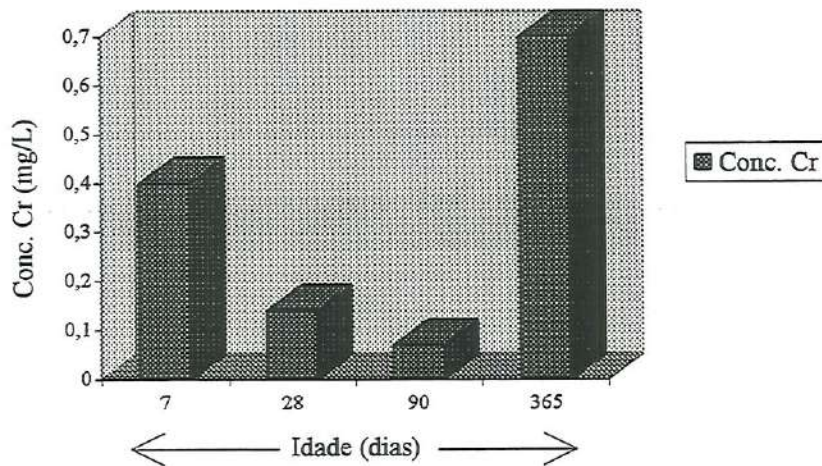


FIGURA B.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: B

TABELA B.37 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	semanas	inicial								
1	10,9	12,5	nd	nd	nd	0,08	nd	nd	0,31	7,50
1	10,9	12,4	nd	nd	nd	0,11	nd	nd	0,24	9,00
2	10,3	12,1	nd	nd	nd	nd	0,05	nd	0,06	0,60
2	9,5	12,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	0,90
3	6,4	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,18
3	6,5	12,1	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd
4	7,0	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04
4	6,5	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,21
5	7,2	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,09
5	7,1	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,14
6	8,9	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd

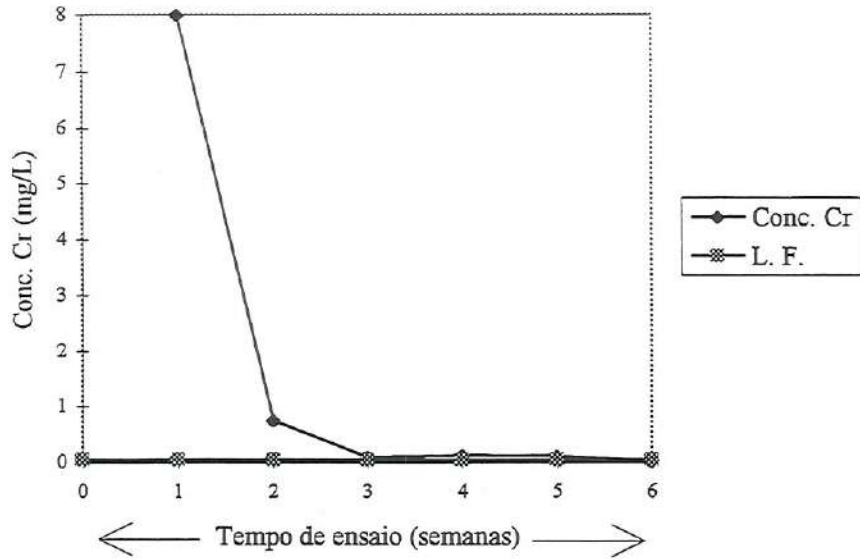


FIGURA B.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: B

TABELA B.38 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: B

Parâmetro	14 dias
	CP1
pH inicial	9,3
pH final	4,8

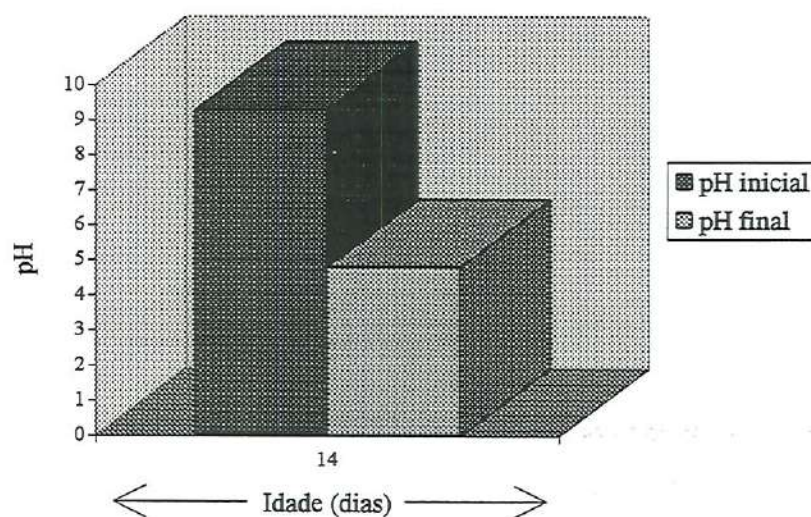


FIGURA B.38 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: B

TABELA B.39 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: B

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
14 dias	0,12	nd	nd	nd	0,14	0,07	0,04	2,06

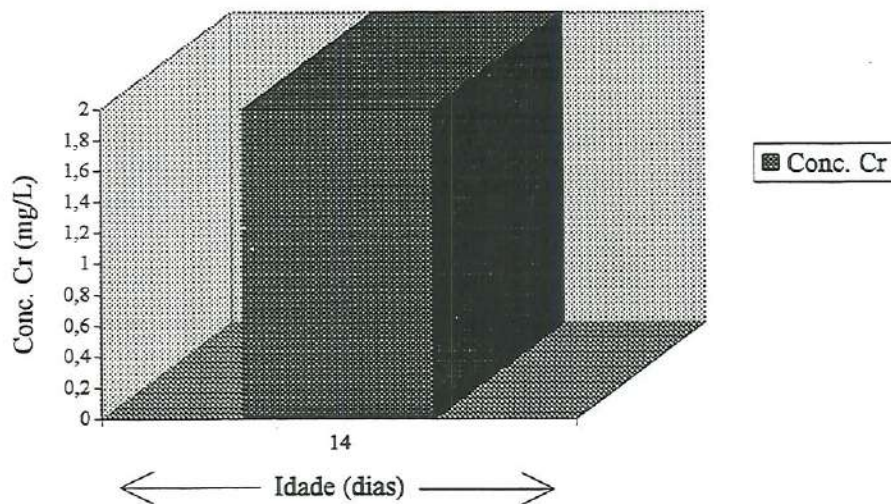


FIGURA B.39 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: B

TABELA B.40 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona

Lodo empregado: B

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	6,2	9,1	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
2	5,9	9,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	6,0	9,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,55
4	6,1	10,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,85
5	6,0	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	1,04
6	6,3	10,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,42
7	5,8	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	1,50
8	6,1	10,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,26
9	6,0	10,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,15
10	6,2	11,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	6,50
11	6,0	11,3	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	4,36
12	6,0	10,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	7,00
13	6,2	11,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	5,60
14	6,3	11,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	2,16
15	6,3	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	1,50
16	6,2	11,2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,35

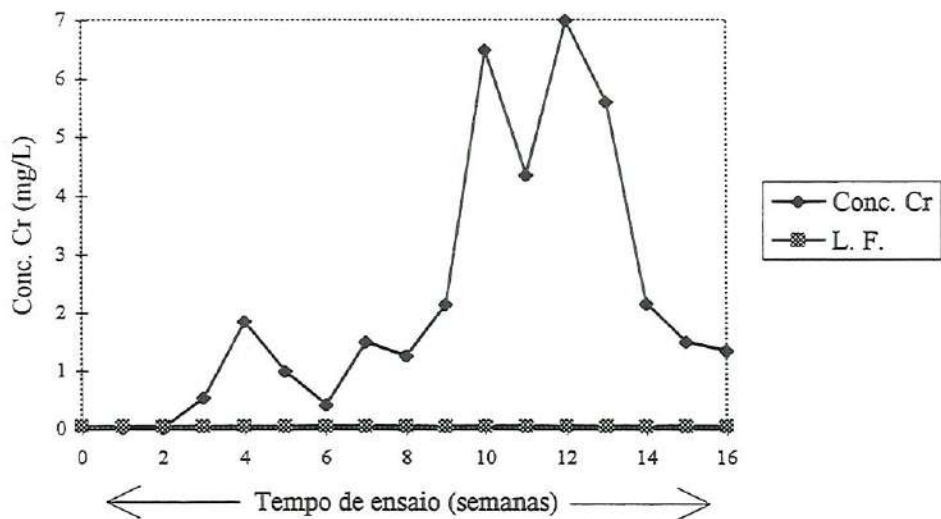


FIGURA B.40 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona

Lodo empregado: B

TABELA B.41 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona

Lodo empregado: B

Parâmetro	14 dias
	CP1
pH inicial	6,3
pH final	4,7

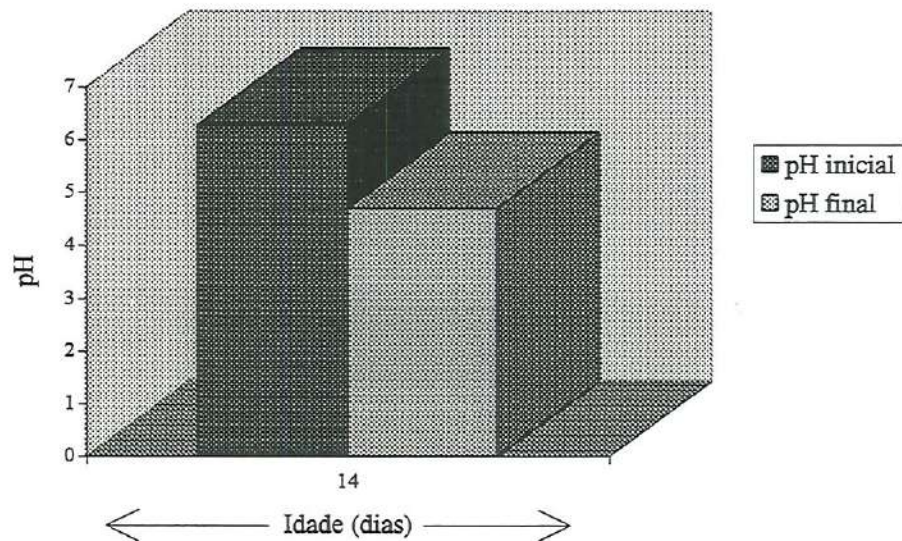


FIGURA B.41 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona

Lodo empregado: B

TABELA B.42 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1 corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona

Lodo empregado: B

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
14 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02

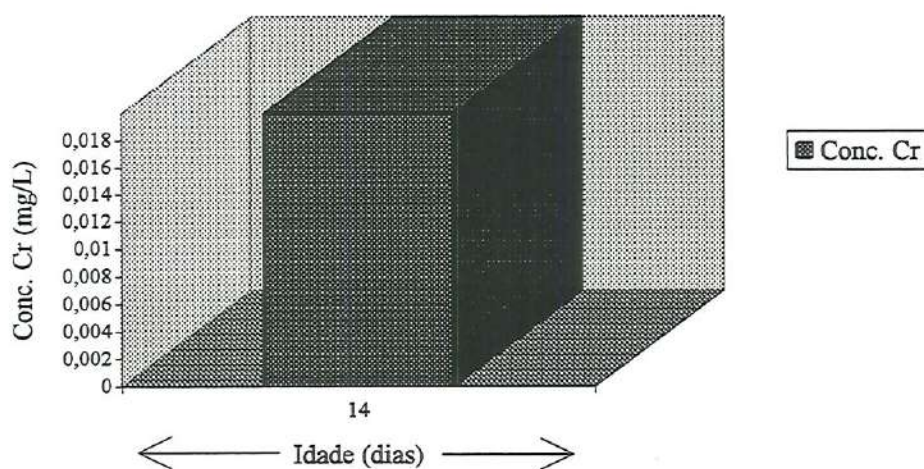


FIGURA B.42 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1 corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona

Lodo empregado: B

ANEXO C

**TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados
com lodo seco a 110°C e a 250°C, moído (C)**



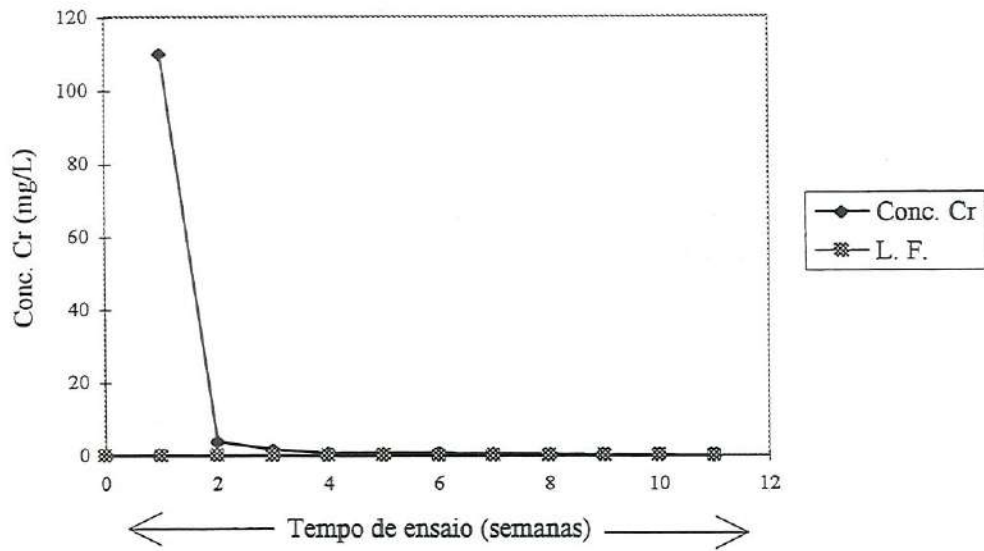


FIGURA C. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: C

TABELA C. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
	semanas	inicial									final
1		10,2	12,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	20,00
1		10,4	11,9	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	13,00
2		9,6	11,6	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,23
2		9,6	11,6	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,22
3		6,1	11,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,30
3		5,9	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,60
4		6,4	11,7	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,83
5		6,3	11,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,30
6		6,7	11,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,78
7		6,3	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,54
8		6,4	11,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,71
9		5,8	11,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,27
10		5,7	11,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,22
11		7,0	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,05

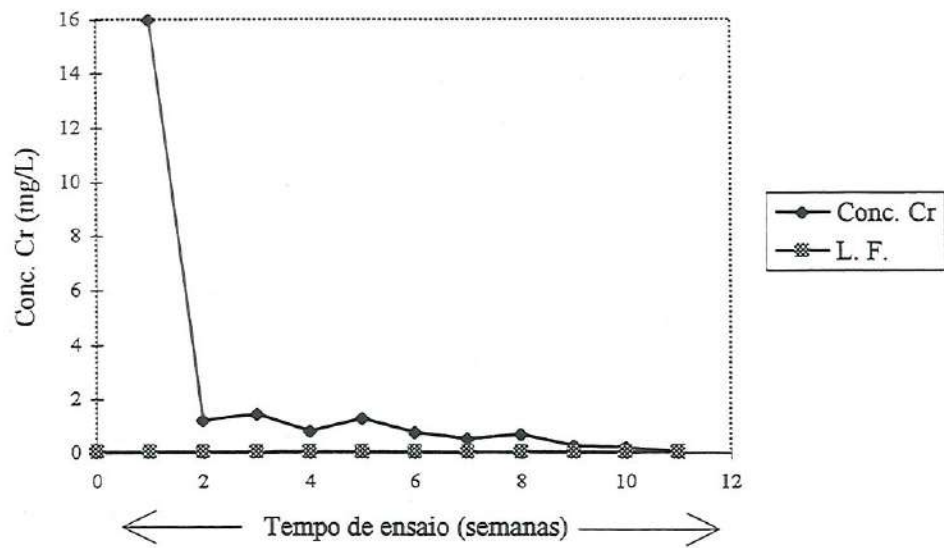


FIGURA C. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

TABELA C. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	semanas	inicial								
1	9,8	12,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	45,00
1	9,8	12,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	12,20
2	7,1	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,60
2	9,5	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,40
3	6,5	11,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,83
3	5,9	11,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,72
4	6,3	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,27
5	5,7	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,04
6	5,4	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
7	5,6	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,05

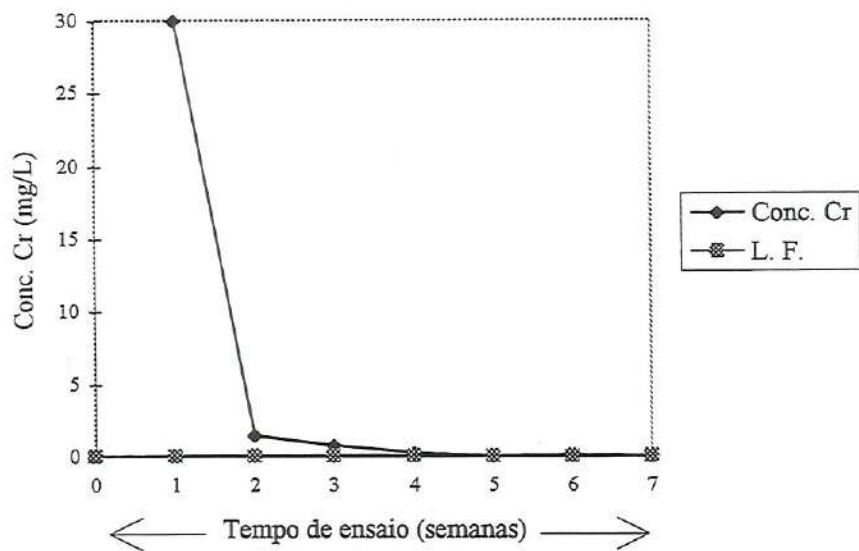


FIGURA C. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: C

TABELA C. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	semanas	inicial	final	mg L^{-1}						
1	8,2	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,25
1	9,4	11,1	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,67
2	6,1	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,14
2	6,1	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,14
3	6,5	11,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,25
3	6,4	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
4	5,9	11,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,27
4	6,0	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
5	6,3	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05

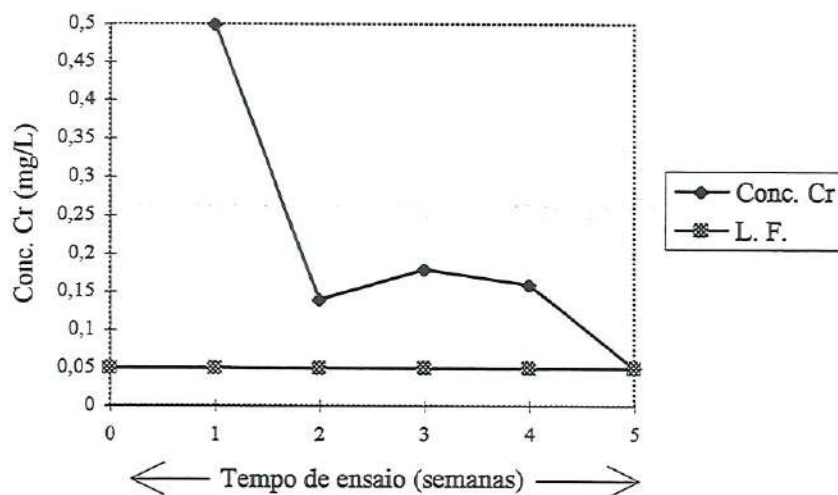


FIGURA C. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

TABELA C. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,2	9,8	8,5	7,3
pH final	4,9	4,9	5,0	4,9

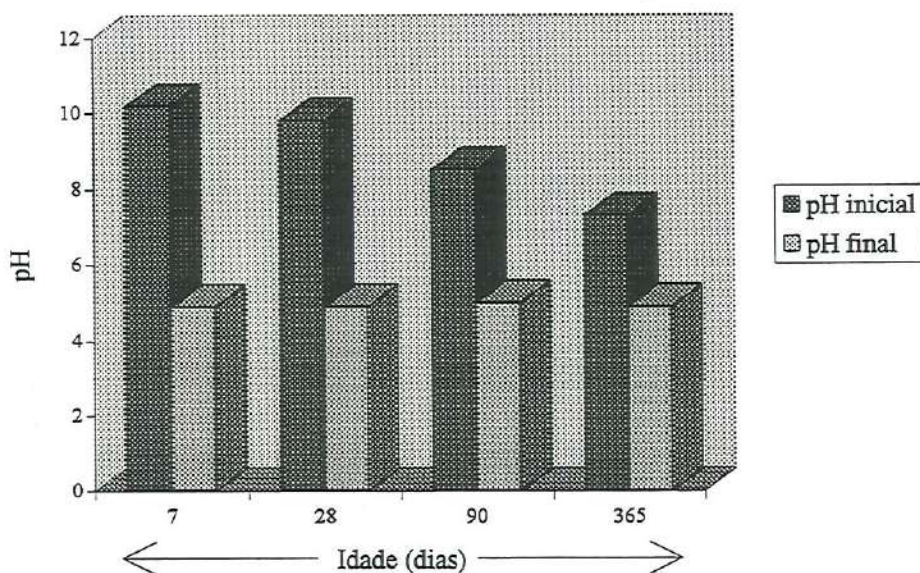


FIGURA C. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

TABELA C. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,07	nd	nd	nd	nd	0,04	nd	8,50
28 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	2,42
90 dias	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,45
365 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10

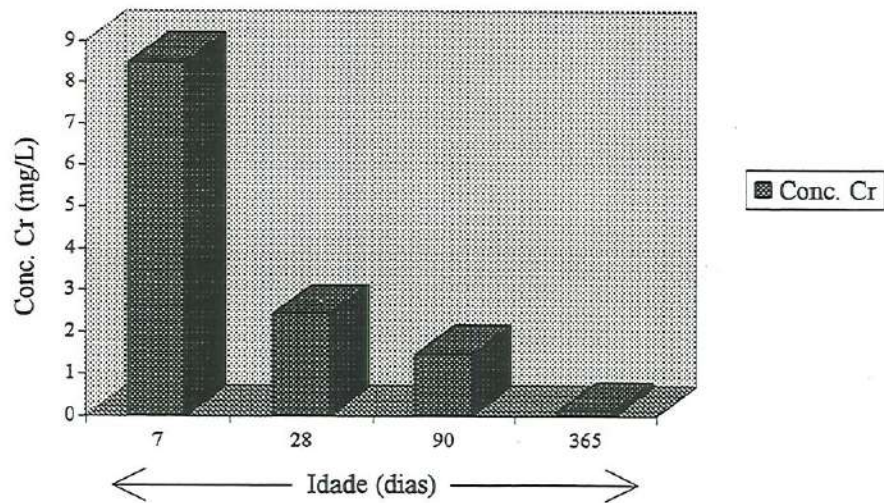


FIGURA C. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: C

TABELA C. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	11,3	12,9	0,14	0,36	nd	0,16	nd	nd	0,02	177,00
1	11,2	12,8	0,09	0,36	nd	0,20	nd	nd	0,06	220,00
2	7,5	12,3	0,25	nd	nd	nd	nd	nd	nd	105,00
2	7,6	12,3	0,39	nd	nd	nd	nd	nd	nd	118,00
3	6,9	12,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	40,00
3	6,2	12,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	36,00
4	6,3	11,8	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	43,00
5	7,6	12,0	0,71	nd	nd	nd	nd	nd	nd	18,20
6	6,4	11,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	15,50
7	6,4	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	15,50
8	6,0	11,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	12,00
9	6,4	11,9	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	14,50
10	6,4	11,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	6,24
11	6,8	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,00
12	6,5	11,7	0,23	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,40
13	6,4	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	8,50
14	6,1	11,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	6,00
15	6,6	11,8	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4,60
16	6,4	11,5	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4,20
17	6,7	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,70
18	6,1	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	3,60
19	6,0	11,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,40
20	6,1	11,1	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	4,30
21	5,7	11,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	2,43

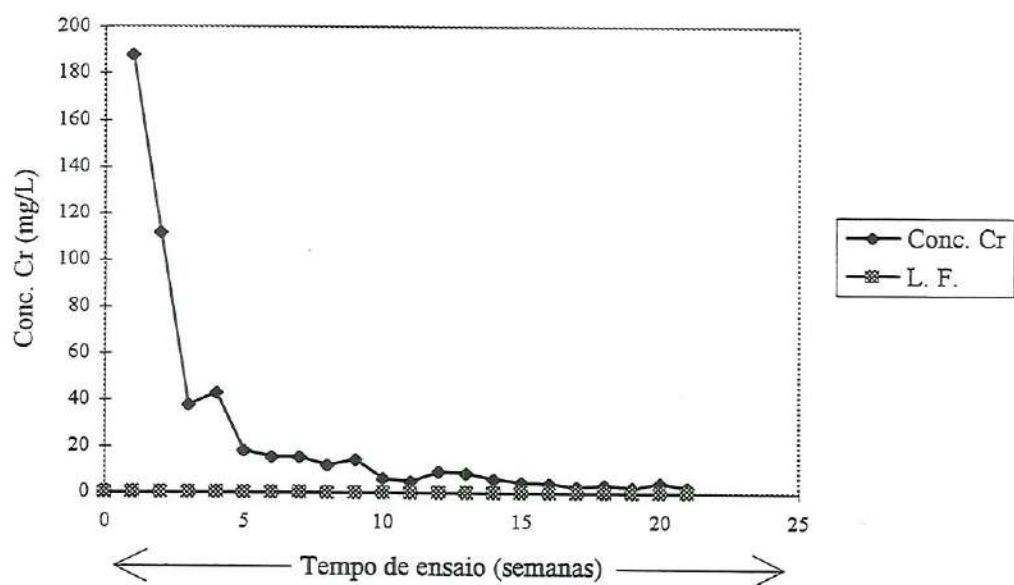


FIGURA C. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: C

TABELA C. 8 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,3	11,7	0,11	0,20	nd	nd	nd	nd	0,01	370,00
1	10,3	11,8	0,16	0,04	nd	0,13	0,10	nd	0,05	170,00
2	6,5	12,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	67,00
2	8,6	12,1	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	78,00
3	6,1	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	70,00
3	6,3	12,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	96,00
4	5,9	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	24,00
5	6,3	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	37,30
6	5,6	11,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	30,00
7	6,2	11,6	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	17,00
8	6,0	11,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	11,60
9	6,2	11,8	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	20,00
10	6,2	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	30,00
11	5,7	11,6	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	16,50
12	6,2	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,80
13	6,5	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	15,00
14	6,2	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,00
15	5,9	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	15,00
16	5,9	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	8,20
17	5,5	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,10
18	5,4	11,3	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	8,50

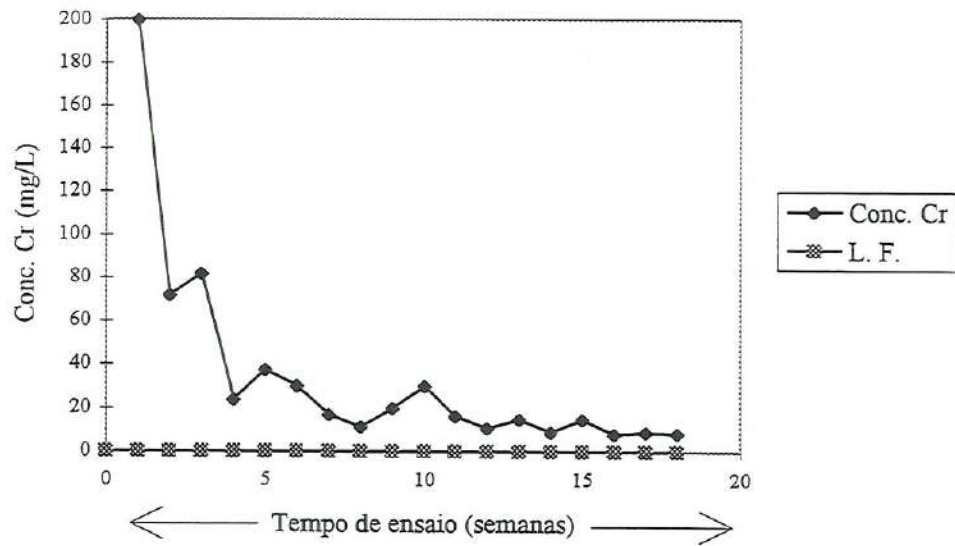


FIGURA C. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: C

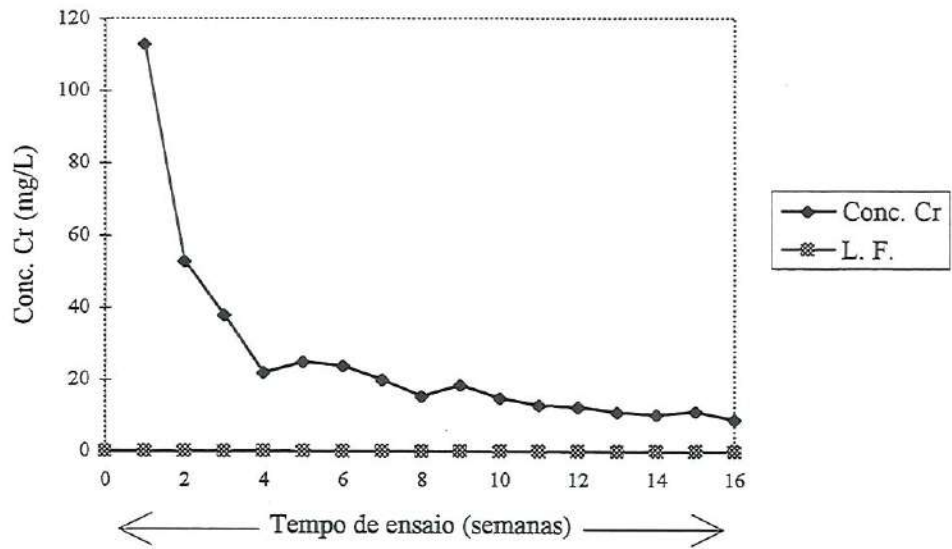


FIGURA C. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: C

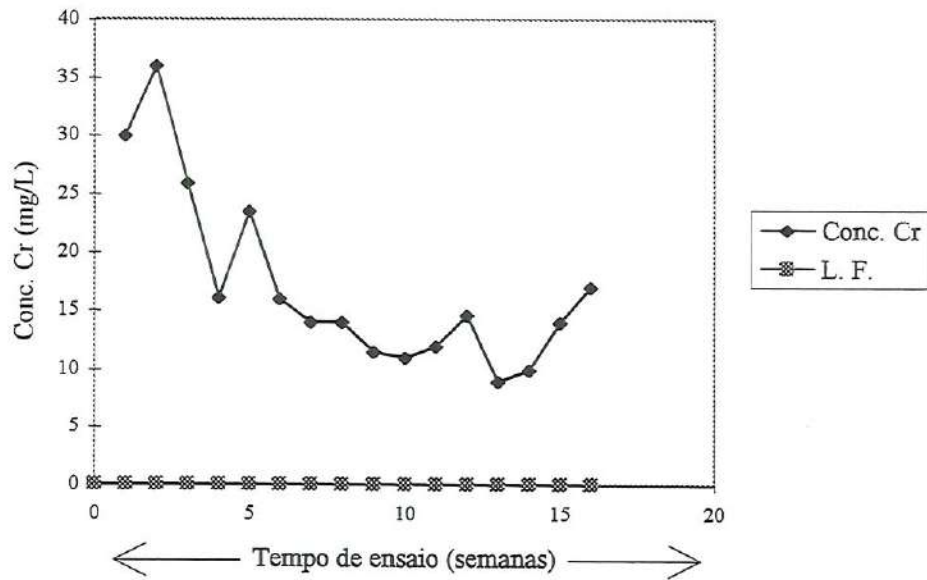


FIGURA C.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: C

TABELA C.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: C

Parâmetro	7 dias		28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP2	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,7	10,3	9,4	8,1	8,5
pH final	4,9	4,9	4,9	5,0	4,9

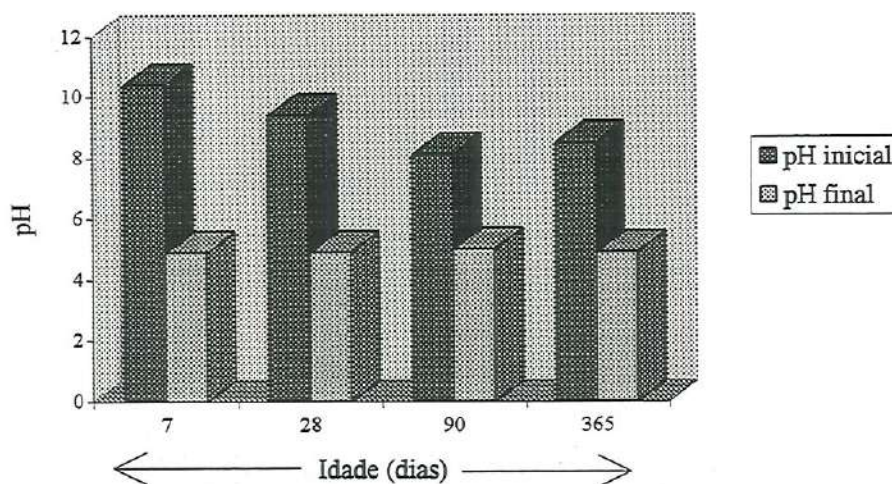


FIGURA C.11 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: C

TABELA C.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: C

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,07	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	53,00
	0,05	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	49,00
28 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	36,00
90 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,64
365 dias	0,08	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01	8,40

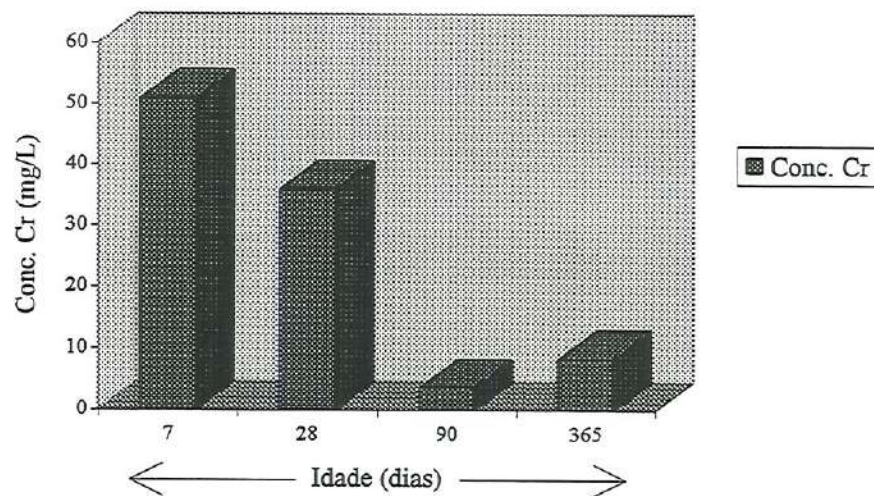


FIGURA C.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: C

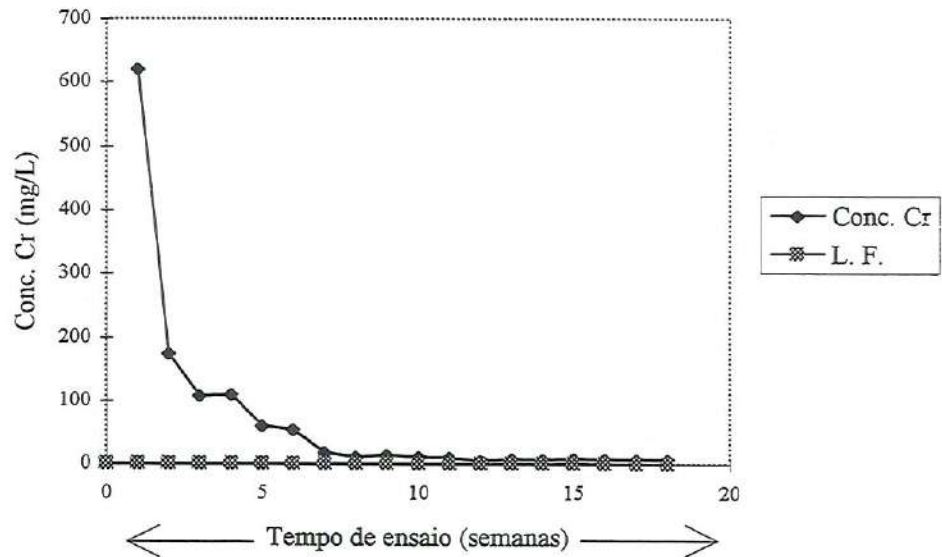


FIGURA C.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: C

TABELA C.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	semanas	inicial								
1	9,8	12,4	0,05	0,20	0,01	0,06	0,05	0,01	0,06	600,0
1	10,9	12,5	0,07	0,41	0,03	0,23	0,10	0,02	0,08	950,0
2	7,2	12,3	0,04	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02	230,00
2	7,5	12,2	0,04	nd	nd	nd	0,06	0,01	0,04	285,00
3	6,5	12,0	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	58,00
3	9,6	12,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	64,00
4	6,5	11,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	27,00
5	6,6	11,7	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	27,50
6	5,5	11,3	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	28,00
7	5,3	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	20,00
8	5,4	11,0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	16,30
9	7,2	11,0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	13,00
10	5,4	10,5	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	15,00
11	5,7	10,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	16,40
12	5,7	10,5	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	20,00
13	5,6	10,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	20,40
14	6,3	10,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	13,60
15	5,5	10,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	17,40
16	5,8	11,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	12,00

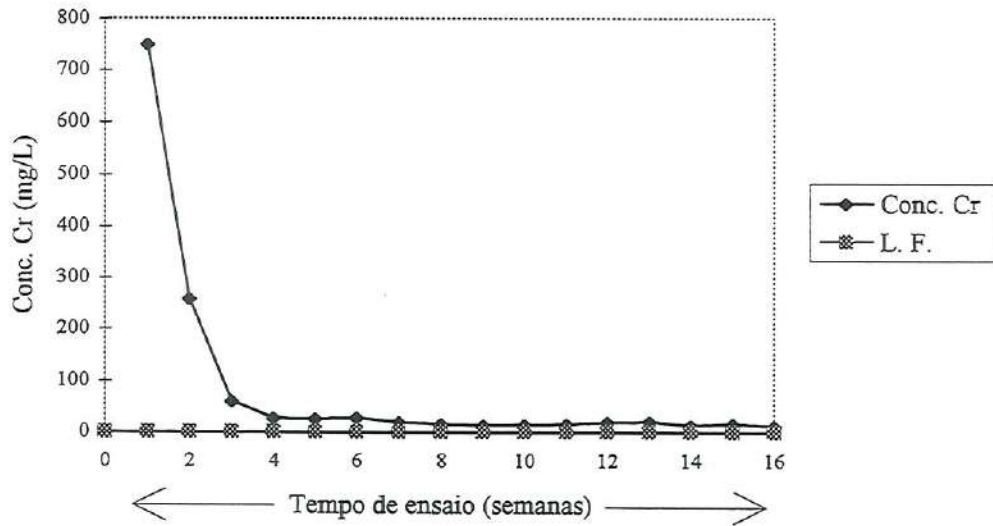


FIGURA C.14 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: C

TABELA C.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,1	12,0	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	190,00
1	10,0	11,9	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	195,00
2	6,9	11,4	0,16	nd	nd	nd	nd	nd	nd	82,00
2	9,6	11,4	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	133,00
3	5,9	11,1	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	57,00
3	7,7	11,1	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	131,00
4	5,6	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	26,40
5	5,5	10,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	17,80
6	5,6	10,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	18,00
7	5,7	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	14,70
8	5,6	10,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,20
9	5,6	10,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	7,80
10	5,5	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	12,00
11	7,4	10,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,00
12	5,4	10,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,00
13	5,9	10,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,30
14	6,3	10,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,00
15	6,0	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,80
16	6,0	10,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	7,70

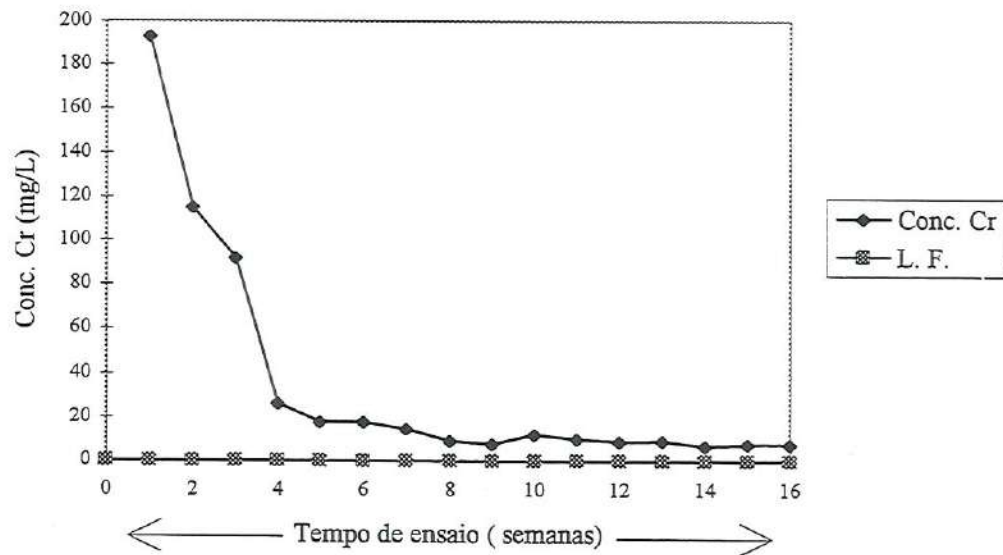


FIGURA C.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: C

TABELA C.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,3	11,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	120,00
1	10,2	11,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	41,50
2	6,0	11,1	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	60,00
2	6,0	11,0	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	63,00
3	6,1	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	13,00
3	5,9	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	15,50
4	5,9	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	15,00
4	6,0	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	13,50
5	5,9	11,2	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	15,70
6	5,9	11,2	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	24,00
7	5,9	11,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	23,50
8	6,2	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	24,00
9	6,3	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	23,00
10	6,3	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	21,00
11	6,4	11,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	19,00
12	6,2	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	18,70
13	6,3	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	13,80
14	6,3	11,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	16,00
15	6,4	11,2	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	15,50
16	5,8	11,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	17,00

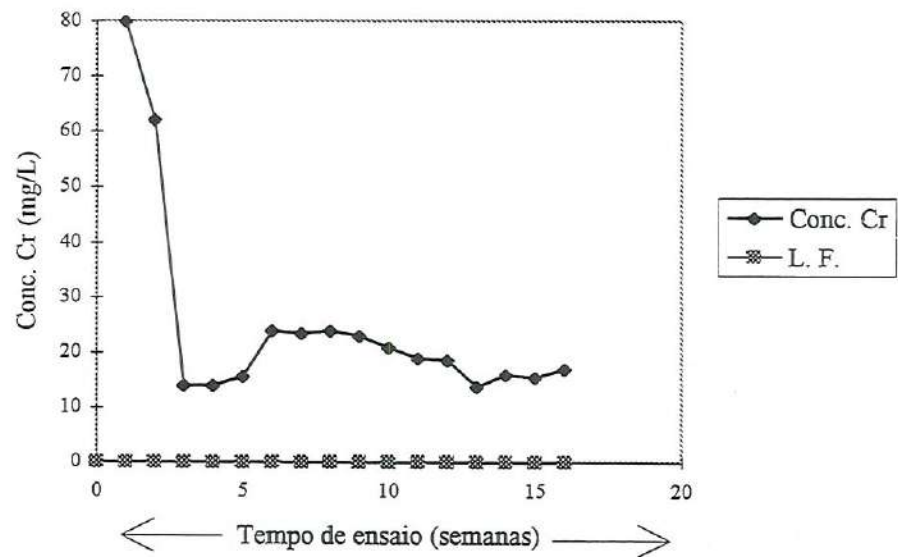


FIGURA C.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1
Lodo empregado: C

TABELA C.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: C

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,2	9,4	8,1	8,9
pH final	4,9	4,9	4,9	4,9

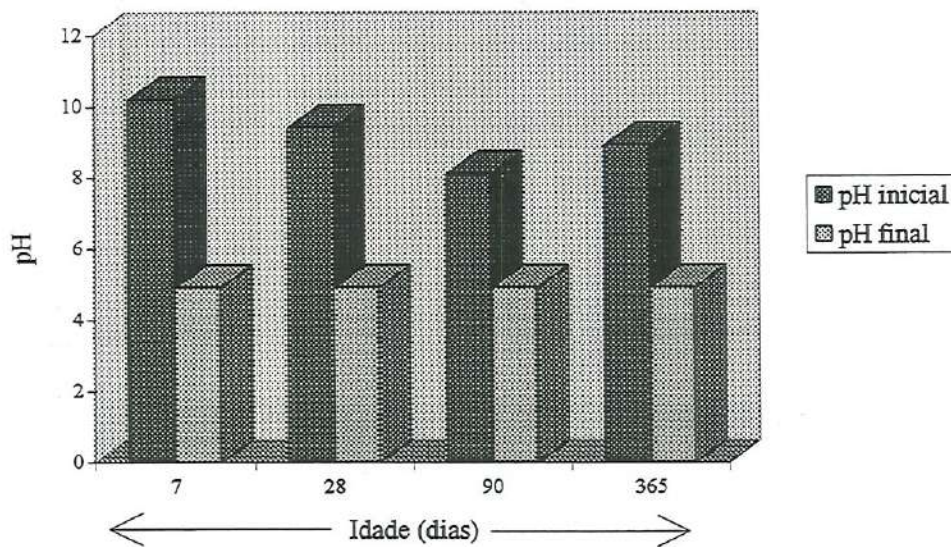


FIGURA C.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: C

TABELA C.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: C

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,08	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	150,00
28 dias	0,09	0,16	nd	nd	nd	nd	0,01	260,00
90 dias	0,18	nd	nd	nd	nd	nd	nd	108,00
365 dias	0,10	nd	nd	nd	nd	0,05	0,02	37,00

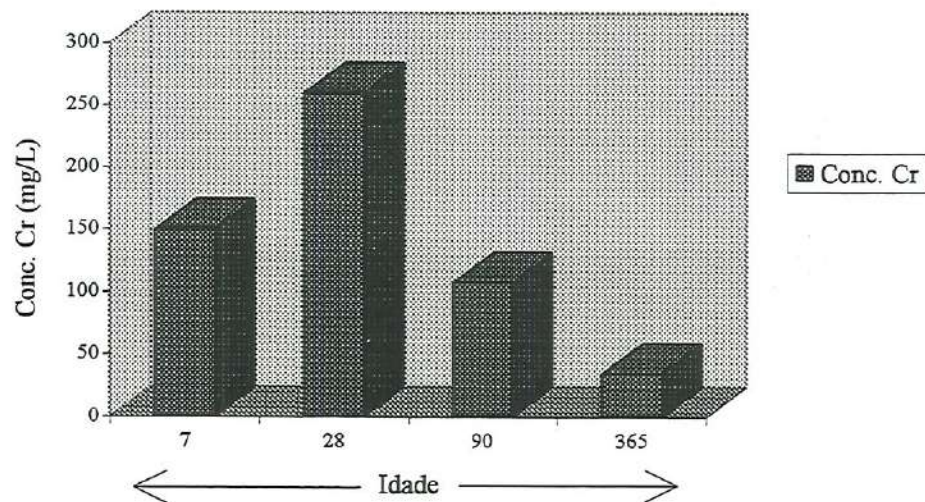


FIGURA C.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: C

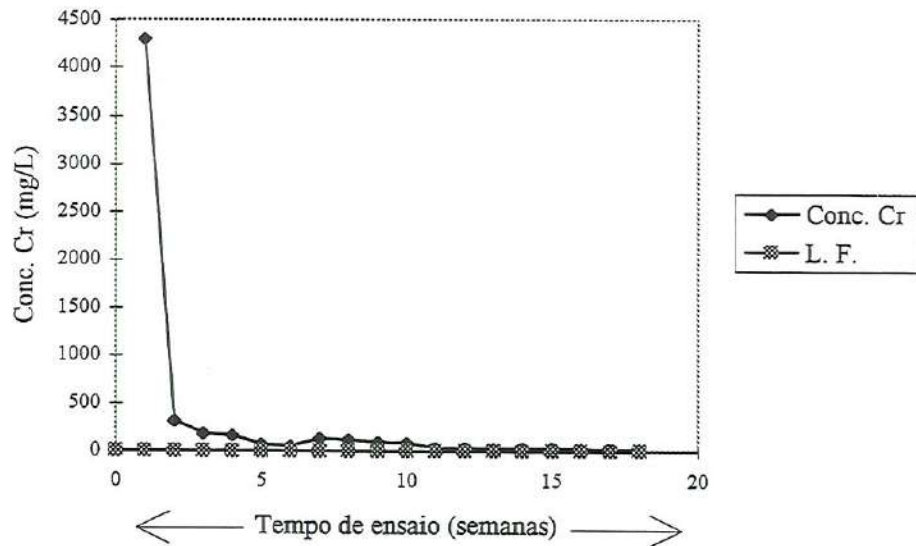


FIGURA C.19 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: C

TABELA C.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,1	12,3	0,33	0,66	0,05	0,40	0,30	0,03	0,04	3400,00
1	10,2	12,3	0,11	0,88	0,07	0,52	0,47	0,04	0,07	4720,00
2	6,8	12,2	0,10	0,12	nd	0,01	0,05	0,01	0,06	680,00
2	7,6	12,2	0,06	0,05	nd	0,05	0,03	0,01	0,06	660,00
3	5,8	12,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	420,00
3	5,7	12,0	0,03	nd	nd	nd	nd	0,01	0,06	430,00
4	5,9	11,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	95,00
5	5,9	11,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	31,00
6	5,5	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	26,00
7	5,7	11,4	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	23,10
8	5,9	11,6	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	33,00
9	6,1	10,6	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	11,00
10	5,6	10,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	8,00
11	5,6	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,40
12	5,7	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	12,40
13	5,6	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	11,00
14	5,3	10,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,10
15	6,0	10,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,00
16	6,5	9,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	7,00

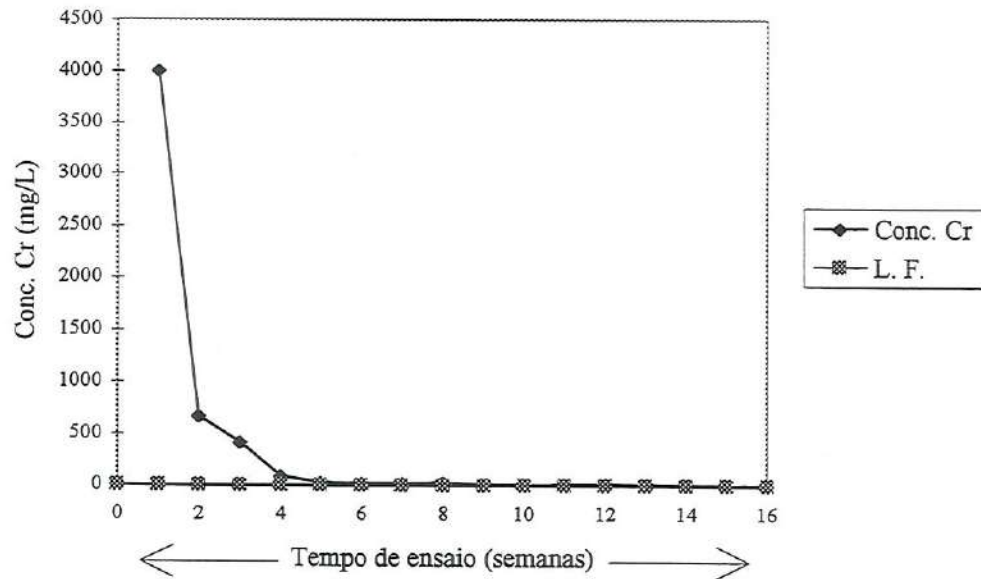


FIGURA C.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: C

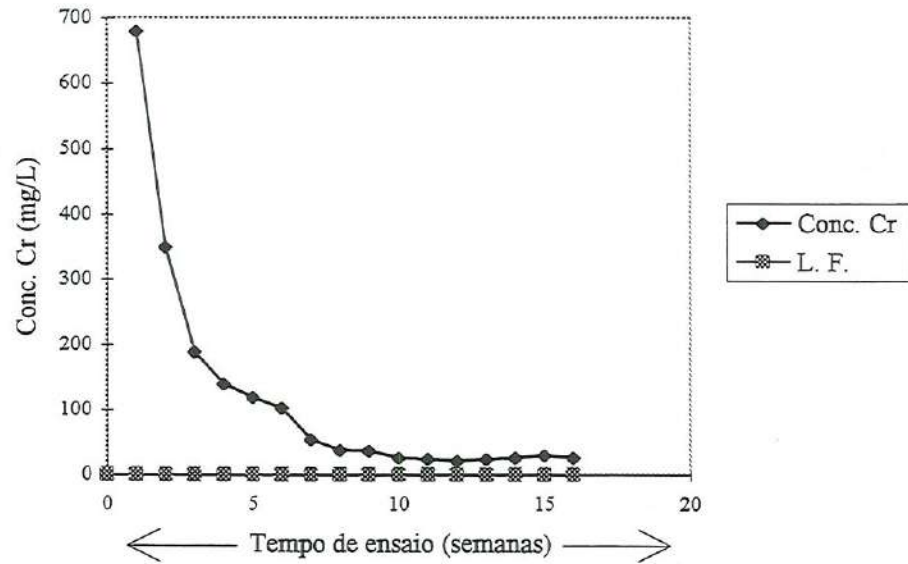


FIGURA C.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: C

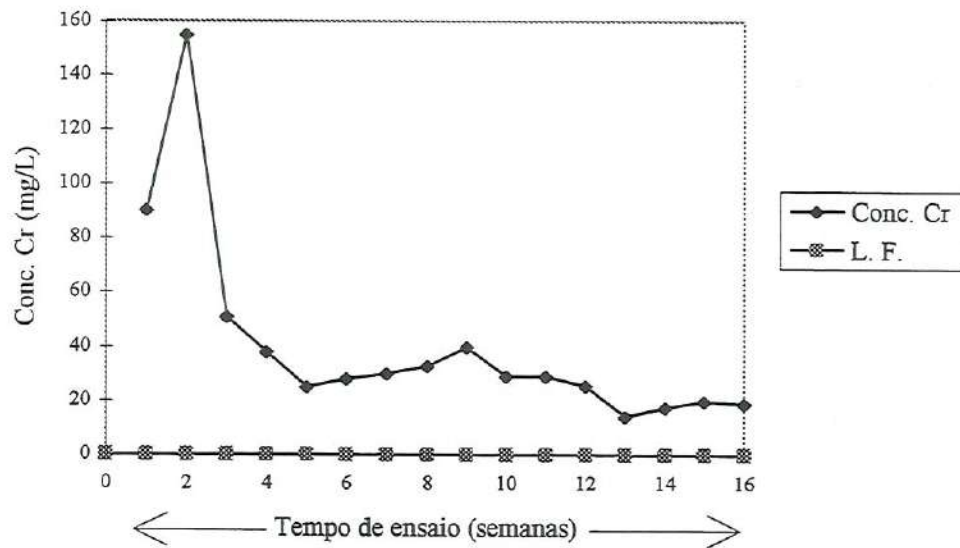


FIGURA C.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: C

TABELA C.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: C

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,1	9,5	7,0	6,9
pH final	4,9	4,9	5,0	4,8

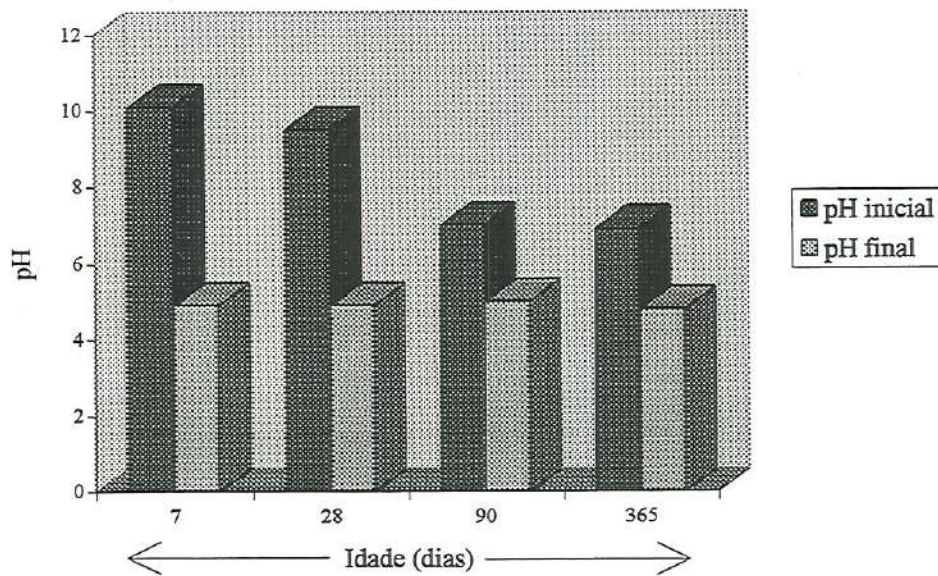


FIGURA C.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: C

TABELA C.24 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: C

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,10	nd	nd	nd	nd	0,05	nd	220,00
28 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	0,06	0,04	174,00
90 dias	0,15	nd	nd	nd	nd	0,05	0,01	150,00
365 dias	0,14	nd	nd	nd	nd	0,06	0,02	26,00

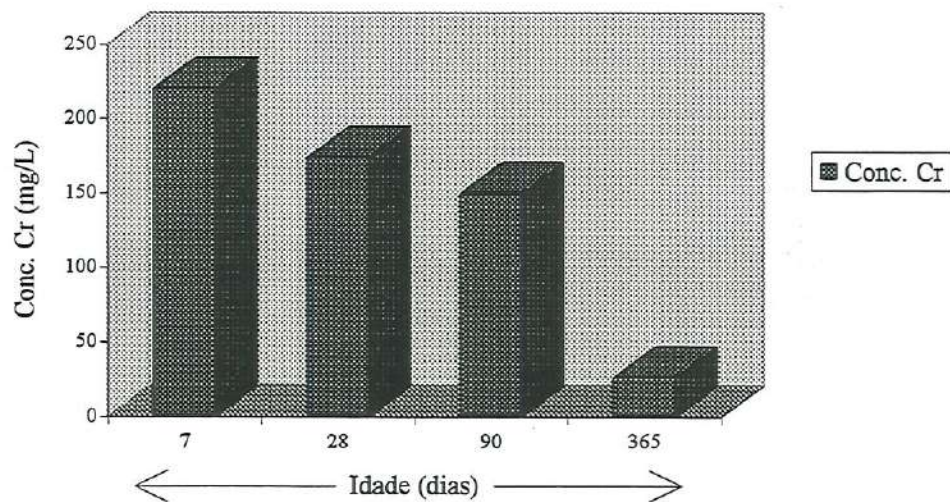


FIGURA C.24 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: C

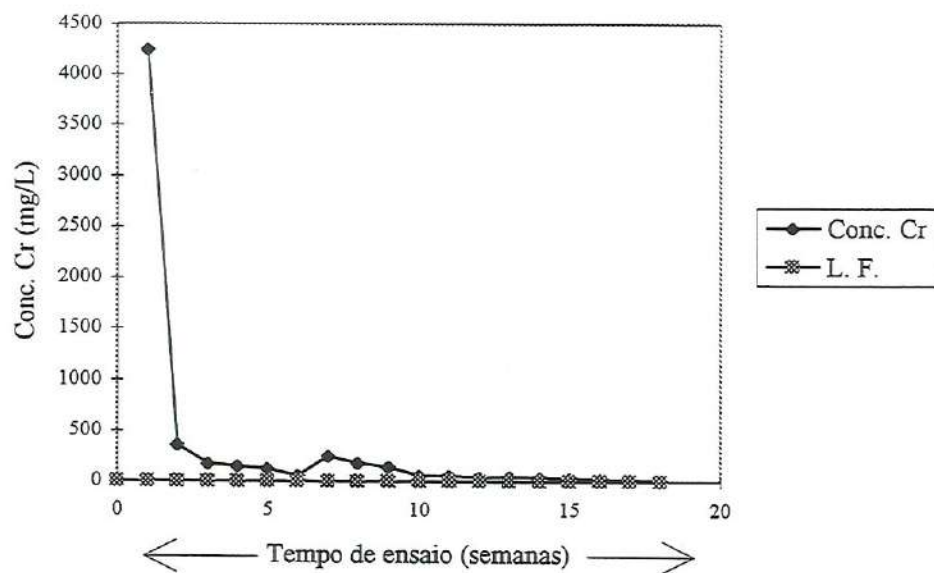


FIGURA C.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: C

TABELA C.26 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,1	12,0	0,12	0,70	0,05	0,42	0,37	0,03	0,07	3500,00
1	10,0	12,0	0,14	0,80	0,04	0,45	0,40	0,03	0,06	3700,00
2	9,5	12,0	0,05	0,15	0,01	0,06	0,03	0,01	0,06	660,00
2	10,0	11,9	0,07	0,15	nd	0,11	0,20	0,01	0,01	1180,00
3	6,4	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	500,00
3	6,7	11,7	0,06	nd	nd	nd	0,13	nd	0,04	480,00
4	7,6	10,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	410,00
5	6,1	11,0	0,47	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	200,00
6	5,8	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	108,00
7	5,9	10,9	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	82,00
8	6,1	11,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	100,00
9	6,8	10,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	108,00
10	5,6	10,3	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	41,20
11	5,8	10,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	40,00
12	5,8	10,1	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	37,40
13	5,9	10,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	40,00
14	5,8	10,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	24,50
15	5,4	9,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	17,80
16	5,7	9,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	17,80

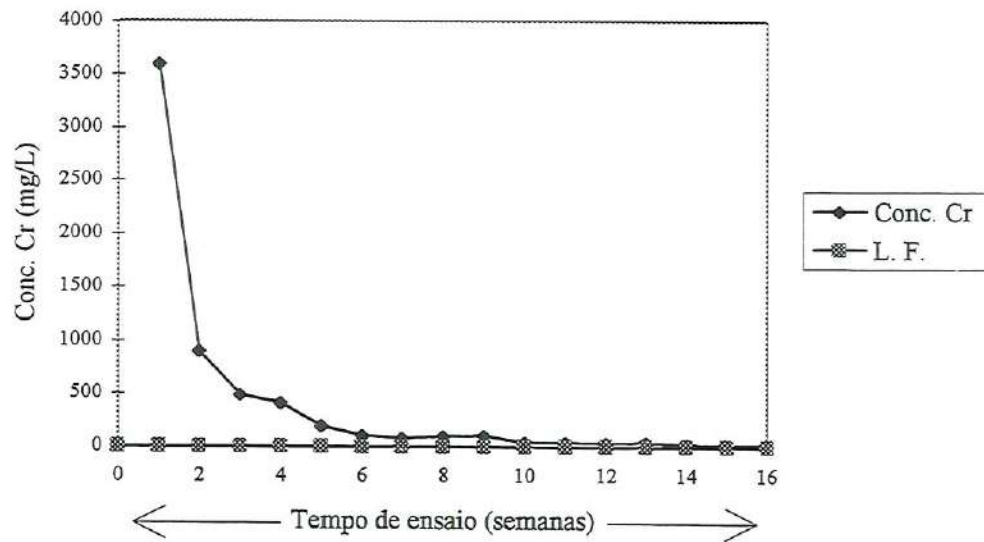


FIGURA C.26 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: C

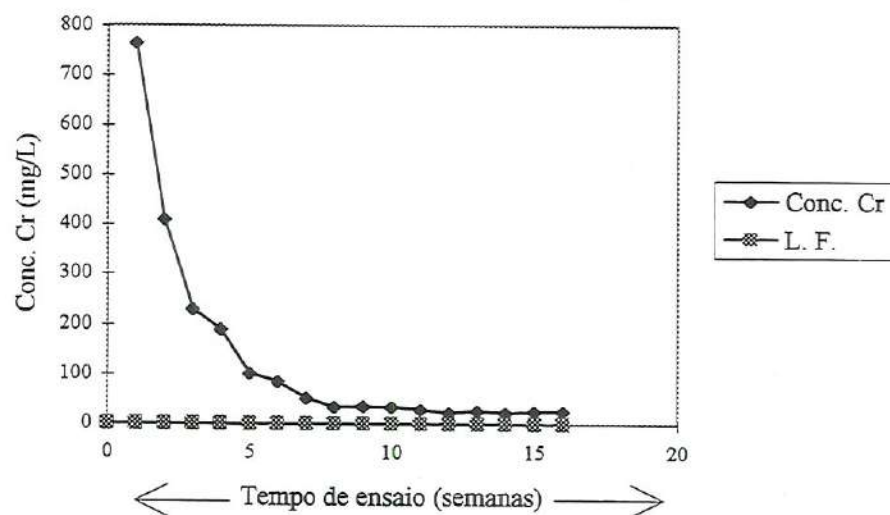


FIGURA C.27 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: C

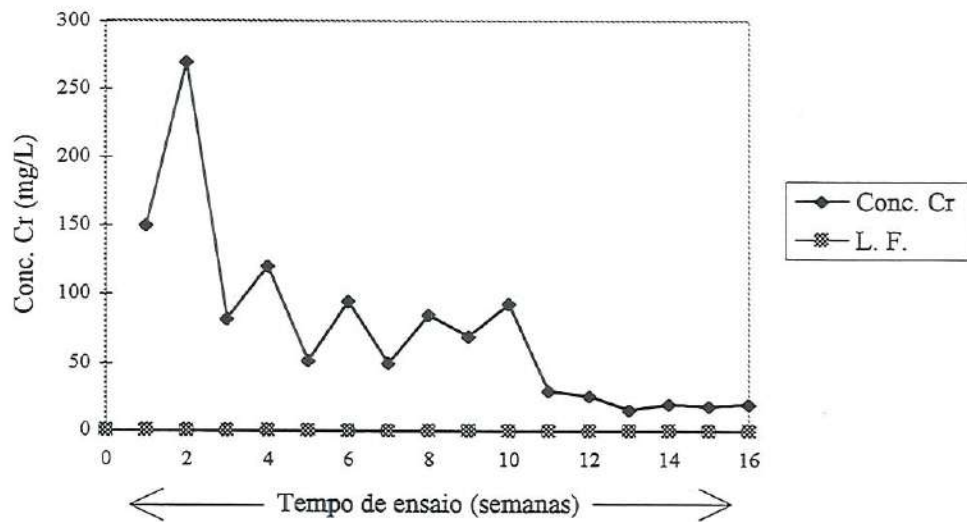


FIGURA C.28 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: C

TABELA C.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: C

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,2	7,6	7,4	6,9
pH final	4,8	4,9	4,9	4,8

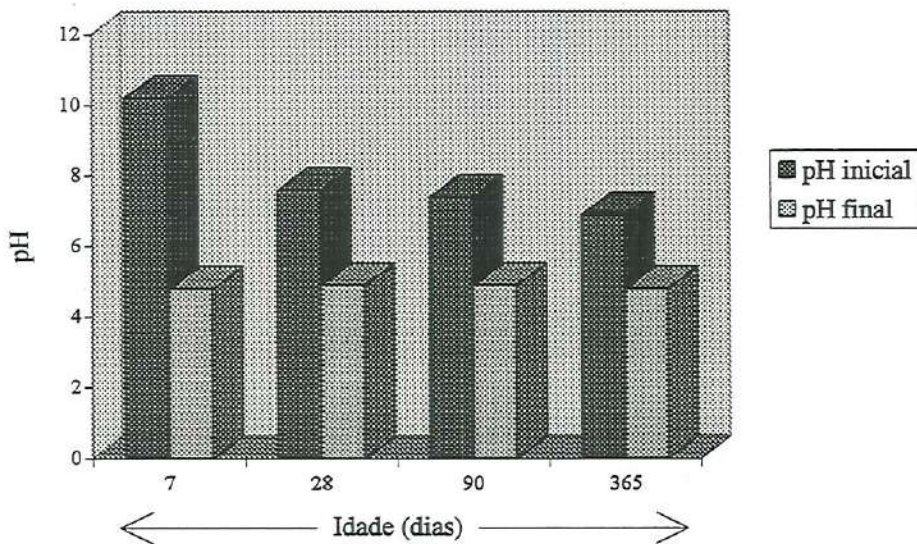


FIGURA C.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: C

TABELA C.30 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: C

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,06	nd	nd	0,03	0,03	nd	0,03	140,00
28 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	0,05	0,03	150,00
90 dias	0,21	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	126,00
365 dias	0,10	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	44,00

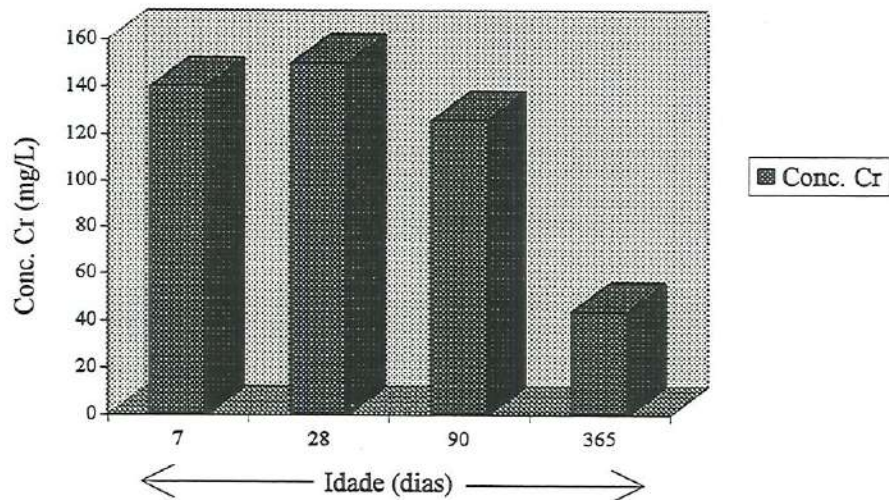


FIGURA C.30 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: C

TABELA C.31 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,4	11,5	0,12	1,20	0,16	0,88	0,46	0,04	0,21	1900,00
1	11,1	11,6	0,20	1,13	0,12	0,76	0,56	0,05	0,09	5110,00
2	6,9	11,9	0,10	nd	nd	0,03	nd	0,02	0,04	400,00
2	8,1	11,8	0,10	nd	nd	0,15	0,08	0,04	0,02	350,00
3	6,0	11,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	250,00
3	7,1	11,8	0,02	nd	nd	nd	0,05	nd	0,03	308,00
4	6,8	11,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	207,00
5	6,0	11,6	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	124,00
6	5,7	11,7	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	103,00
7	5,9	10,9	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	223,00
8	6,1	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	92,00
9	6,4	11,3	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	88,00
10	6,1	10,8	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	70,00
11	6,1	10,9	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	52,00
12	6,2	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	44,00
13	6,0	10,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	44,00
14	6,4	10,6	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	42,50
15	6,0	10,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	45,00
16	5,6	10,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	27,00
17	5,6	10,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	23,50
18	5,4	10,8	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	26,00



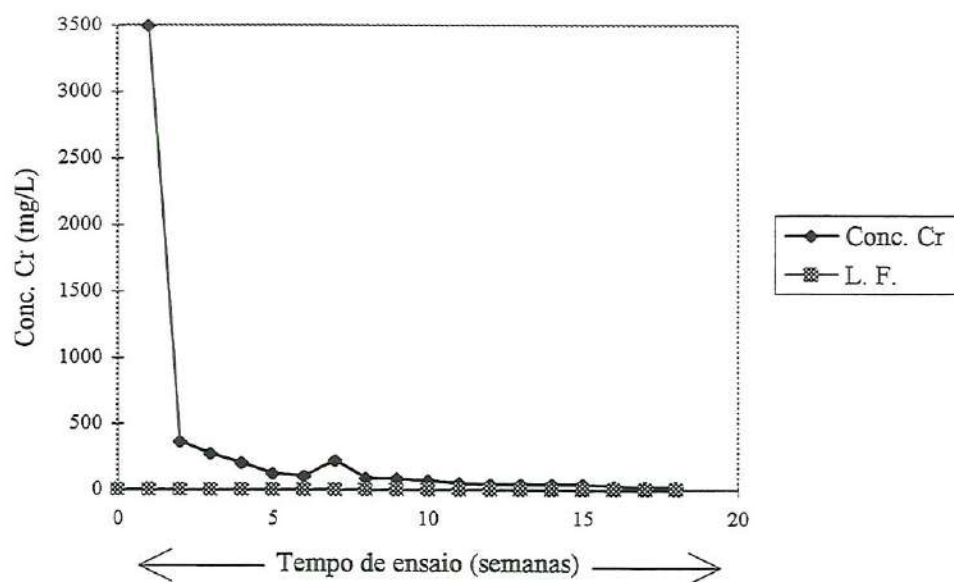


FIGURA C.31 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

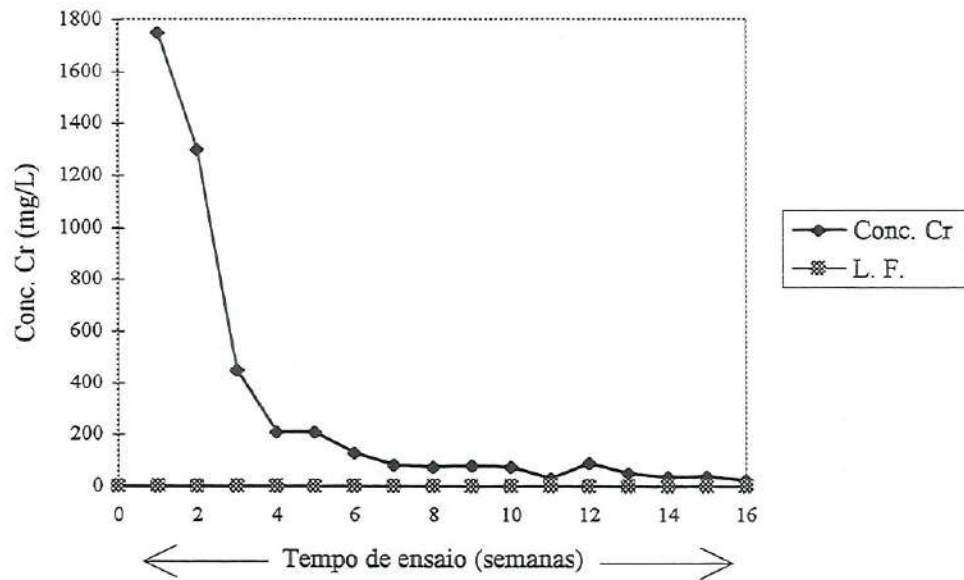


FIGURA C.32 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: C

TABELA C.33 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	7,5	11,2	0,14	0,47	0,05	0,34	0,03	nd	0,05	1520,00
1	7,5	11,1	0,15	0,50	0,05	0,31	0,02	nd	0,09	1570,00
2	6,1	11,2	0,05	0,15	nd	0,03	nd	nd	0,04	560,00
2	6,1	11,2	0,04	nd	nd	0,08	nd	0,04	0,02	420,00
3	6,4	11,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	287,00
3	6,5	11,0	0,04	nd	nd	nd	0,06	nd	0,03	330,00
4	6,1	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	141,00
5	6,1	10,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	114,00
6	5,7	10,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	116,00
7	5,6	10,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	70,00
8	5,4	10,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	35,00
9	5,4	10,4	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	30,00
10	5,3	10,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	25,30
11	5,8	10,4	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	25,00
12	5,8	10,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	28,00
13	5,5	10,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	28,00
14	5,6	10,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	28,50
15	5,6	10,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	27,90
16	5,6	9,9	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	22,50

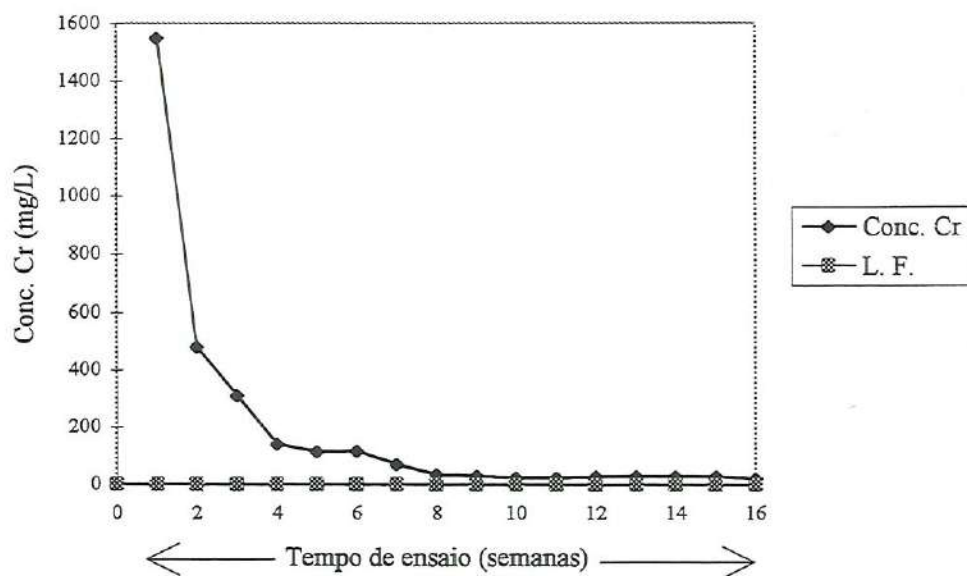


FIGURA C.33 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

TABELA C.34 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	7,4	10,2	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	285,00
1	7,1	10,5	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	350,00
2	6,4	9,9	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	172,00
2	6,1	10,4	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	170,00
3	6,0	9,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	150,00
3	6,1	10,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	113,00
4	5,8	9,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	123,00
4	5,9	10,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	130,00
5	6,0	10,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	85,00
6	6,2	10,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	117,00
7	6,1	10,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	70,00
8	6,2	10,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	90,00
9	6,4	10,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	100,00
10	6,5	10,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	74,00
11	6,4	10,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	45,00
12	6,4	10,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	38,70
13	6,1	10,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	17,20
14	5,9	10,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	22,00
15	6,0	10,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	27,60
16	5,9	10,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	30,00

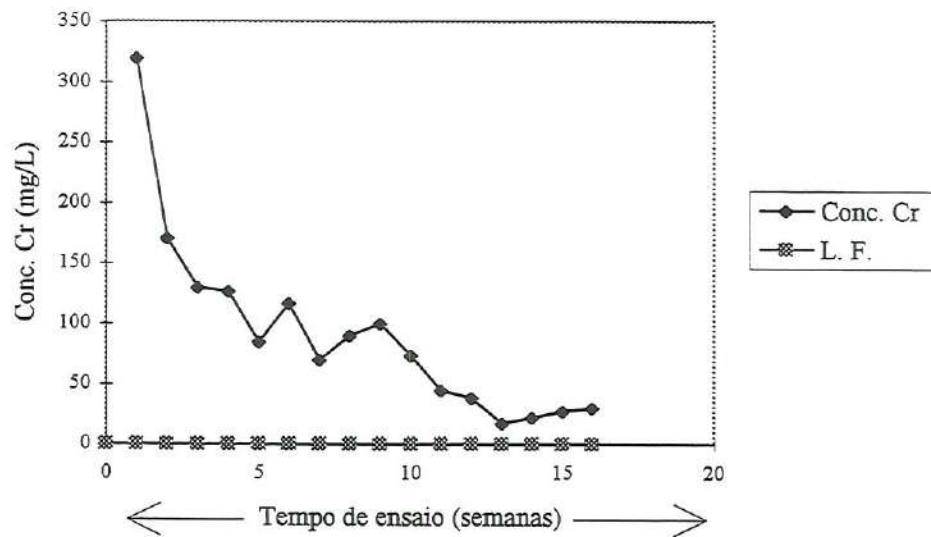


FIGURA C.34 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: C

TABELA C.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,1	6,1	7,3	7,0
pH final	4,9	4,8	4,9	4,8

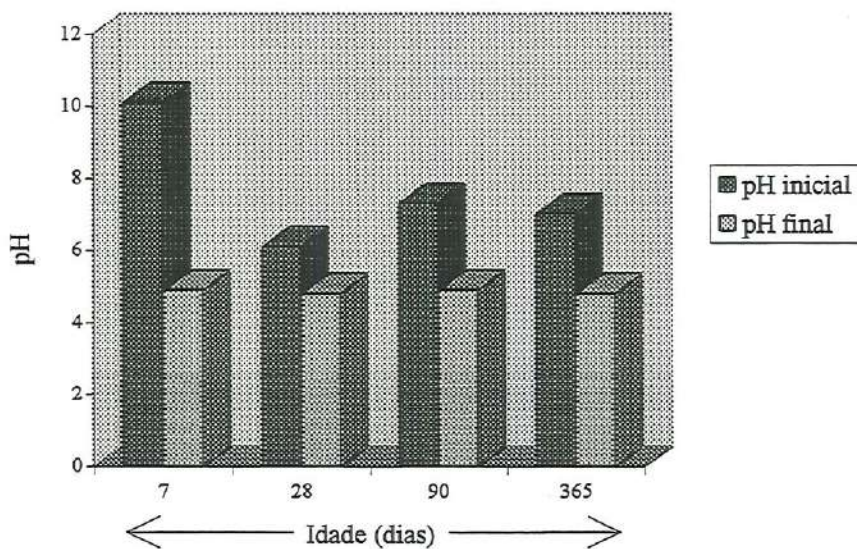


FIGURA C.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

TABELA C.36 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,04	0,05	nd	nd	nd	0,02	0,06	500,00
28 dias	0,06	nd	nd	nd	nd	0,04	0,03	180,00
90 dias	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	213,00
365 dias	0,12	nd	nd	nd	nd	0,04	nd	59,50

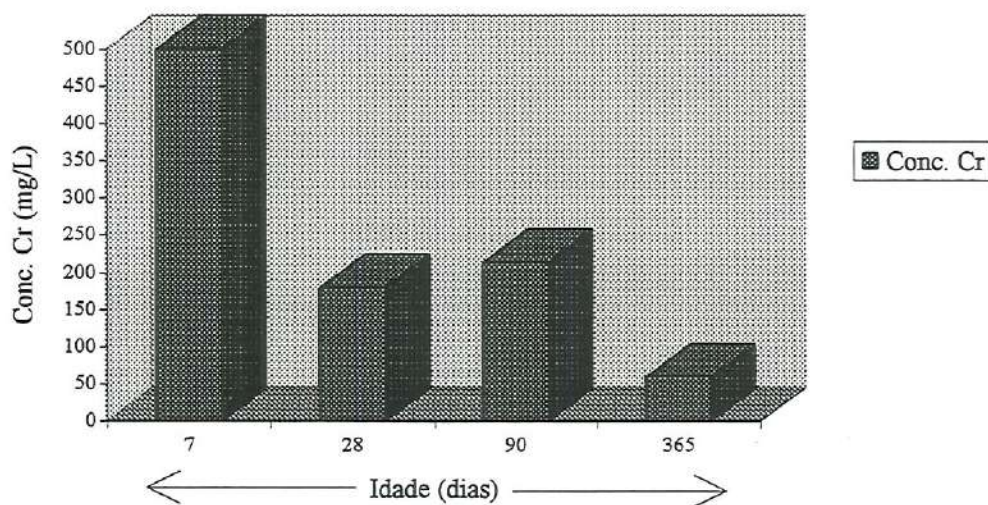


FIGURA C.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: C

TABELA C.37 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: C

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	11,0	12,5	0,16	0,60	0,15	0,54	0,11	0,02	0,08	1950,00
2	10,0	12,2	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,01	360,00
3	6,5	12,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	140,00
4	6,4	12,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	100,00
5	7,2	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	61,00
6	7,3	12,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	70,00
7	7,1	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	63,00
8	6,5	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	26,00
9	6,2	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	16,00
10	5,8	11,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	31,50
11	6,3	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	40,00
12	6,2	11,9	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	46,30
13	7,6	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	30,60
14	6,3	11,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	60,00
15	6,4	11,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	58,00
16	6,1	11,5	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	42,80

Obs. Não foi possível realizar o ensaio de lixiviação, devido às perdas de corpos de prova, quando da retirado dos mesmos das fôrmas.

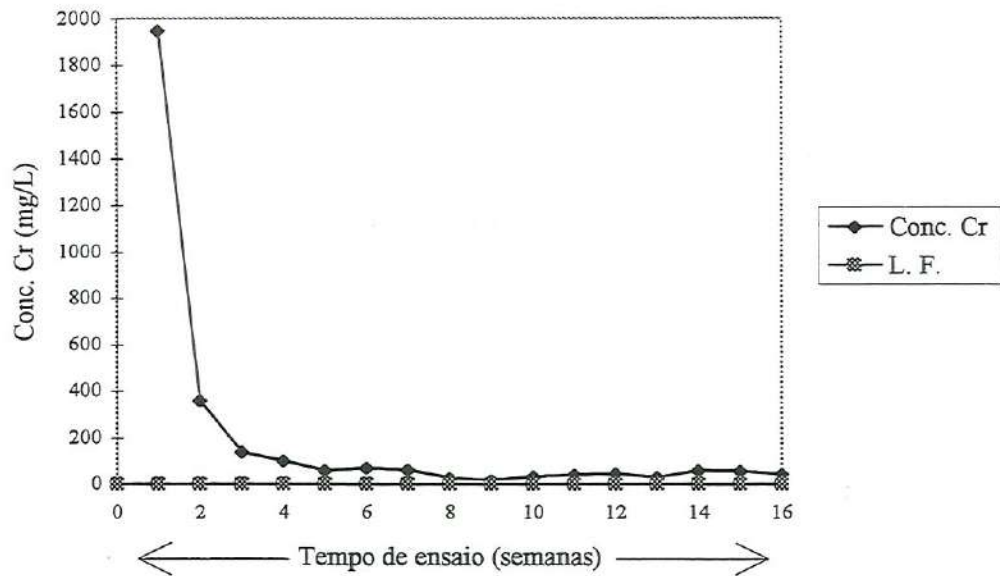


FIGURA C.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: C

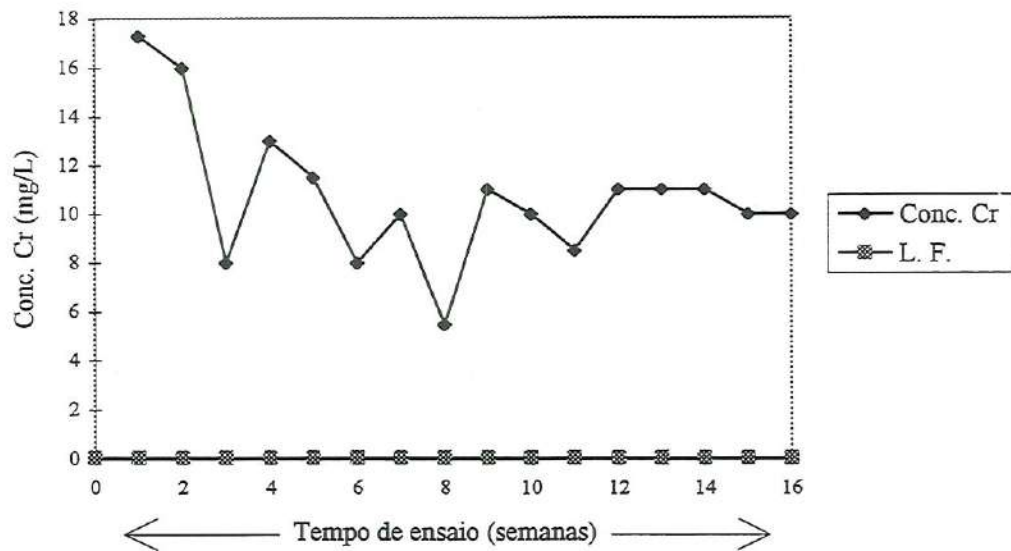


FIGURA C.38 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
Lodo empregado: C

TABELA C.39 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: C

Parâmetro	14 dias
	CP1
pH inicial	6,1
pH final	4,7

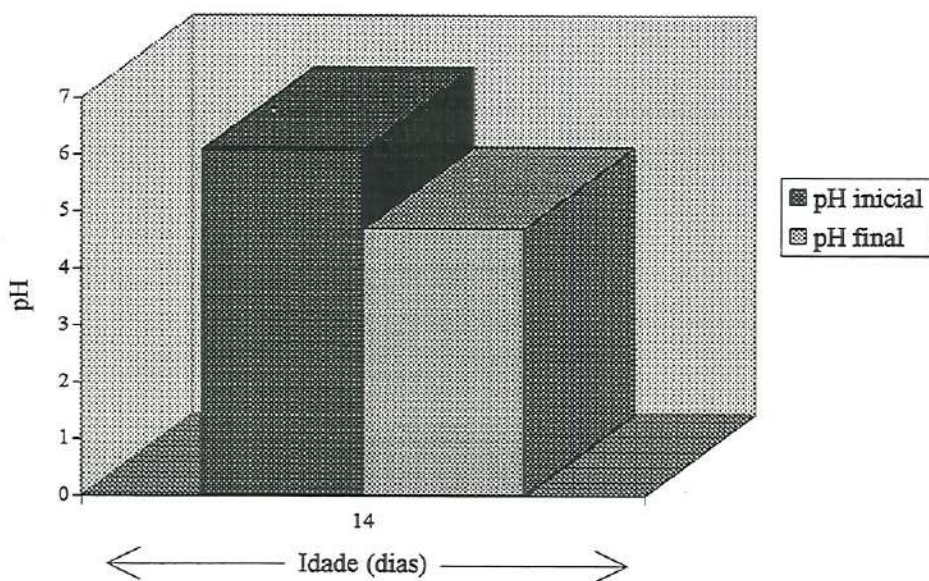


FIGURA C.39 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: C

TABELA C.40 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: C

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
14 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,22

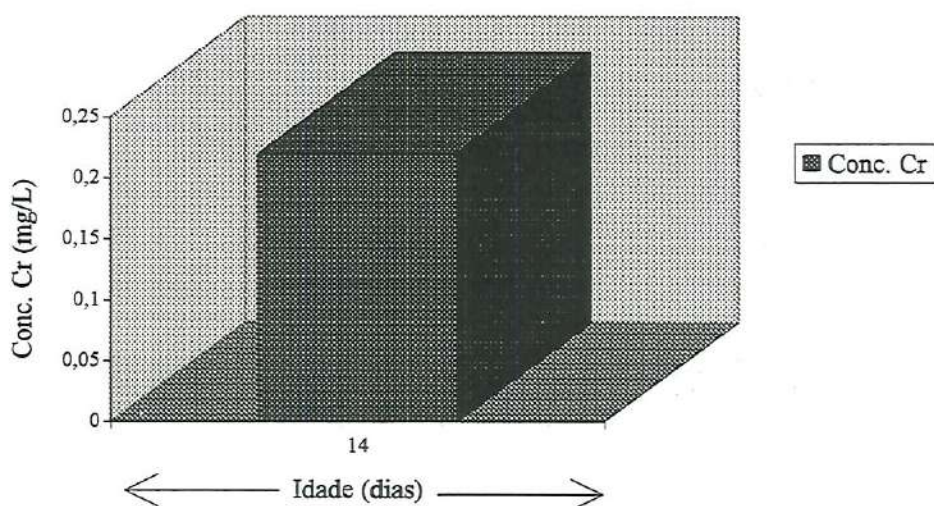


FIGURA C.40 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretana à base de óleo de mamona

Lodo empregado: C



ANEXO D

**TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados
com lodo seco a 110°C e a 250°C, moído e peneirado (D)**



TABELA D. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,8	12,6	0,04	nd	nd	nd	0,04	nd	0,04	43,60
1	10,9	12,6	0,03	nd	nd	nd	0,05	nd	0,04	54,00
2	10,1	12,0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	2,83
2	10,3	12,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,35
3	7,5	11,9	0,06	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	1,82
4	7,2	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,20
5	7,7	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,90
6	5,8	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,76
7	9,7	11,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,80
8	7,1	11,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,70
9	9,5	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,35
10	5,7	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,33
11	7,9	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,14
12	5,8	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,38
13	5,7	11,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,16
14	5,8	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,07
15	6,0	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10
16	5,5	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,01

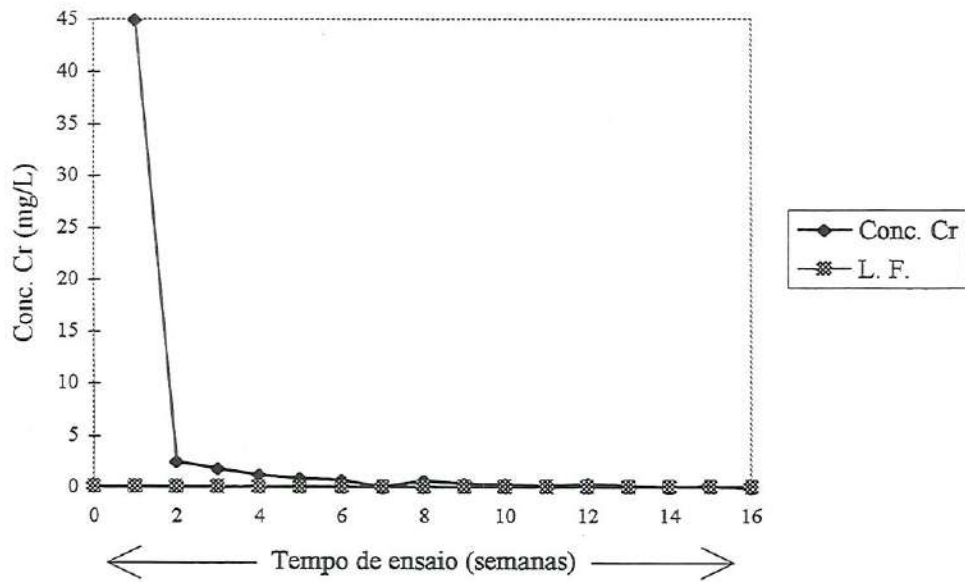


FIGURA D. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: D

TABELA D. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,0	12,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	2,73
1	10,1	12,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	17,00
2	10,2	11,6	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,06
2	9,7	11,7	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	1,15
3	5,8	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
3	5,8	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,72
4	6,3	11,1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
4	6,5	11,6	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,62
5	5,8	11,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
5	6,1	11,6	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,50
6	6,1	11,5	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04
6	5,6	11,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,60
7	6,1	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,43
8	8,2	11,6	nd	nd	nd	nd	dn	nd	nd	0,25
9	5,7	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20
10	5,6	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,13
11	7,4	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

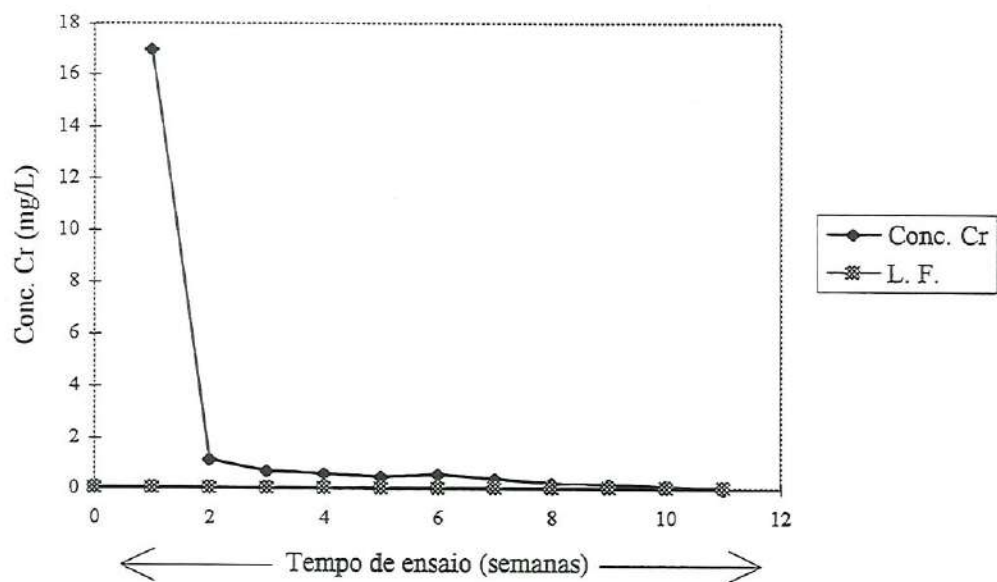


FIGURA D. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: D

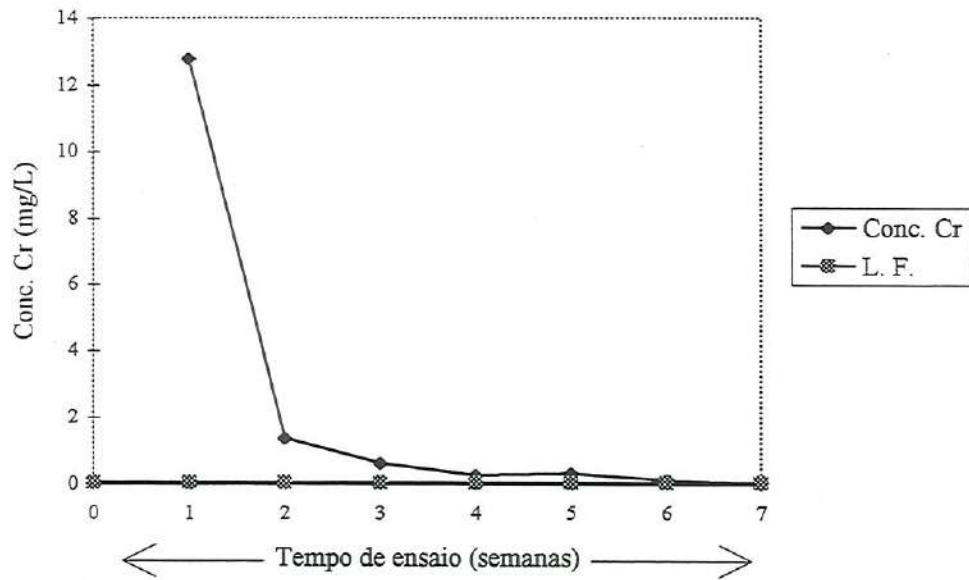


FIGURA D. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 5:1
Lodo empregado: D

TABELA D. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	9,4	10,9	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,25
1	9,6	11,2	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,52
2	5,9	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
2	6,2	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,17
3	6,3	11,1	0,50	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,10
3	6,2	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,14
4	5,9	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,10
4	5,9	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,16
5	6,5	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02
5	6,2	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,05

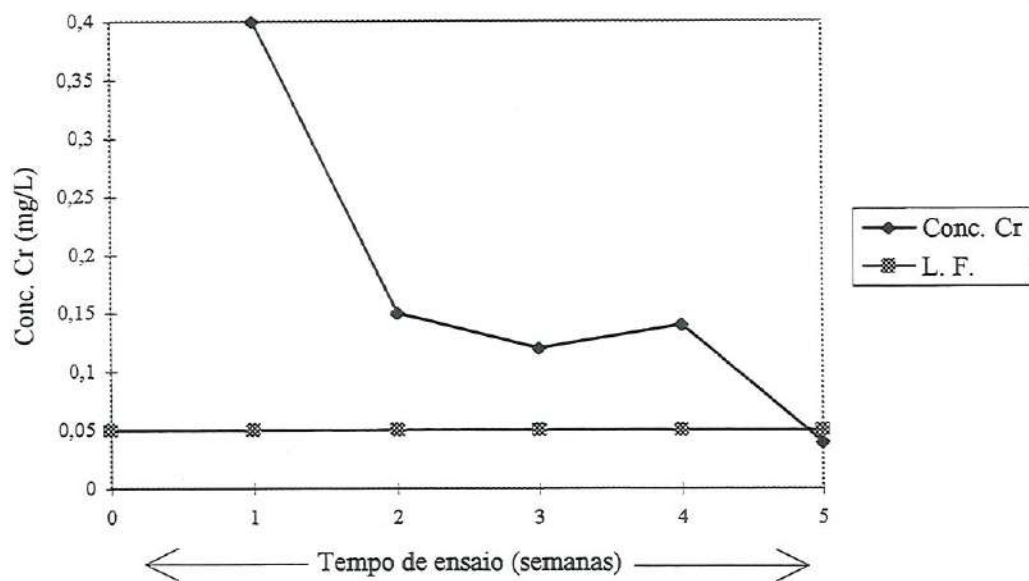


FIGURA D. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: D

TABELA D. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: D

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,3	9,9	7,2	6,9
pH final	4,9	4,9	4,9	4,9

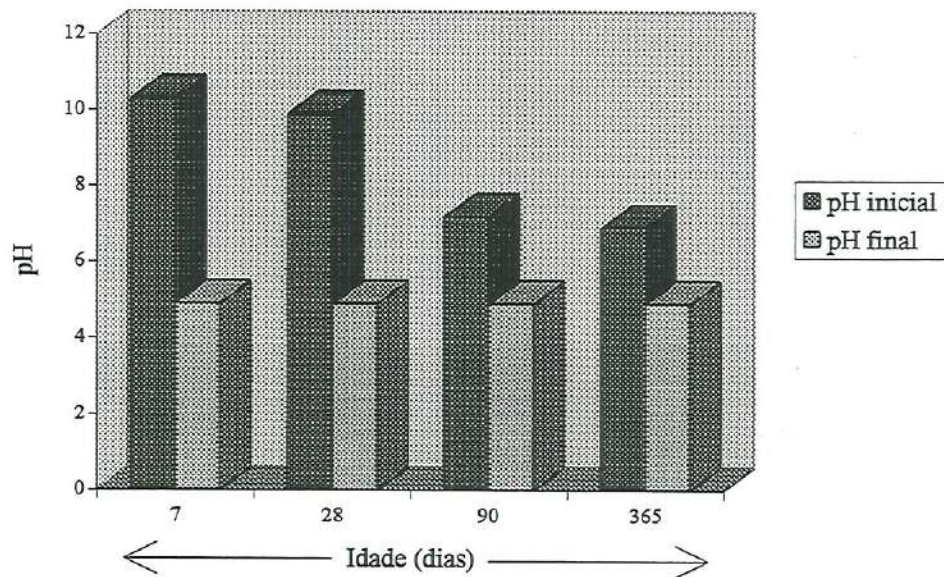


FIGURA D. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: D

TABELA D. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: D

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	8,00
28 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	2,06
90 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	2,35
365 dias	0,08	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	0,11

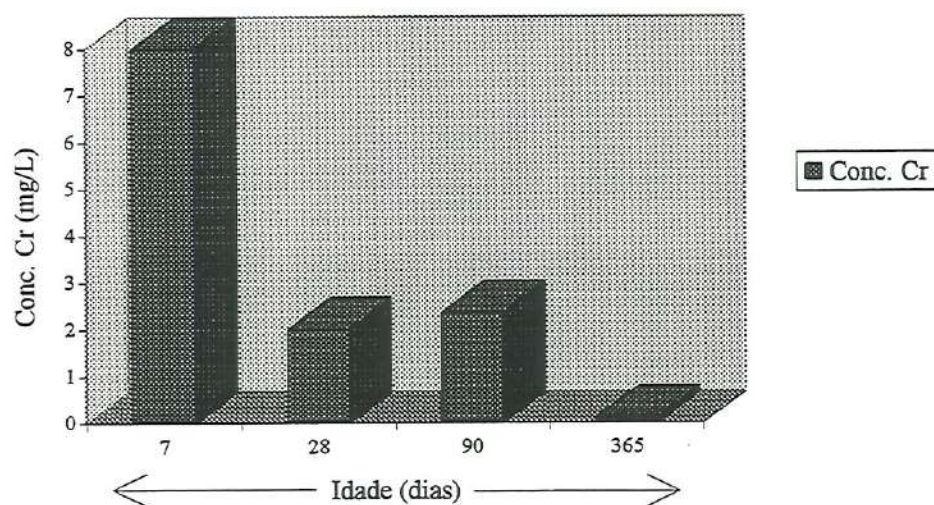


FIGURA D. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 5:1

Lodo empregado: D

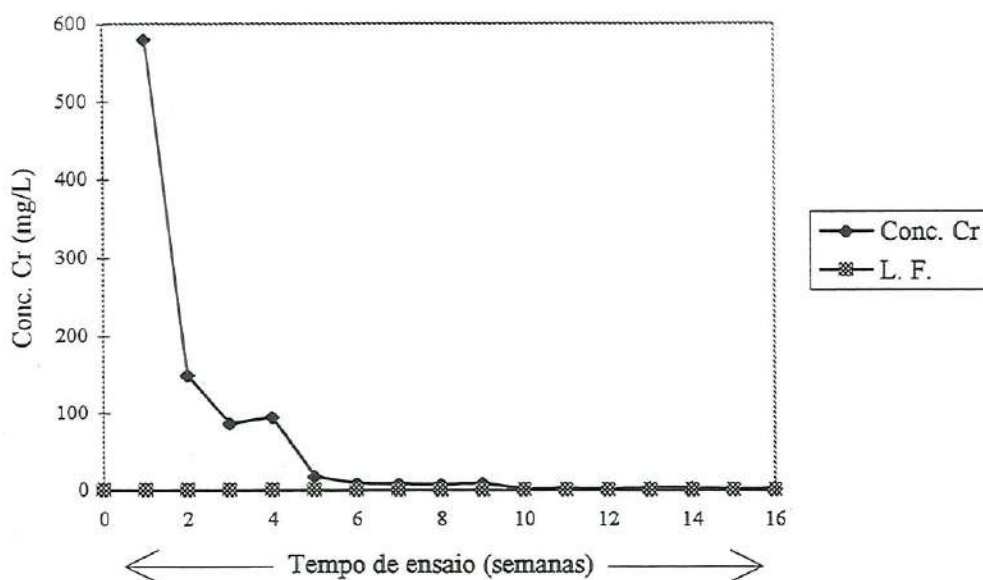


FIGURA D. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: D

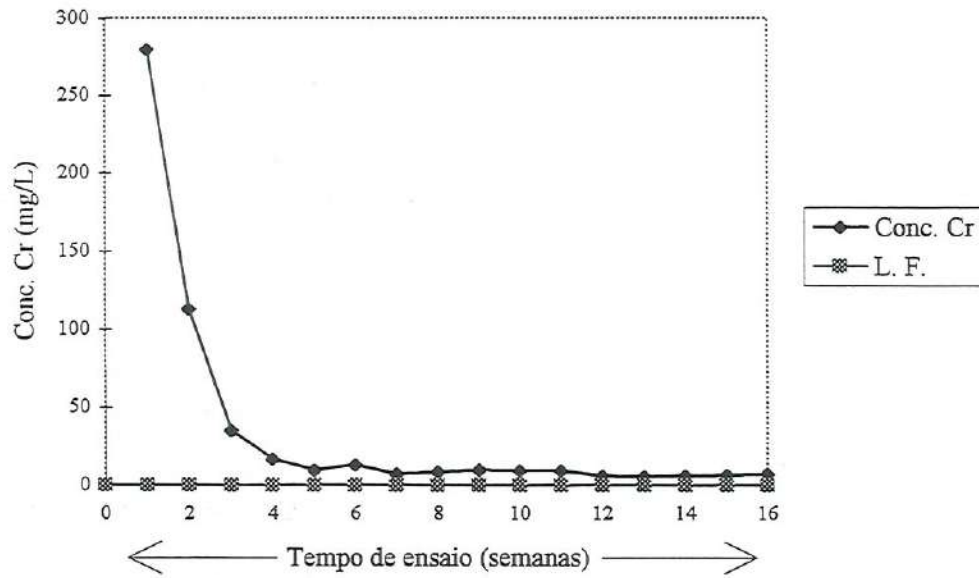


FIGURA D. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: D

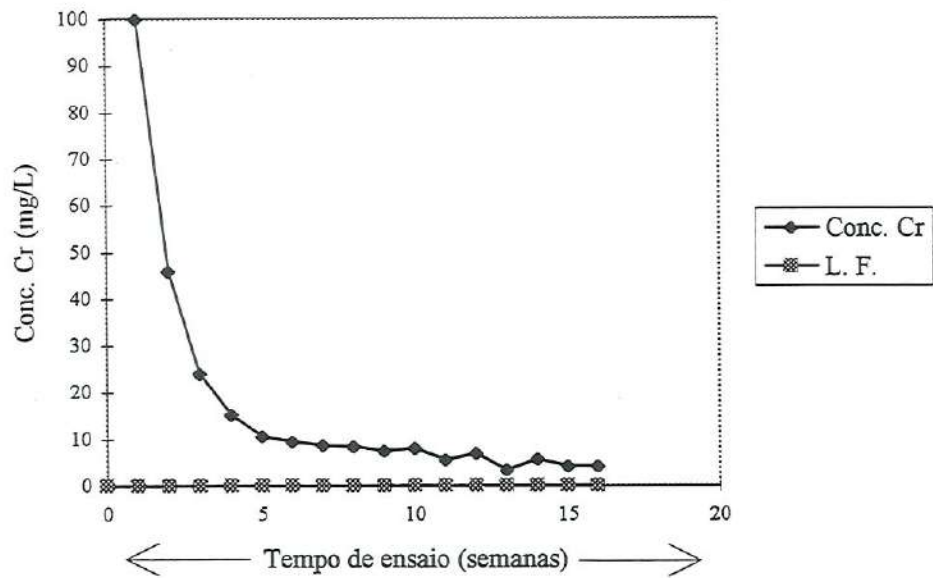


FIGURA D. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: D

TABELA D.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	7,7	11,0	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	17,30
1	9,4	10,9	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	19,20
2	6,1	10,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4,53
2	6,1	10,8	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	12,50
3	6,5	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,50
3	6,3	11,1	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8,00
4	6,3	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,00
4	6,5	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,00
5	6,0	10,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,90
5	6,0	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,75
6	6,2	10,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,45
6	6,2	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	7,70
7	6,0	9,3	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,27
7	6,4	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,02
8	6,5	9,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,80
8	6,3	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,50
9	6,2	9,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,10
9	6,3	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,00
10	6,5	9,1	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,40
10	6,6	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,90
11	6,0	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,00
12	6,2	11,3	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,80
13	6,2	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	3,50
14	6,4	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,37
15	6,5	10,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,80
16	6,2	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	1,05

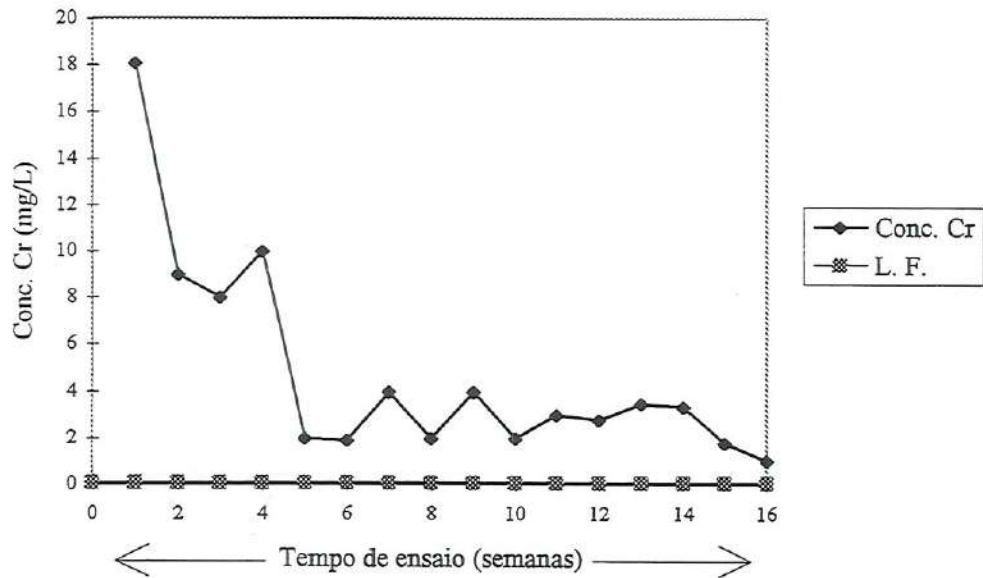


FIGURA D.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 2:1
Lodo empregado: D

TABELA D.11- Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: D

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,1	9,9	8,8	7,7
pH final	5,0	5,0	4,9	4,8

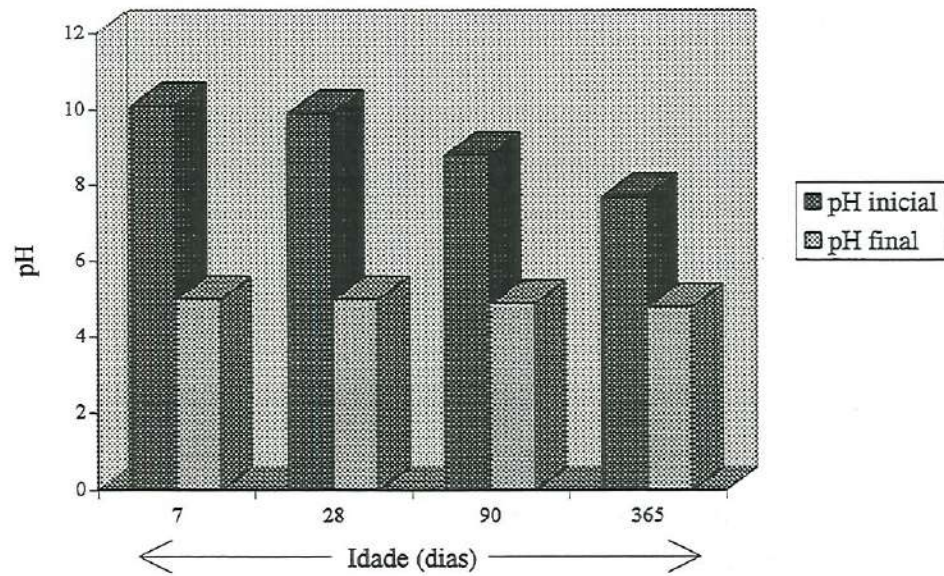


FIGURA D.11- Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: D

TABELA D.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: D

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,15	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	89,00
28 dias	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	210,00
90 dias	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	10,40
365 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	2,60

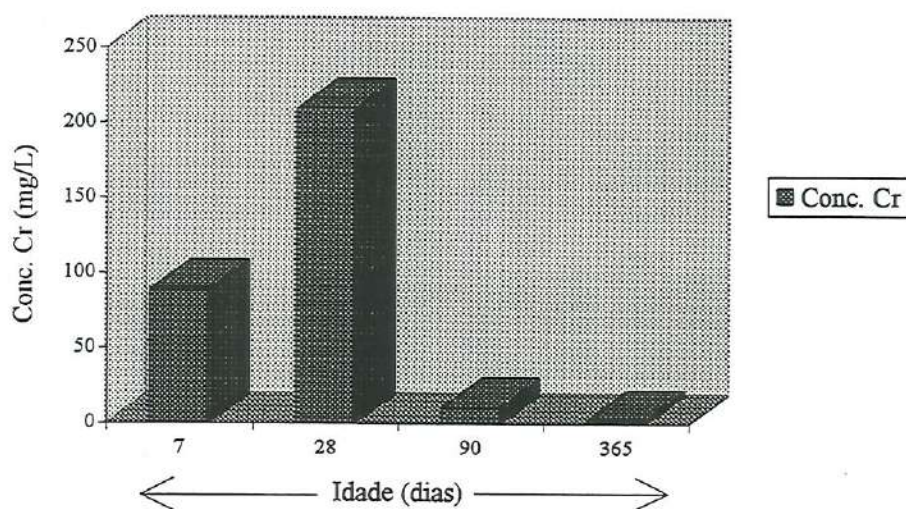


FIGURA D.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 2:1

Lodo empregado: D

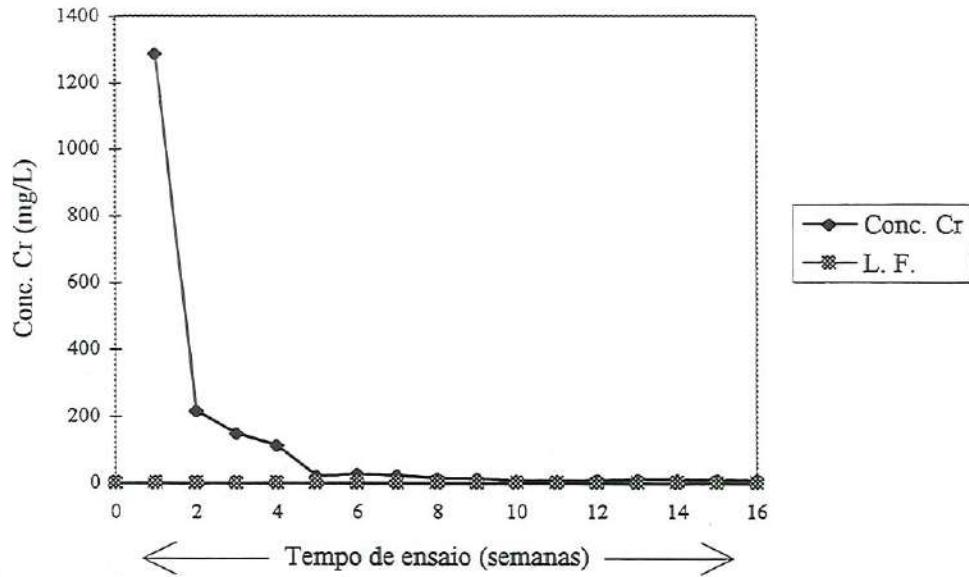


FIGURA D.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

TABELA D.14 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
	semanas	inicial									final
1		10,5	12,5	0,10	0,80	0,15	0,65	0,44	nd	0,08	920,00
1		10,5	12,5	0,10	0,90	0,16	0,74	0,48	nd	0,11	1020,00
2		9,3	12,1	0,07	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	258,00
2		9,3	11,9	0,04	0,07	nd	nd	nd	nd	0,01	320,00
3		6,6	11,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	95,00
3		5,7	11,5	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	14,00
4		5,6	11,5	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	37,30
5		5,9	11,5	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	60,00
6		5,9	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	24,00
7		6,7	10,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,81
8		5,5	10,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	7,00
9		5,7	10,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,12
10		5,6	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	3,13
11		5,5	10,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	3,20
12		5,8	10,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,80
13		5,4	9,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,50
14		6,0	9,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,91
15		5,8	10,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,33
16		7,0	10,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	1,04

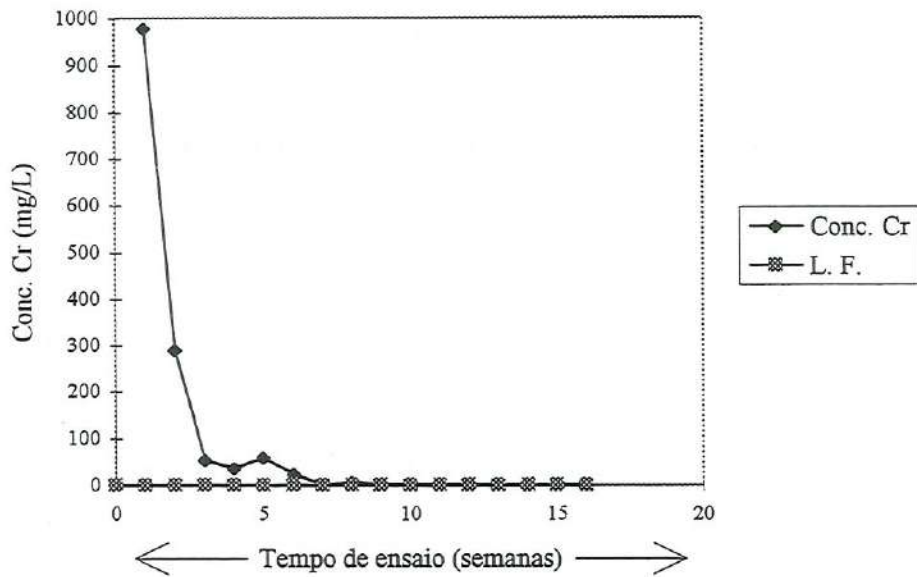


FIGURA D.14 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

TABELA D.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,2	12,0	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	300,00
1	10,3	12,0	0,09	0,12	nd	0,03	nd	nd	0,03	277,00
2	9,9	11,8	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	160,00
2	10,0	11,8	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	166,00
3	5,7	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	100,00
3	6,2	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	80,00
4	5,6	11,3	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	35,00
5	6,4	11,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	21,00
6	6,2	11,3	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	37,00
7	5,8	10,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	36,50
8	5,4	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	22,00
9	5,5	11,3	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	24,00
10	5,7	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	26,00
11	5,4	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	24,00
12	5,6	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	22,50
13	5,5	11,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	21,60
14	5,6	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	23,00
15	5,5	11,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	19,50
16	5,9	11,3	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	22,00

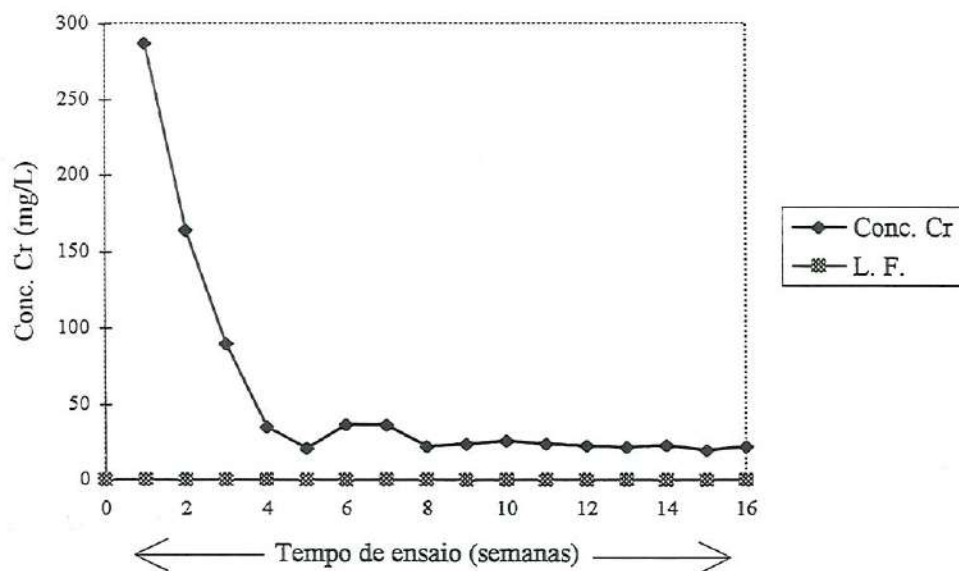


FIGURA D.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

TABELA D.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	9,4	10,0	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	75,00
1	8,9	10,9	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	55,00
2	5,9	10,6	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	48,00
2	5,9	10,8	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	57,00
3	6,3	10,8	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	22,00
3	6,0	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	23,50
4	5,9	11,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	26,50
4	5,9	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	28,00
5	5,8	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	27,00
5	5,7	11,3	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	20,50
6	6,2	11,4	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	20,00
6	6,0	11,4	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	28,30
7	6,0	11,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	20,50
7	5,8	11,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	20,20
8	6,5	11,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	18,50
8	6,6	11,3	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	19,00
9	6,3	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	16,70
9	6,1	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	18,00
10	6,2	10,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9,00
10	6,3	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	11,00
11	5,9	10,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	14,00
12	6,2	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	18,00
13	6,0	11,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	12,50
14	6,4	11,1	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	12,00
15	6,1	10,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8,50
16	6,1	10,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	17,00

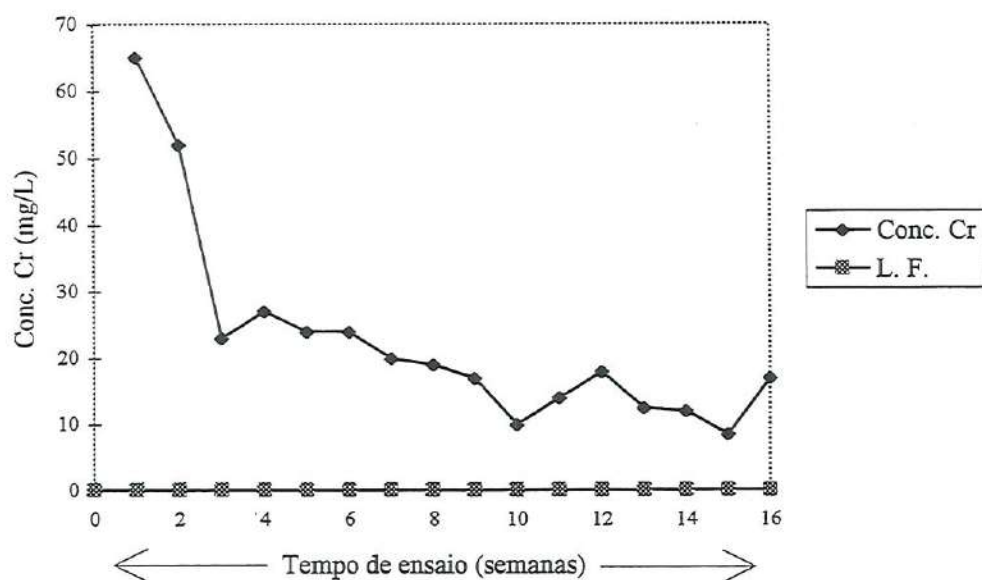


FIGURA D.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

TABELA D.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,4	9,9	8,8	8,2
pH final	5,0	5,0	4,9	4,8

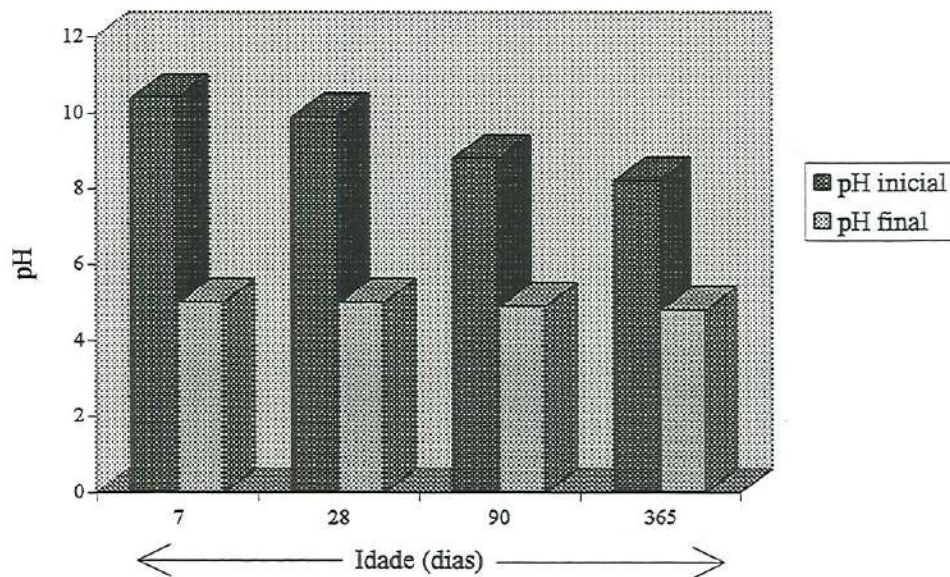


FIGURA D.17 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

TABELA D.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,28	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	44,30
28 dias	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	60,00
90 dias	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	131,00
365 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	0,06	nd	14,00

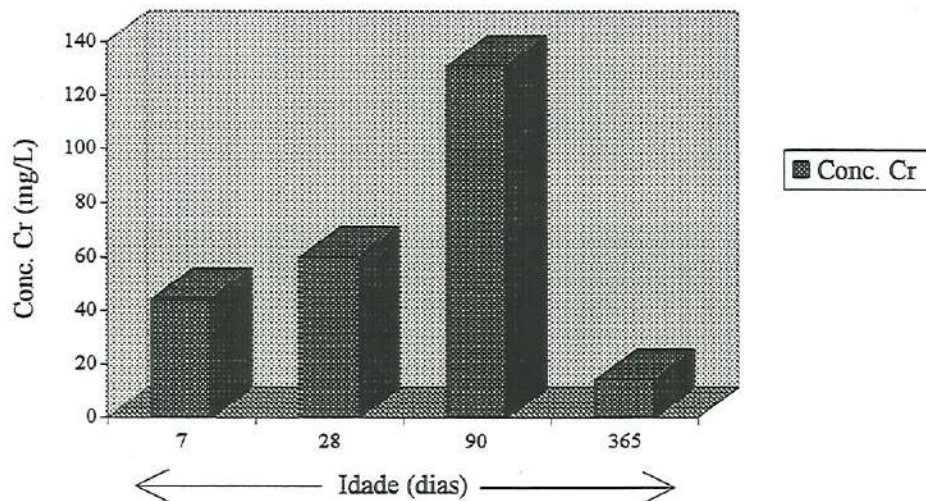


FIGURA D.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1

Lodo empregado: D

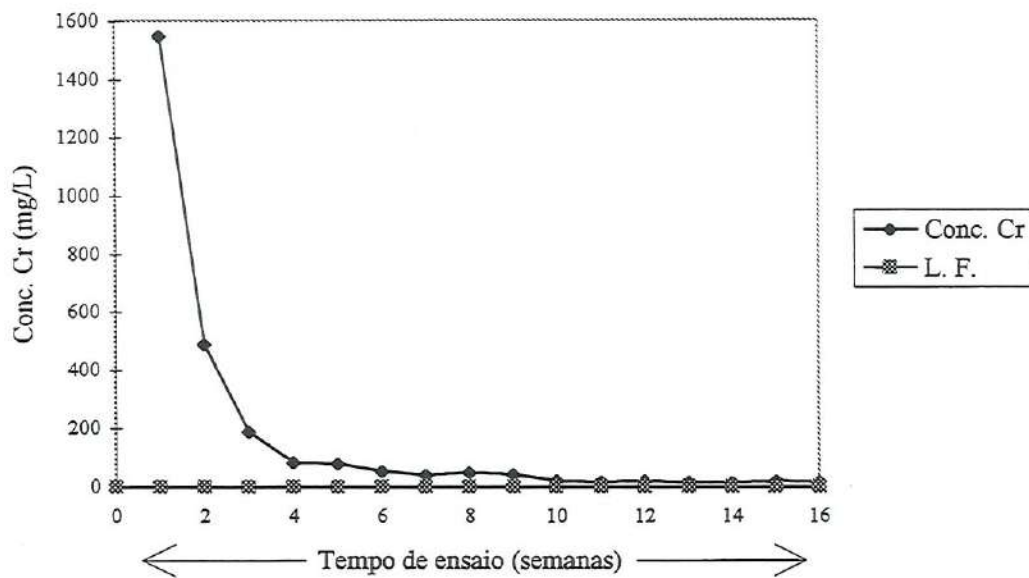


FIGURA D.19 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: D

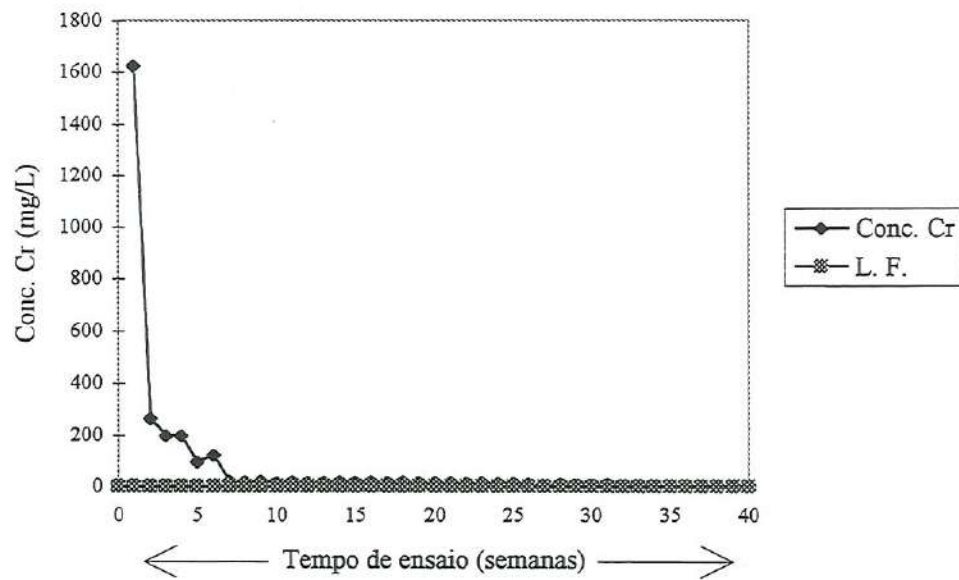


FIGURA D.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: D

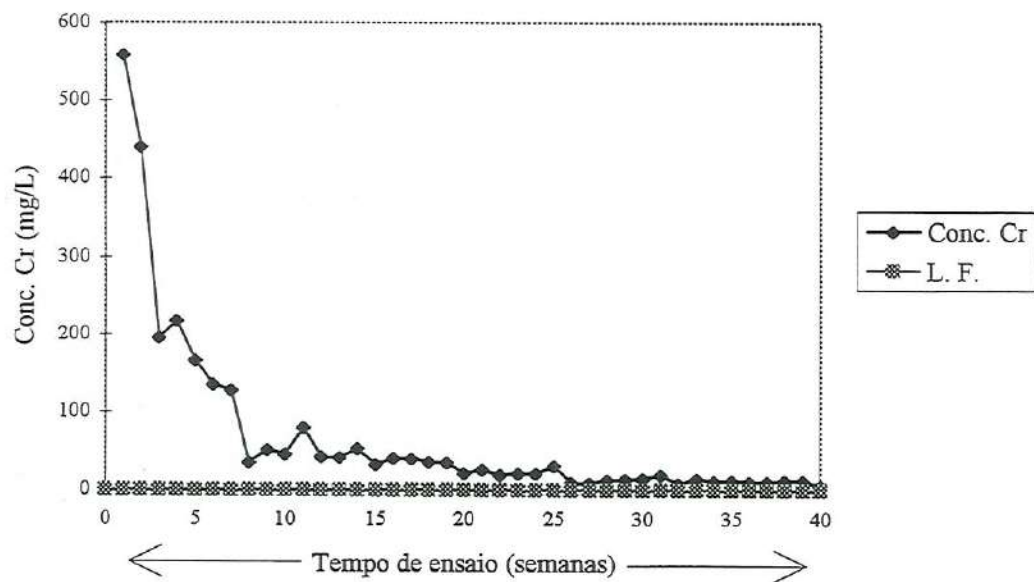


FIGURA D.21- Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: D

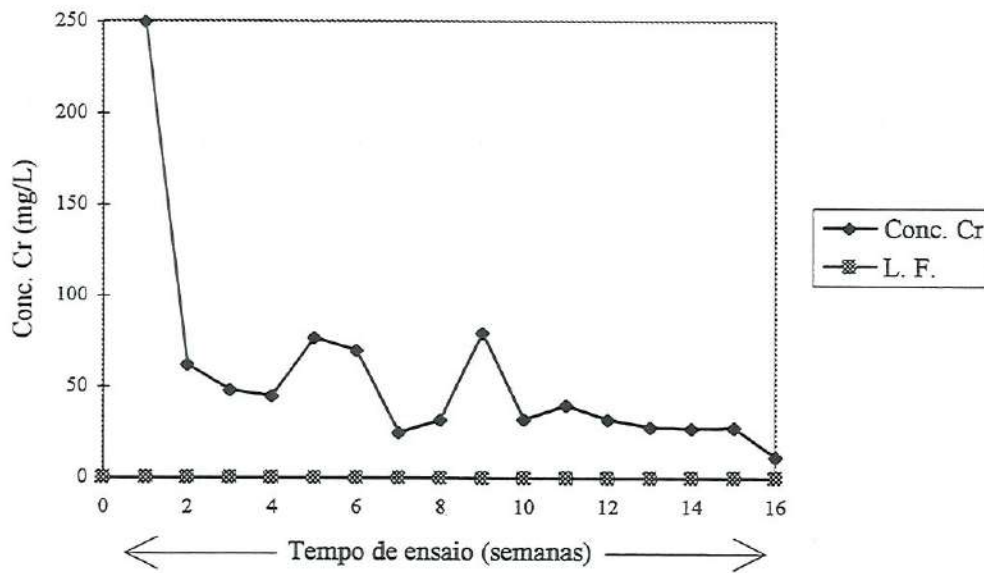


FIGURA D.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 365 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:2
Lodo empregado: D

TABELA D.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: D

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,3	9,8	6,7	8,0
pH final	4,9	5,0	4,9	4,8

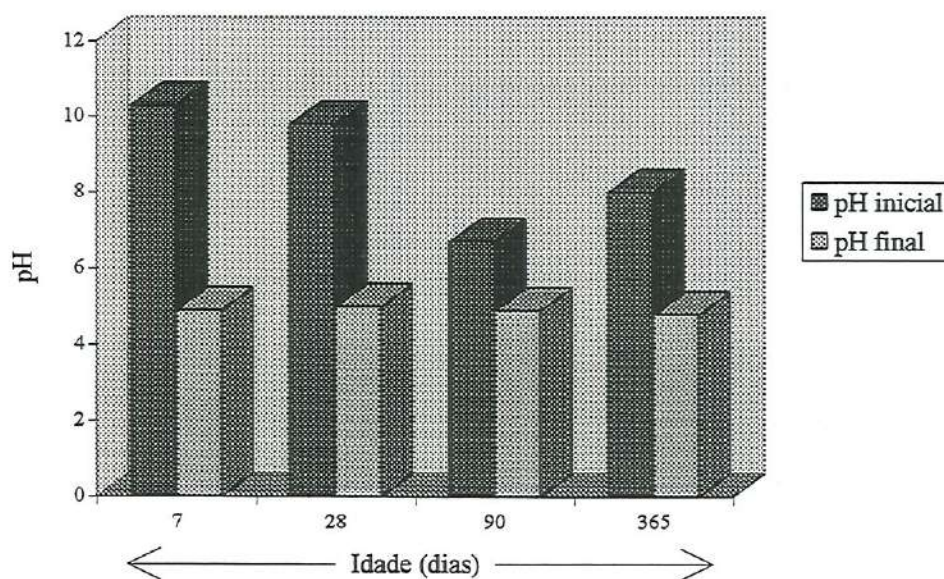


FIGURA D.23 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: D

TABELA D.24 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: D

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,11	0,04	nd	nd	0,04	nd	0,03	76,00
28 dias	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	80,00
90 dias	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	145,00
365 dias	0,06	nd	nd	nd	0,02	0,06	nd	30,60

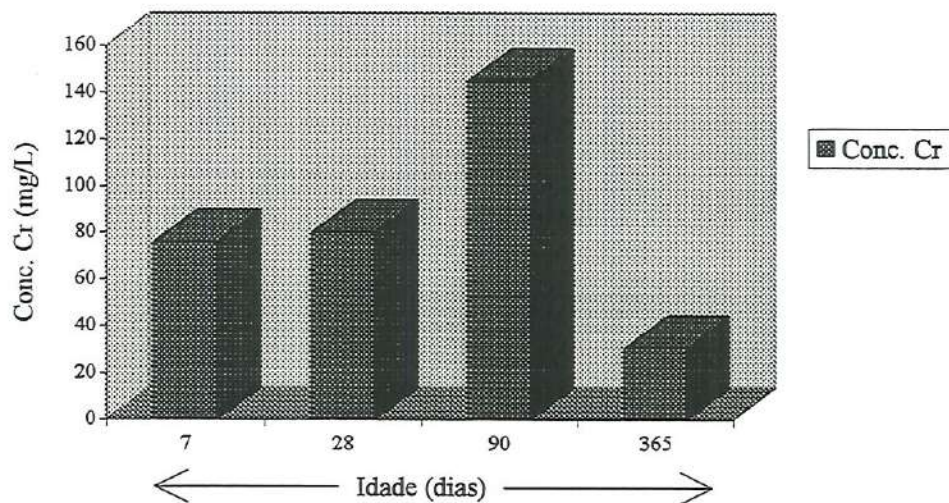


FIGURA D.24 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:2

Lodo empregado: D

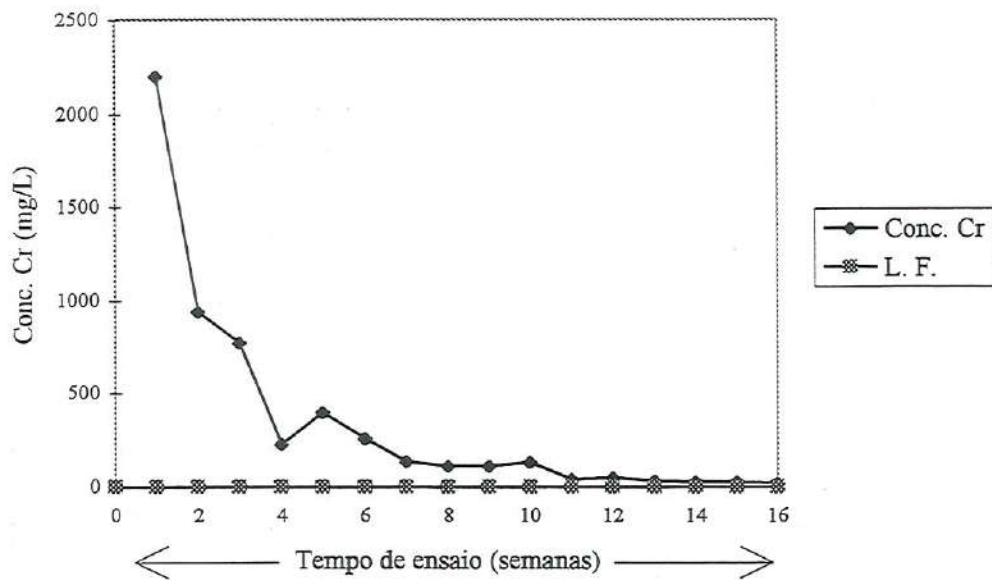


FIGURA D.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: D

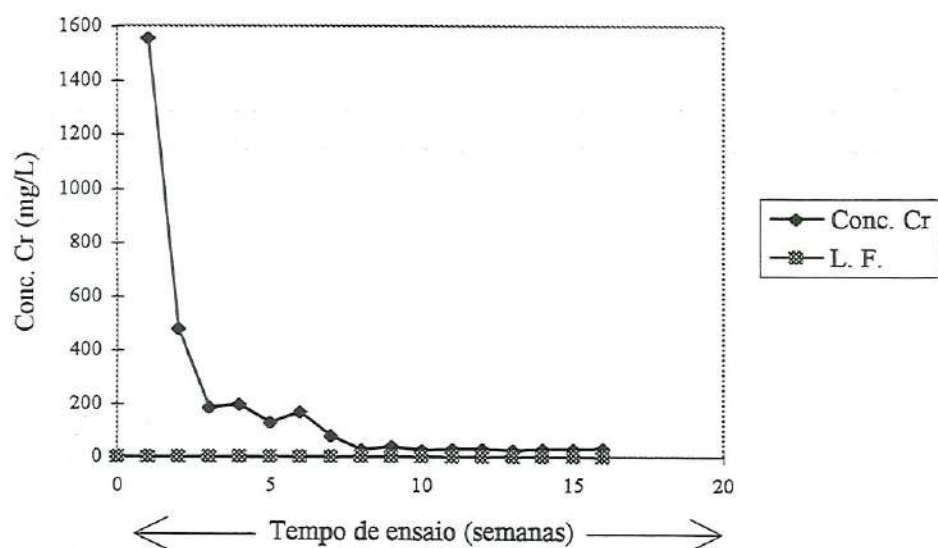


FIGURA D.26 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: D

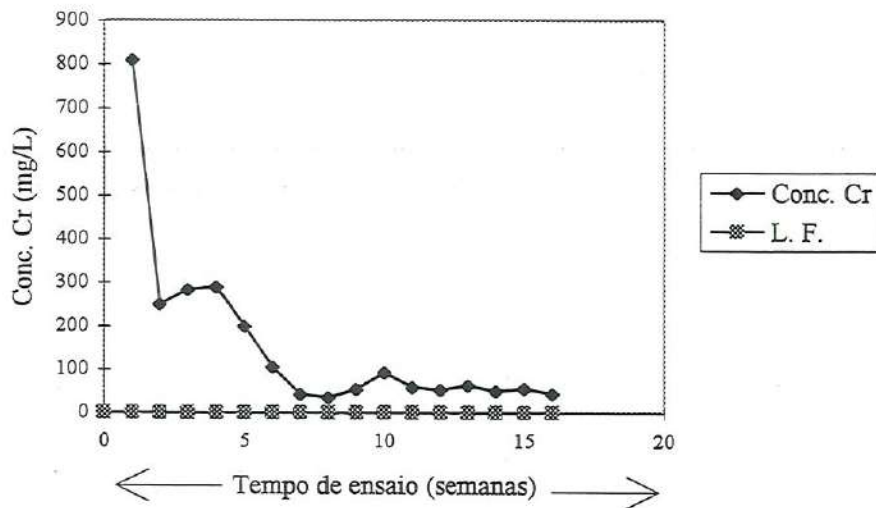


FIGURA D.27 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:3
Lodo empregado: D

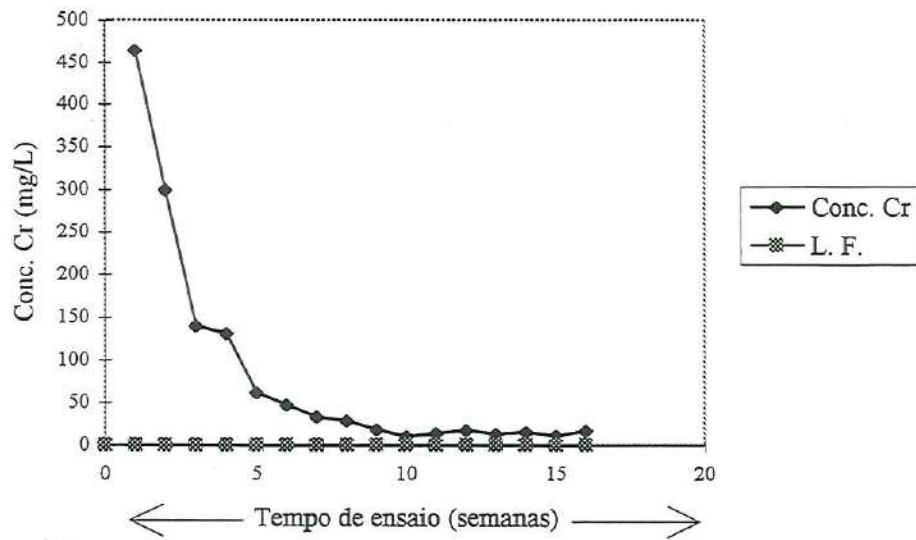


FIGURA D.28 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: D

TABELA D.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: D

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	10,1	9,2	8,5	7,5
pH final	4,8	5,0	4,9	4,8

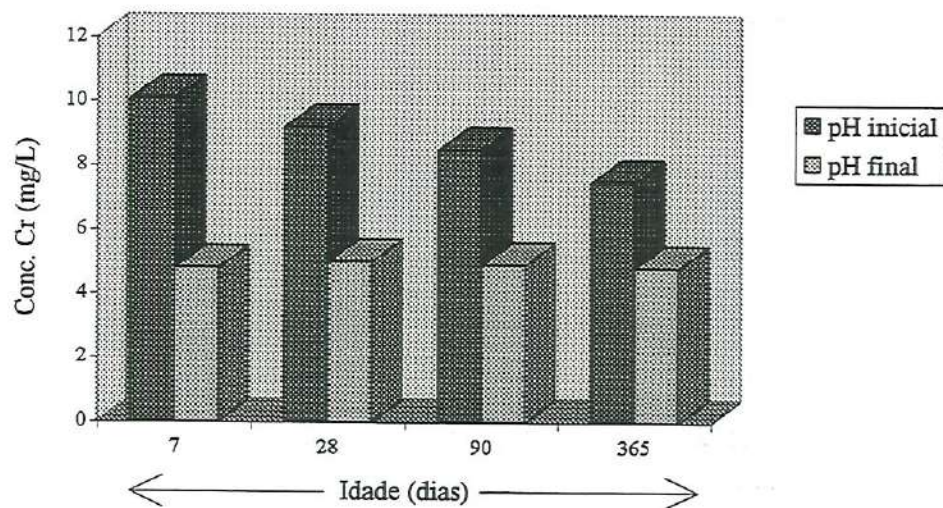


FIGURA D.29 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: D

TABELA D.30 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: D

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,12	0,07	nd	0,03	0,08	nd	0,09	183,00
28 dias	0,12	nd	nd	0,03	0,07	nd	0,06	150,00
90 dias	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	150,00
365 dias	0,09	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	125,00

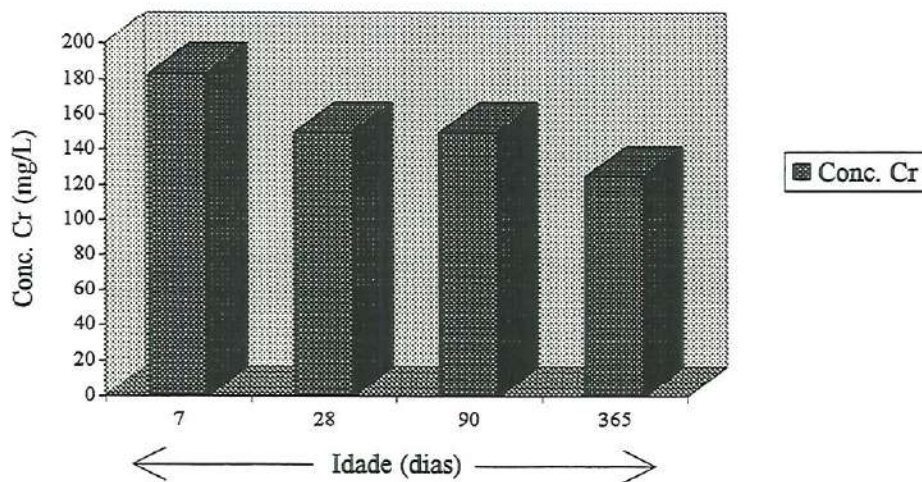


FIGURA D.30 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:3

Lodo empregado: D

TABELA D.31 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,9	12,4	0,12	0,97	0,23	0,96	0,41	0,07	0,15	1800,00
1	10,8	12,3	0,11	0,88	0,12	0,74	0,37	0,03	0,20	1360,00
2	10,6	12,1	0,15	0,04	nd	0,07	0,24	nd	0,02	970,00
2	10,7	12,1	0,10	0,09	nd	0,03	0,08	0,01	0,06	600,00
3	9,5	11,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	160,00
3	9,2	11,9	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	130,00
4	6,1	11,8	0,04	nd	nd	nd	0,08	nd	0,03	104,00
5	5,7	11,5	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	145,00
6	6,3	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	120,00
7	6,2	11,5	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	63,00
8	6,2	11,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	52,60
9	5,7	11,3	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	52,00
10	6,2	11,2	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	38,00
11	6,2	11,0	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	48,00
12	5,9	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	32,50
13	5,5	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	43,00
14	5,5	11,1	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	24,50
15	5,3	10,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	24,50
16	5,3	10,8	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	22,60

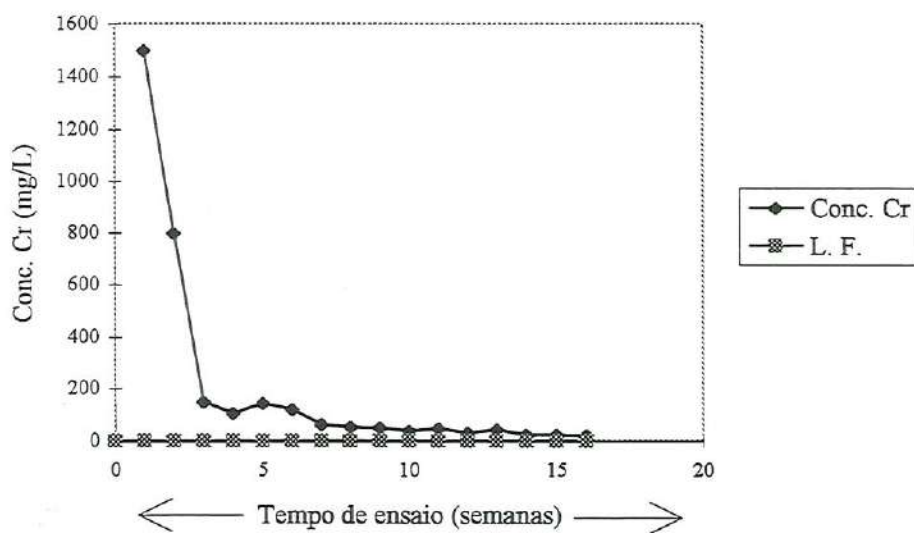


FIGURA D.31 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 7 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: D

TABELA D.32 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: D

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	9,9	11,9	0,12	0,45	0,03	0,32	0,28	0,02	0,03	2300,00
1	9,9	11,9	0,09	0,45	0,03	0,36	0,17	0,02	0,11	1030,00
2	6,4	11,5	0,05	0,09	nd	nd	nd	nd	0,03	440,00
2	6,5	11,5	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	345,00
3	6,6	11,4	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	175,00
4	5,7	11,3	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	160,00
5	6,1	11,1	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	140,00
6	5,4	11,2	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	100,00
7	6,2	10,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	53,00
8	5,7	10,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	60,00
9	7,1	10,9	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	23,50
10	5,6	10,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	40,00
11	5,4	10,9	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	28,00
12	5,6	10,6	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	20,00
13	5,2	10,5	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,0	18,80
14	5,3	10,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	14,00
15	5,6	10,4	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	13,20
16	5,4	10,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	12,60

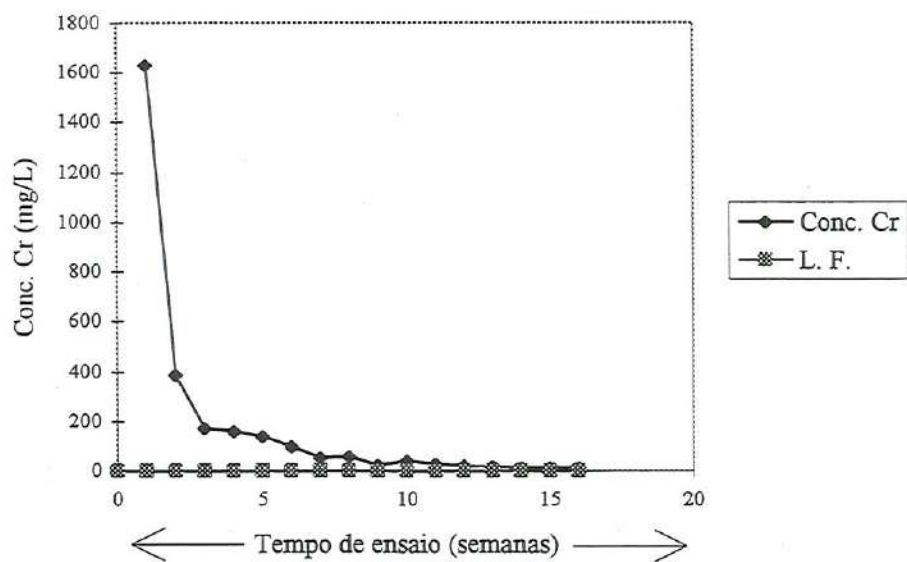


FIGURA D.32 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: D

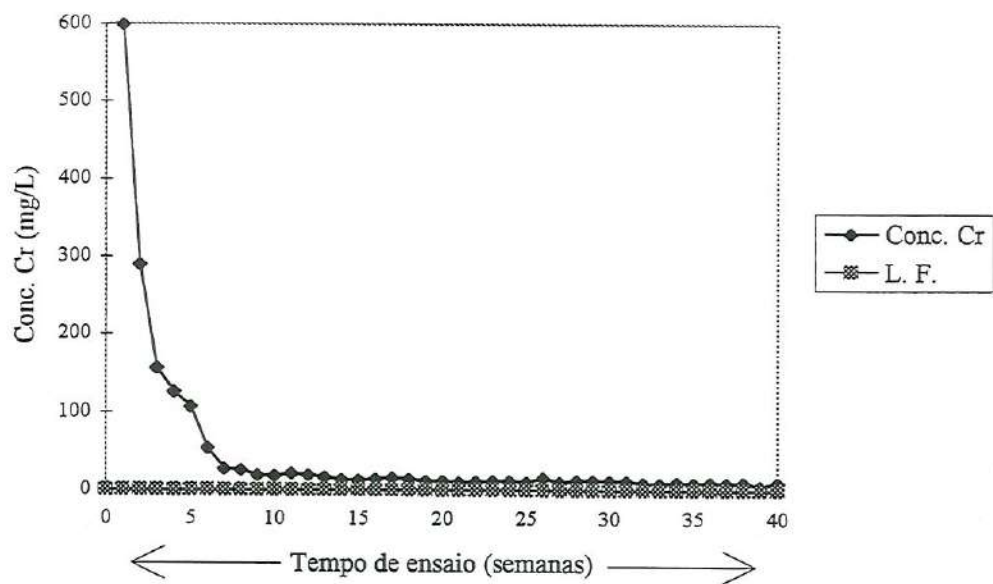


FIGURA D.33 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 90 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:4
Lodo empregado: D

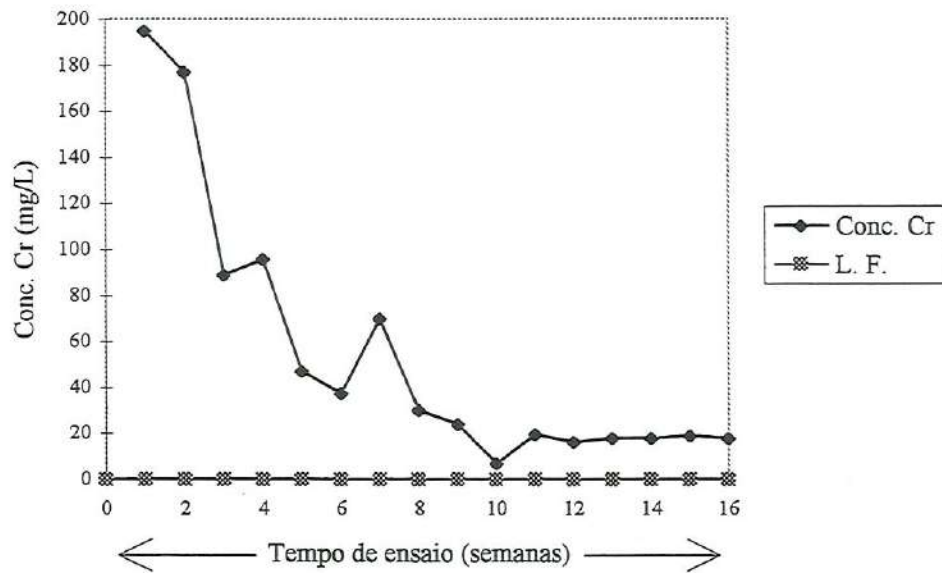


FIGURA D.34 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: D

TABELA D.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: D

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias	365 dias
	CP1	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,4	9,1	6,9	7,1
pH final	4,9	4,9	5,0	4,9

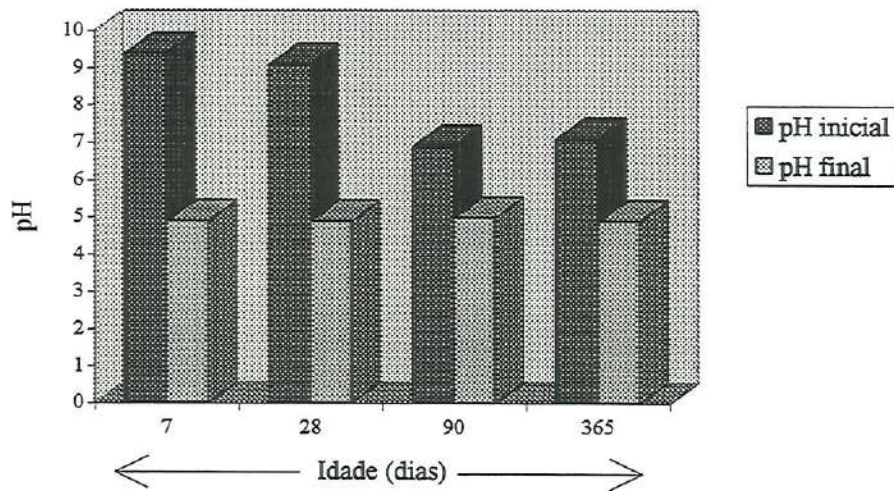


FIGURA D.35 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: D

TABELA D.36 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: D

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,13	nd	nd	nd	0,02	nd	0,05	122,00
28 dias	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	115,00
90 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	45,30
365 dias	0,09	nd	nd	nd	nd	0,03	0,02	76,00

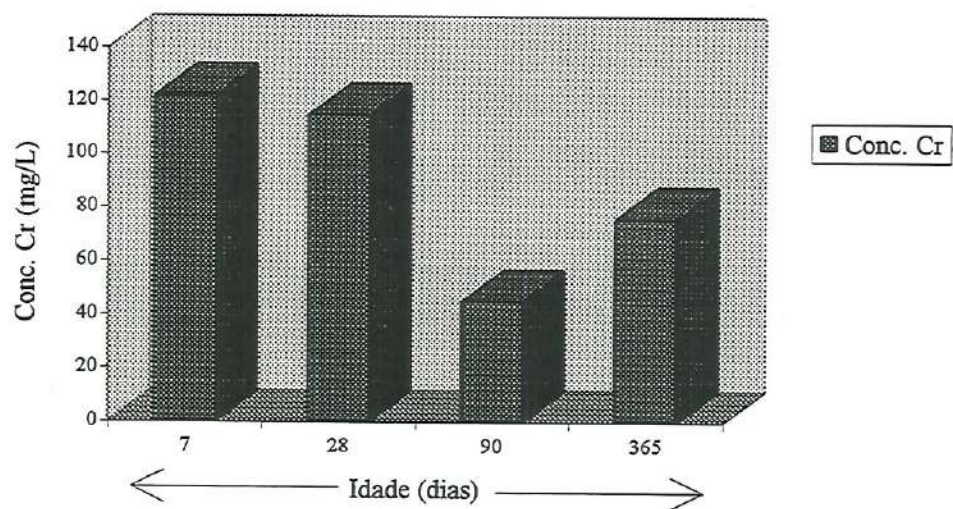


FIGURA D.36 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:4

Lodo empregado: D

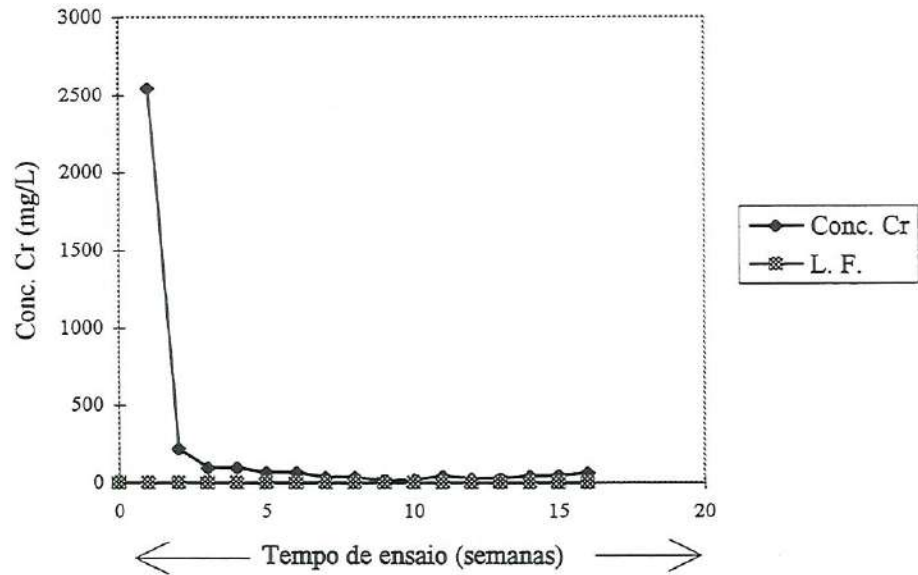


FIGURA D.37 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação
Lodo empregado: D

TABELA D.38 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: D

Parâmetro	14 dias
	CPI
pH inicial	9,6
pH final	4,8

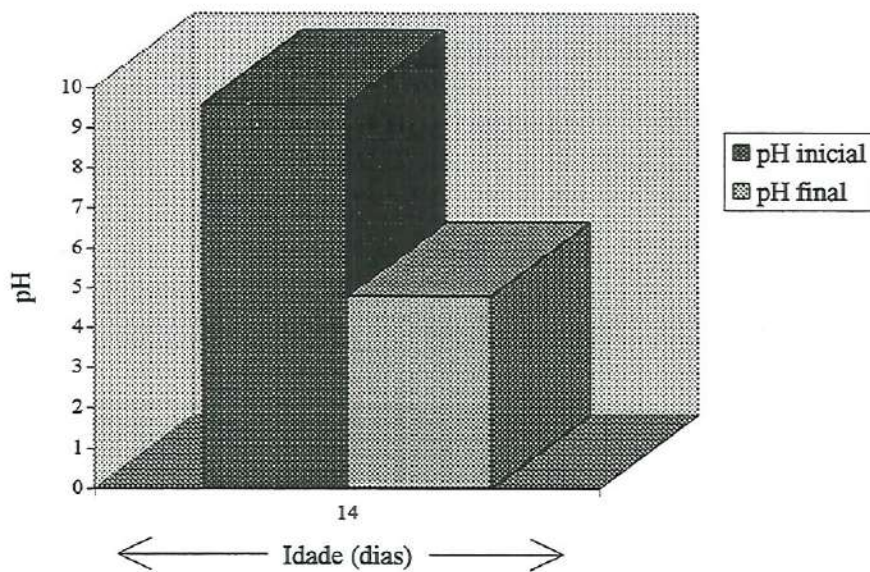


FIGURA D.38 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: D

TABELA D.39 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: D

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
14 dias	0,15	nd	nd	nd	nd	0,05	0,03	252,00

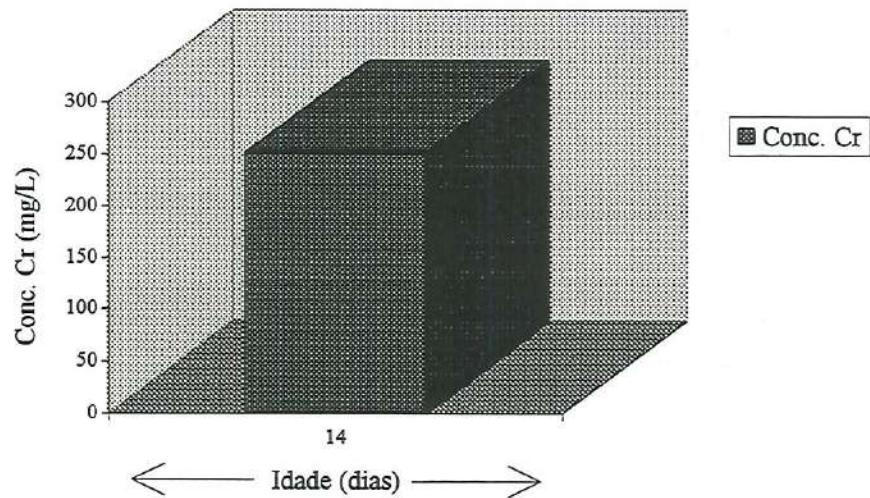


FIGURA D.39 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova sem impregnação

Lodo empregado: D

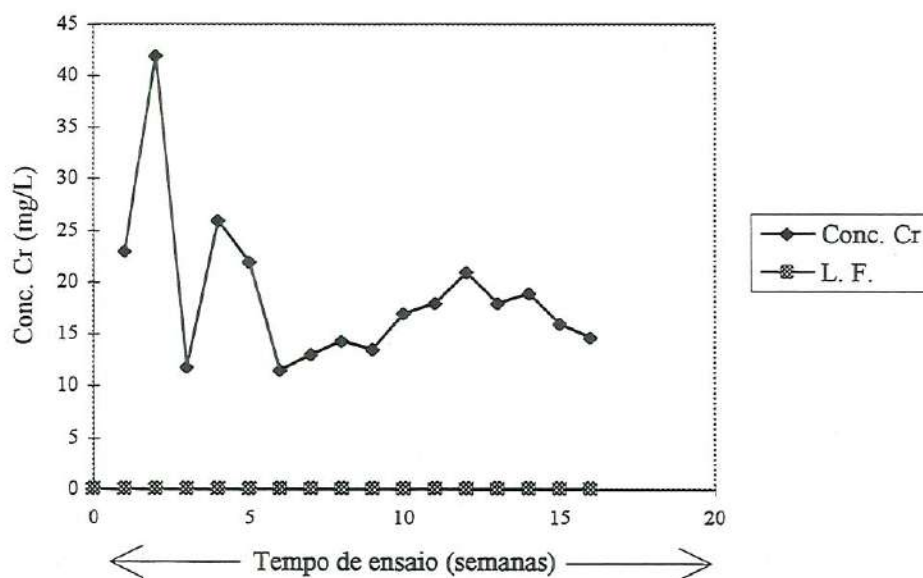


FIGURA D.40 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 14 dias
Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona
Lodo empregado: D

TABELA D.41 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: D

Parâmetro	14 dias
	CP1
pH inicial	6,3
pH final	4,9

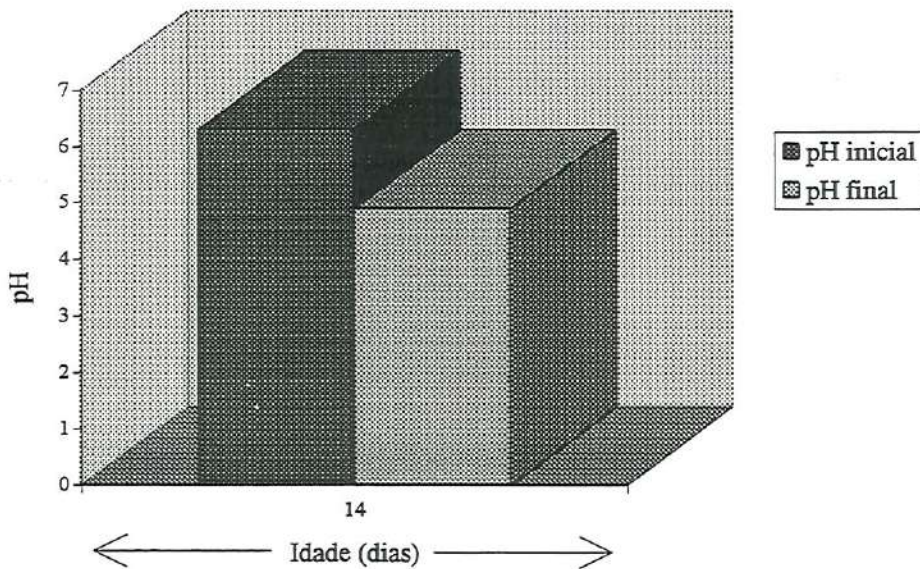


FIGURA D.41 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: D

TABELA D.42 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: D

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
14 dias	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	2,10

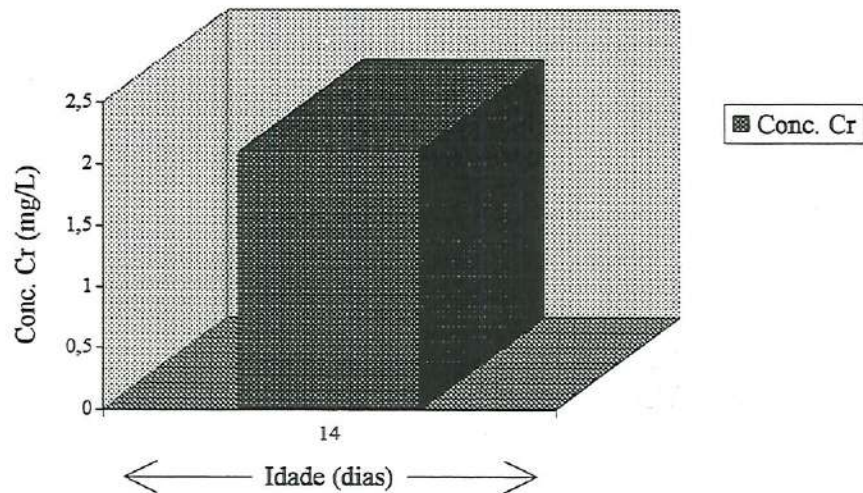


FIGURA D.42 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Traço (cimento/resíduo): 1:1, corpo de prova impregnado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Lodo empregado: D



ANEXO E

**TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados
com pasta de cimento Portland e resina poliuretânica à
base de óleo de mamona**



TABELA E. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	-	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01
1	-	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,04
2	9,3	12,2	0,42	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
2	9,4	12,3	0,31	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	0,05
3	9,4	11,7	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,06
3	9,7	11,7	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,07
4	9,1	11,6	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd
4	9,5	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,11
5	7,2	11,4	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,15
5	8,2	11,4	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,19
6	8,3	11,5	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03
6	8,8	11,5	0,54	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03
7	6,5	11,5	0,38	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,03
7	6,4	11,5	0,18	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	6,3	11,4	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8	6,0	11,4	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05
9	6,2	11,4	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
9	6,1	11,4	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

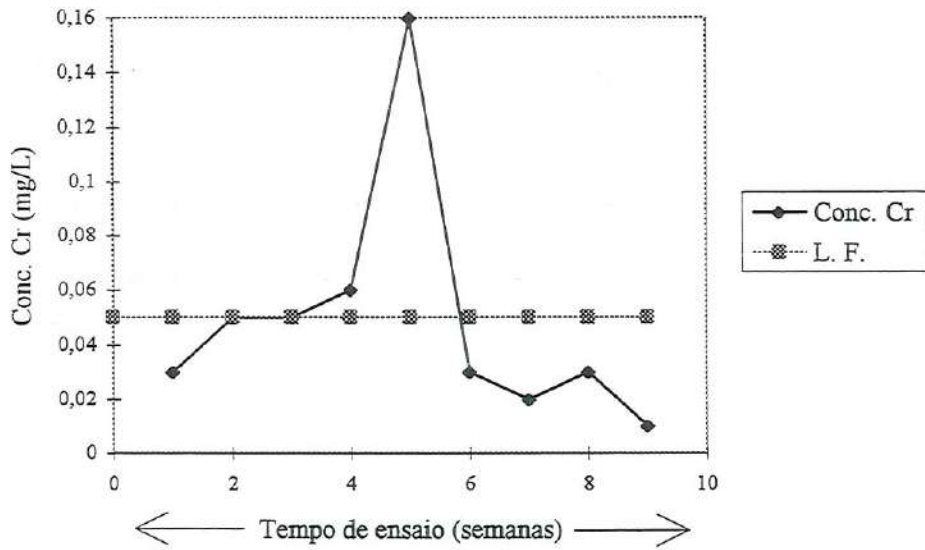


FIGURA E. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

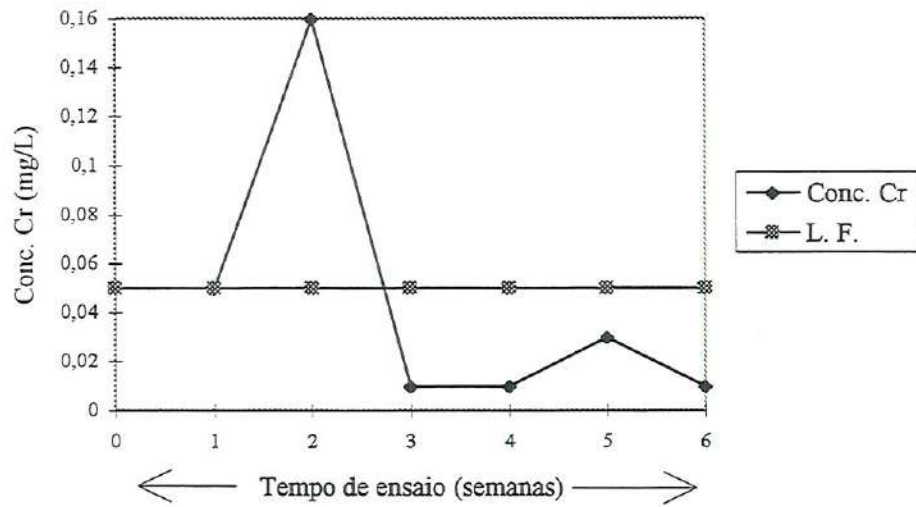


FIGURA E. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:
Idade do corpo de prova: 28 dias
Água/cimento: 0,28
Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

TABELA E. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	9,8	11,3	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,09
1	9,8	11,3	0,19	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,12
2	8,1	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,08
2	8,7	11,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10
3	8,2	11,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	7,1	11,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
4	5,6	11,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	6,1	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd

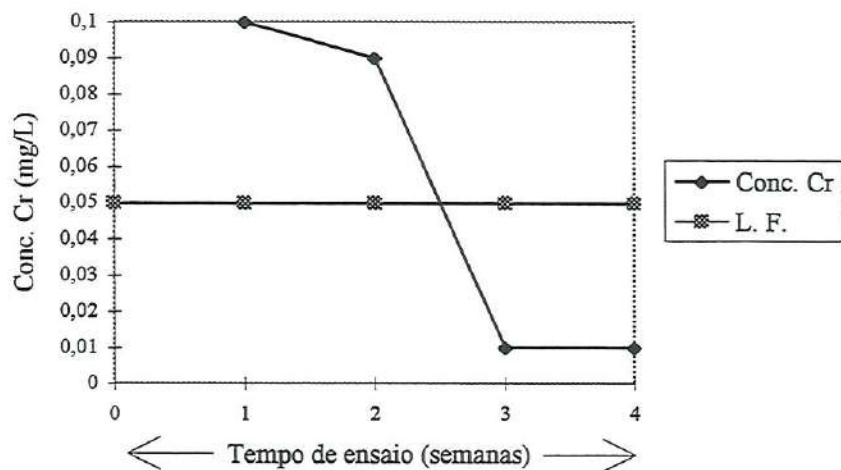


FIGURA E. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

TABELA E. 4 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
			mg L^{-1}							
1	9,7	11,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,73
1	9,5	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,73
2	5,8	10,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,09
2	6,1	10,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10
3	5,6	10,6	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3	5,8	10,7	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02

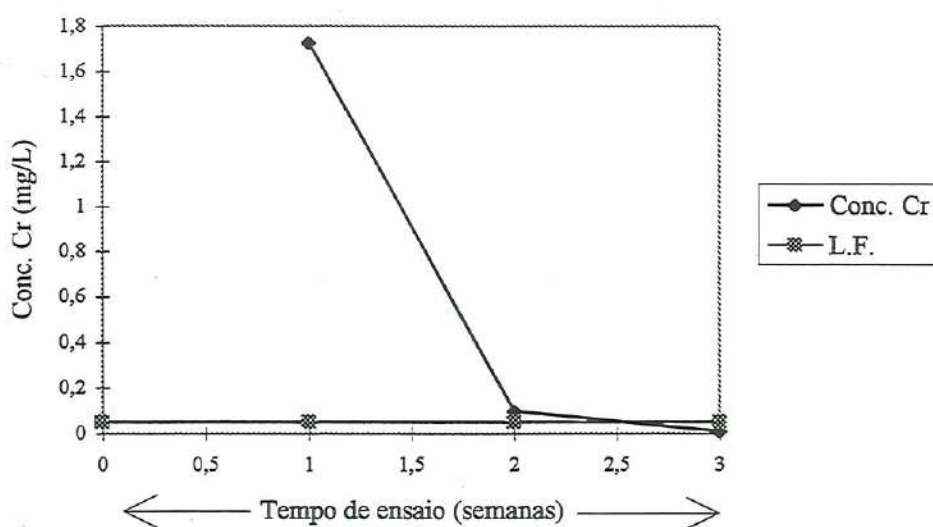


FIGURA E. 4 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 365 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

TABELA E. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

Parâmetro	7 dias			28 dias		90 dias		365 dias
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1
pH inicial	9,8	9,8	9,5	9,8	9,7	8,7	8,9	7,9
pH final	5,1	4,9	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9

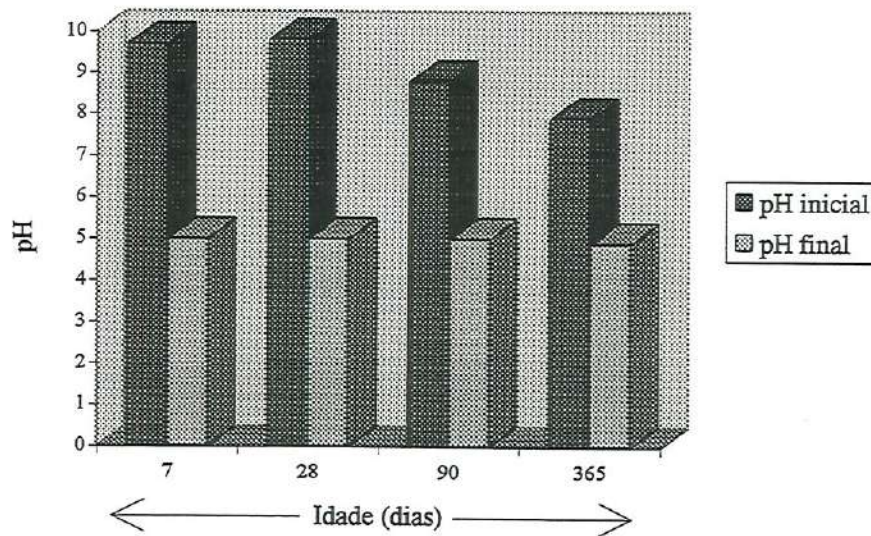


FIGURA E. 5 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

TABELA E. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,09
	0,15	nd	nd	nd	nd	0,02	0,01	0,05
	0,26	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,03
28 dias	0,21	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02	0,07
	0,15	nd	nd	nd	nd	0,01	0,01	0,09
90 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd
	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
365 dias	0,03	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	0,54

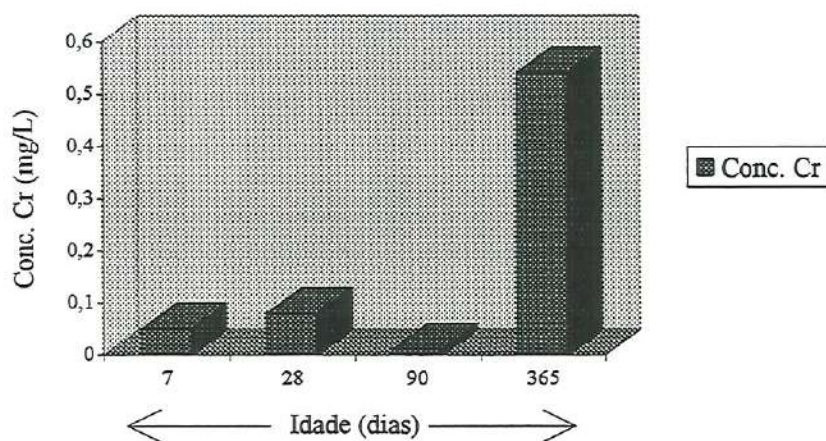


FIGURA E. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28, 90 e 365 dias

Água/cimento: 0,28

Amostra empregada: pasta de Cimento Portland CP II-E-32

TABELA E. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	7,1	5,2	0,12	nd	nd	nd	0,09	0,01	nd	0,03
2	5,1	4,8	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
3	5,6	4,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd
4	5,8	4,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd

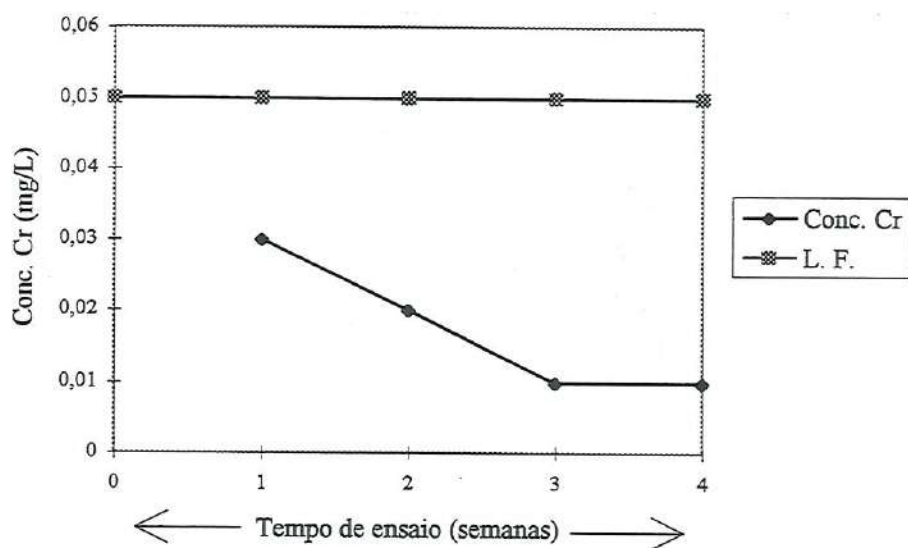


FIGURA E. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

TABELA E. 8 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Parâmetro	14 dias
	CP1
pH inicial	5,8
pH final	4,9

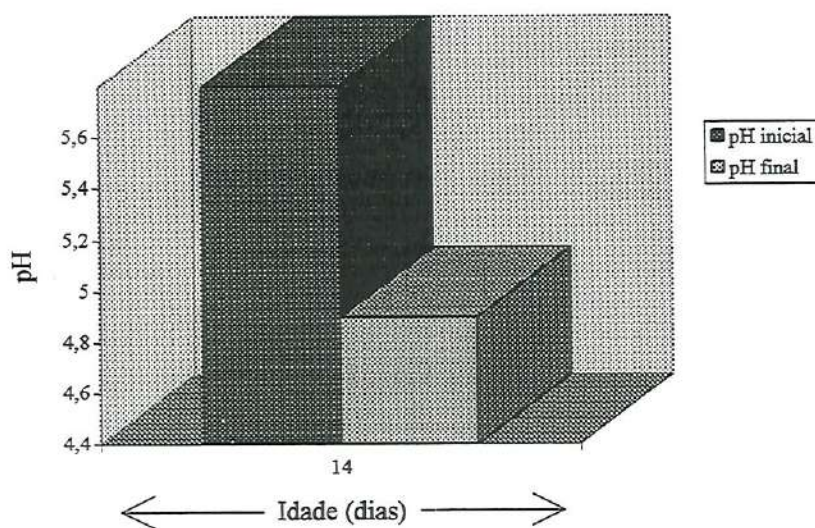


FIGURA E. 8 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

TABELA E. 9 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
14 dias	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03

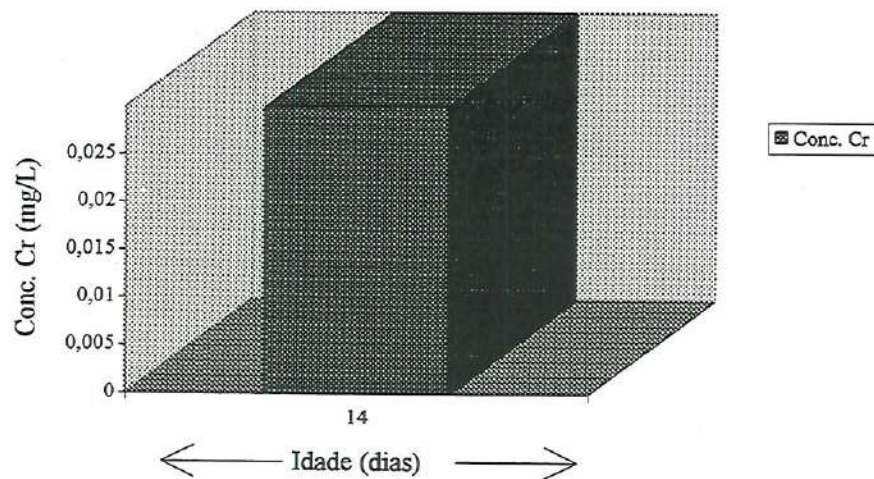


FIGURA E. 9 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 14 dias

Amostra empregada: corpo de prova confeccionado com resina poliuretânica à base de óleo de mamona



ANEXO F

**TABELAS e FIGURAS referentes aos ensaios realizados
com bloquetes**



TABELA F. 1 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	11,5	11,9	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10
1	10,9	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,08
2	9,9	11,2	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
2	9,8	11,3	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02

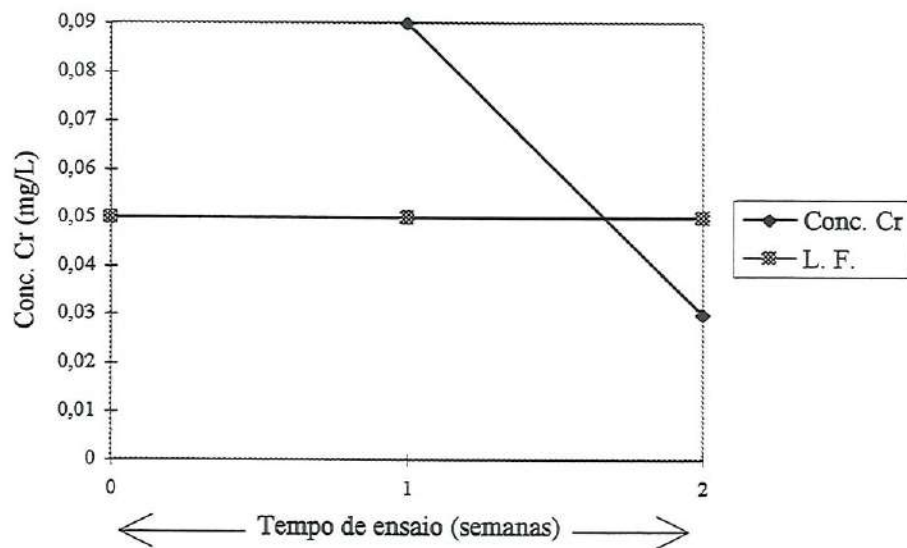


FIGURA F. 1 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F. 2 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,0	11,8	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02
1	10,0	11,8	0,14	nd	nd	nd	0,10	nd	nd	0,02
2	10,0	11,8	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
2	10,0	11,8	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01

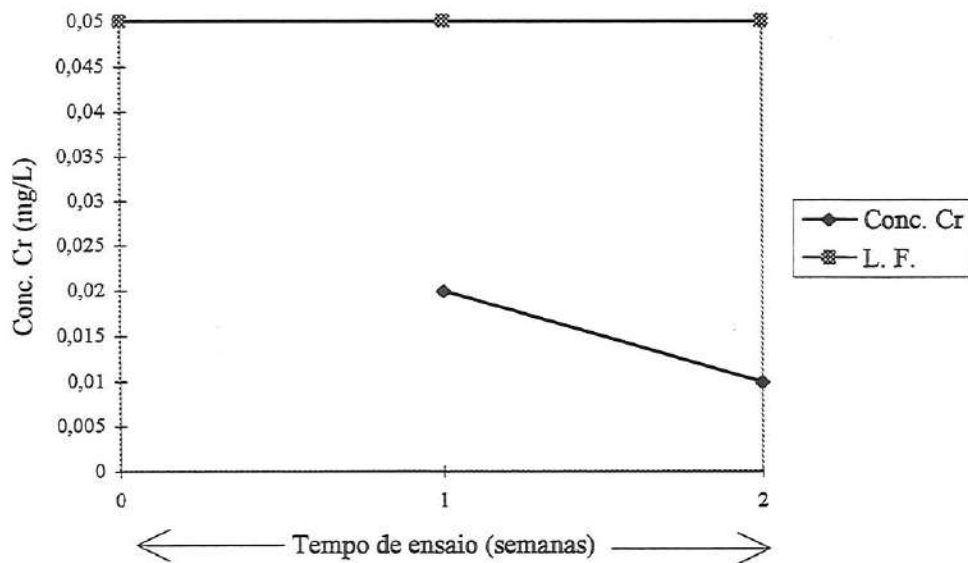


FIGURA F. 2 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F. 3 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	11,3	12,4	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02
1	11,0	12,4	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02
2	6,6	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
2	6,3	11,5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01

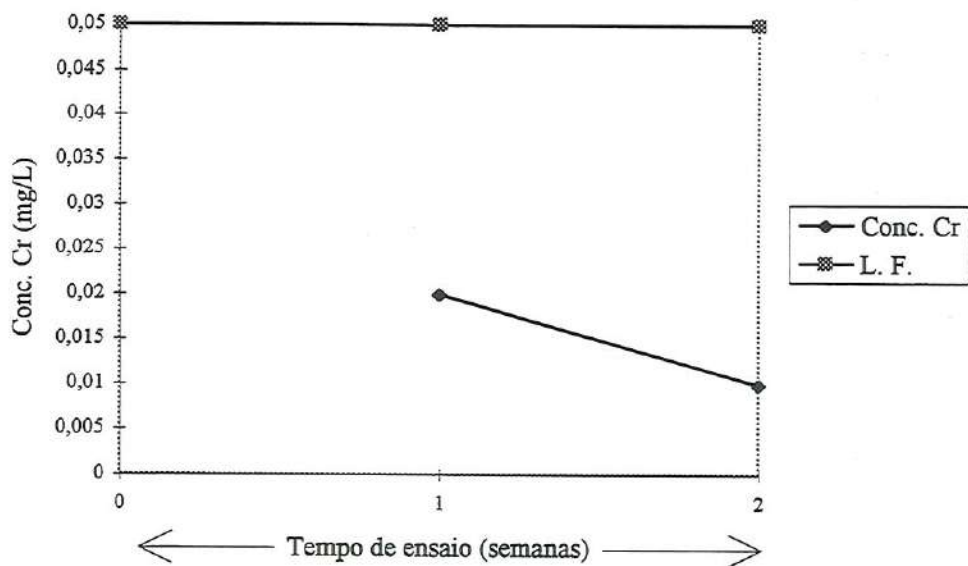


FIGURA F. 3 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F. 4 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias
	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,0	7,0	7,5
pH final	4,9	4,8	4,8

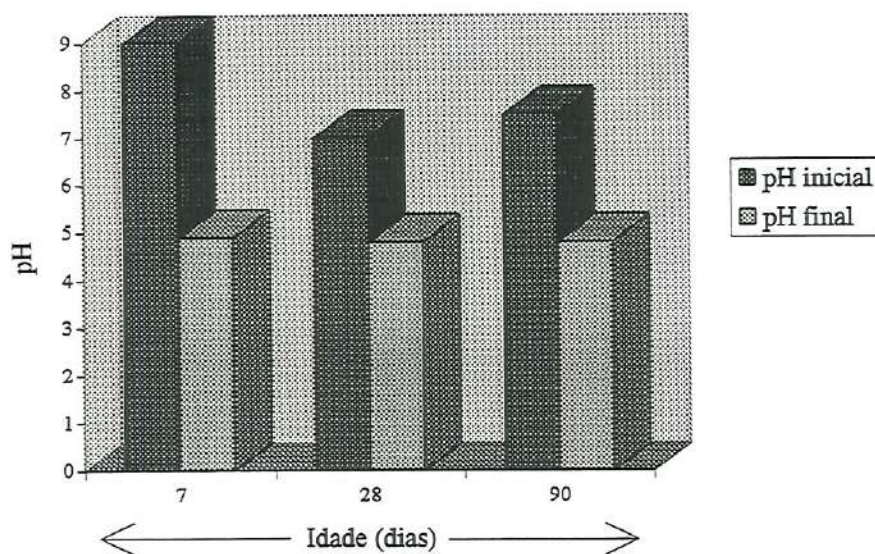


FIGURA F. 4 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F. 5 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,05
28 dias	0,29	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
90 dias	0,18	nd	nd	nd	nd	0,07	nd	nd

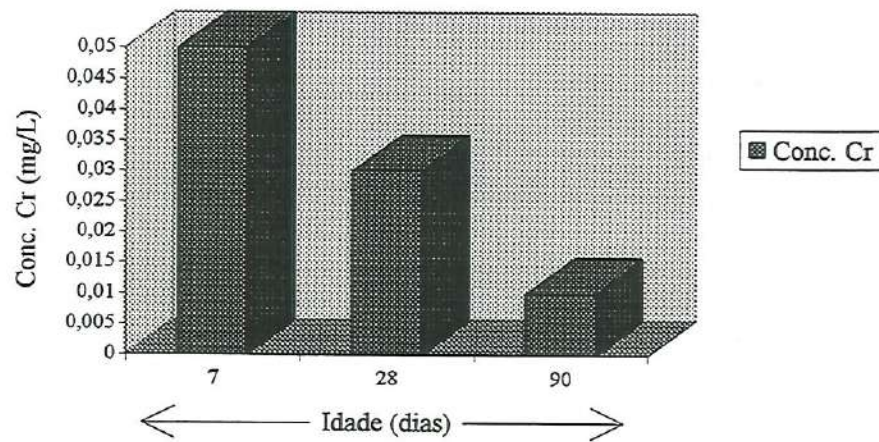


FIGURA F. 5 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F. 6 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	11,1	10,3	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	0,24
1	11,6	10,2	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,20
1	11,2	9,5	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,20
2	10,3	11,7	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
2	10,2	11,5	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,05
2	9,5	12,0	0,09	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04

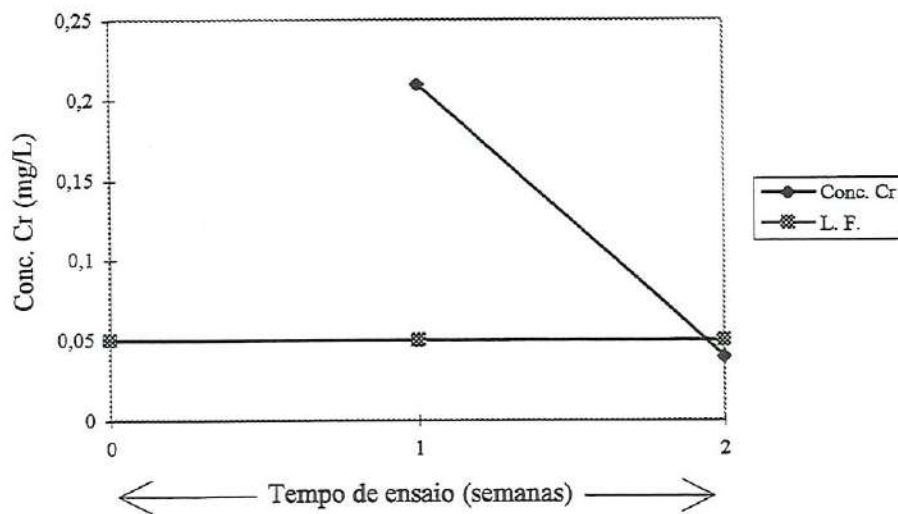


FIGURA F. 6 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F. 7 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,0	11,7	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	nd
1	10,0	11,9	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,14	0,02
2	10,0	11,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
2	10,0	11,8	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

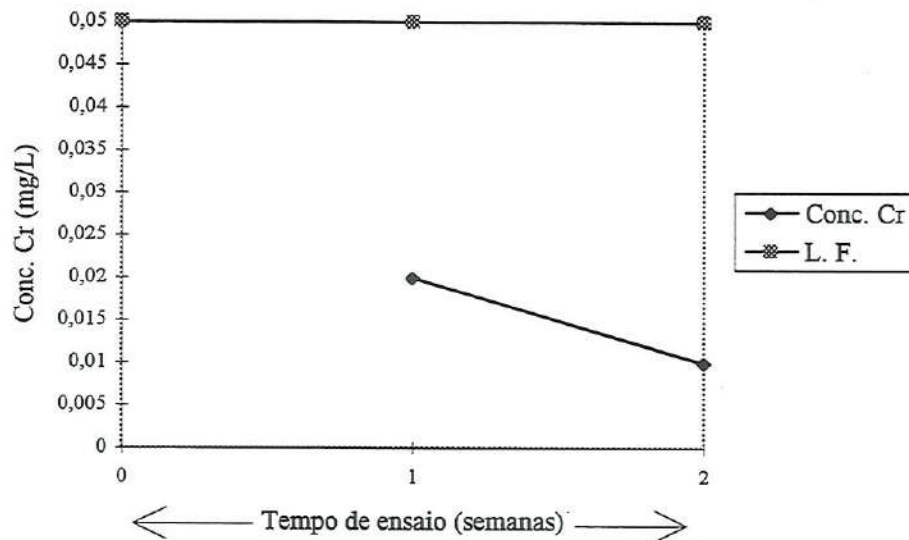


FIGURA F. 7 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F. 8 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,5	12,3	0,04	nd	nd	nd	0,05	nd	0,05	0,04
1	10,8	12,4	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	nd
2	6,5	11,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02
2	6,5	11,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

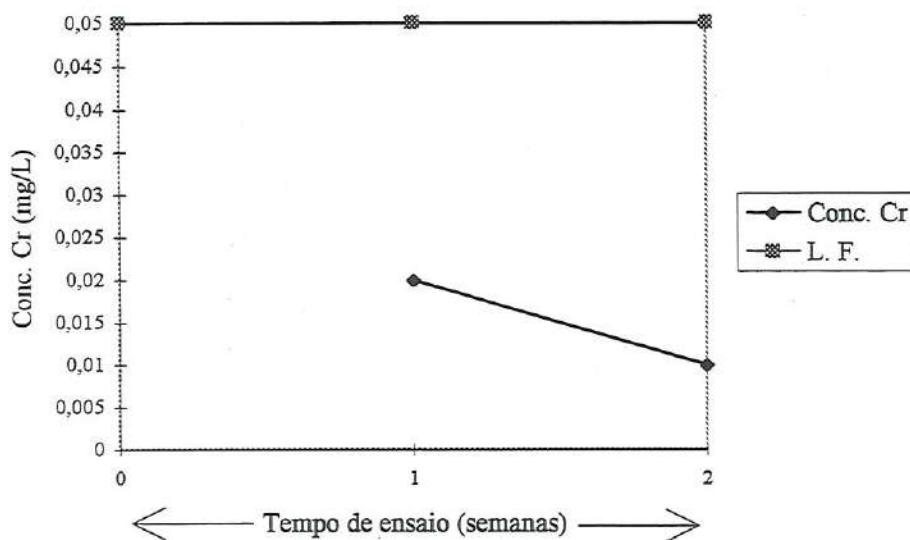


FIGURA F. 8 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F. 9 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias
	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,4	10,0	8,7
pH final	4,9	4,8	4,9

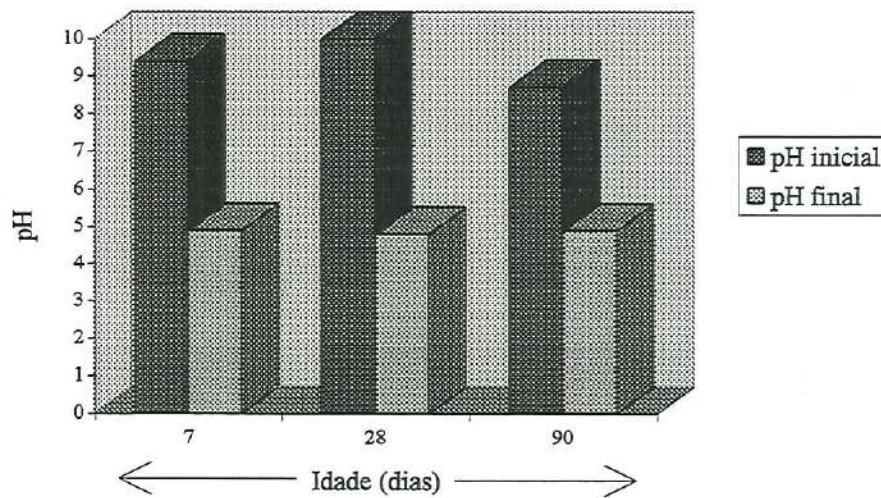


FIGURA F. 9 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.10 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,07
28 dias	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,03
90 dias	0,15	nd	nd	nd	nd	0,07	nd	0,04

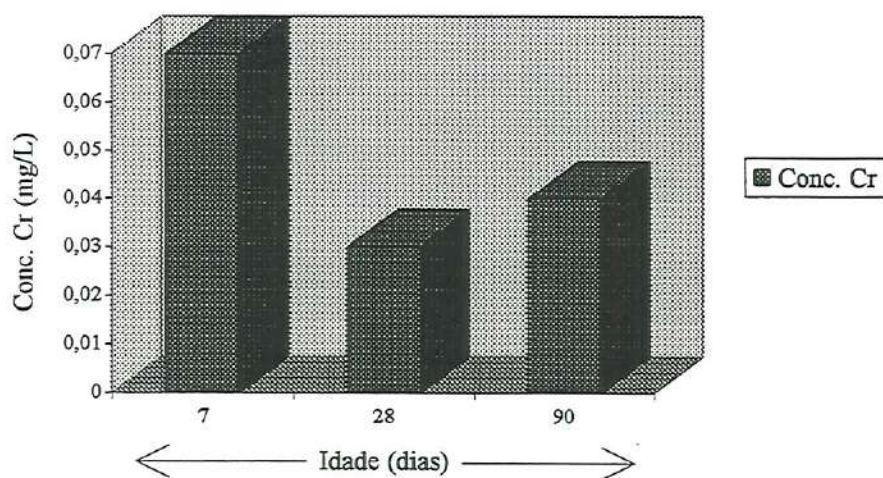


FIGURA F.10 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 1,00

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.11 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,6	12,0	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,24
1	10,7	12,0	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,20
1	11,2	12,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,18
2	10,2	10,2	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,01
2	8,9	8,9	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02
2	9,6	9,6	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02

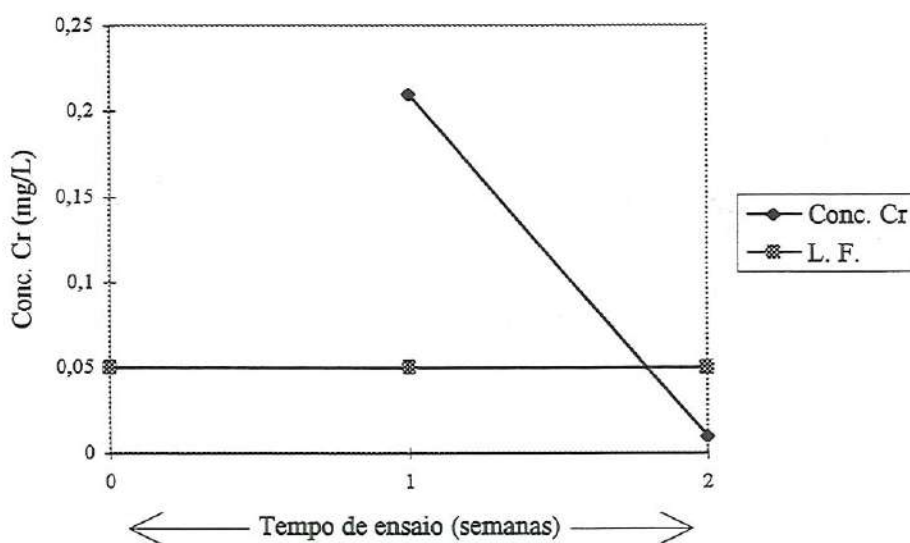


FIGURA F.11 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.12 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,0	11,7	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	0,02
1	10,0	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,07	0,14
2	10,0	11,7	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2	10,0	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02

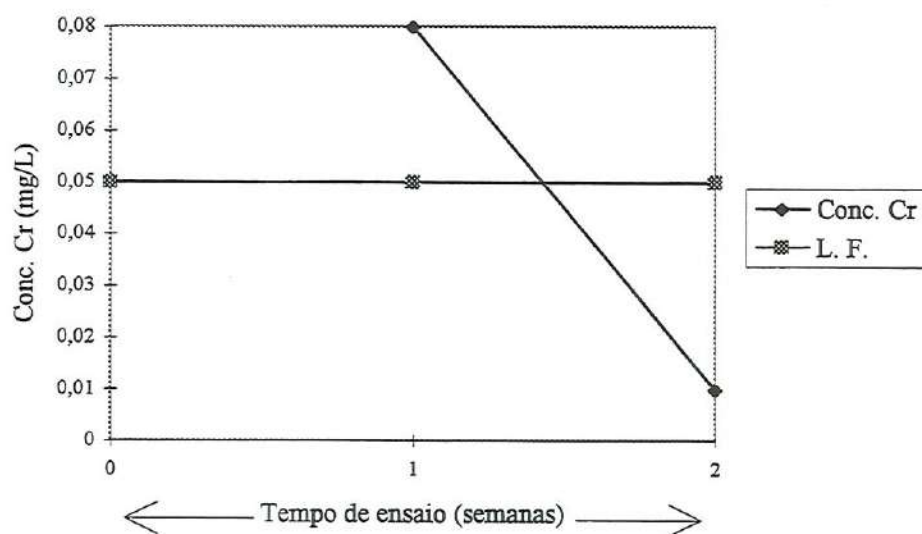


FIGURA F.12 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.13 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,7	12,3	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,06
1	10,5	12,2	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	0,12
2	7,1	11,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
2	6,6	11,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01

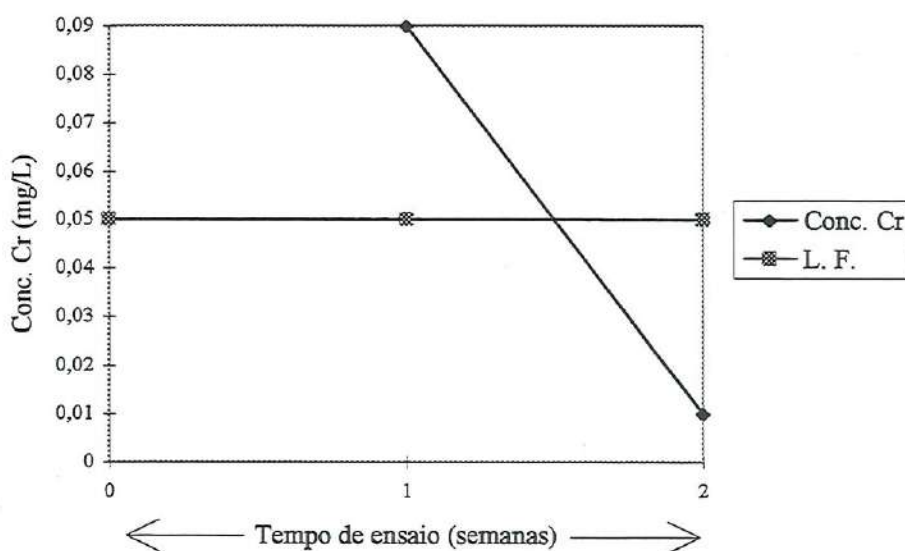


FIGURA F.13 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.14 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias
	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,2	10,0	8,8
pH final	4,9	4,8	4,8

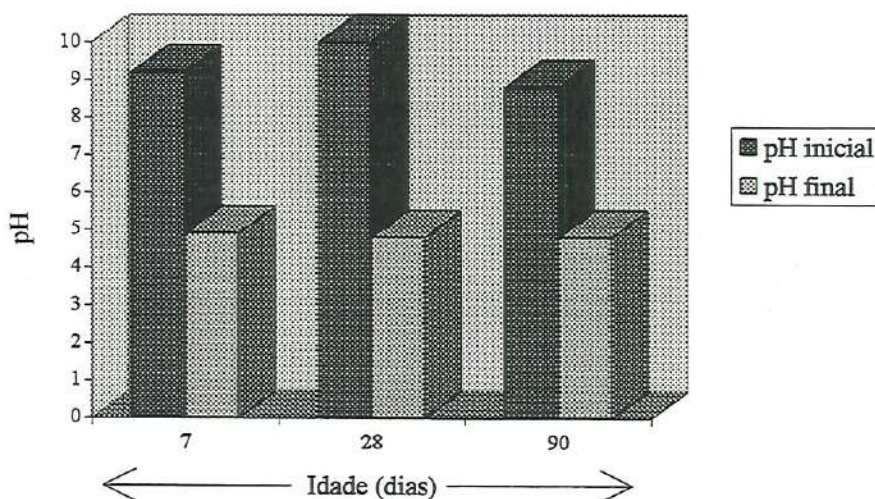


FIGURA F.14 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.15 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
28 dias	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
90 dias	0,11	nd	nd	nd	0,02	0,07	nd	0,03

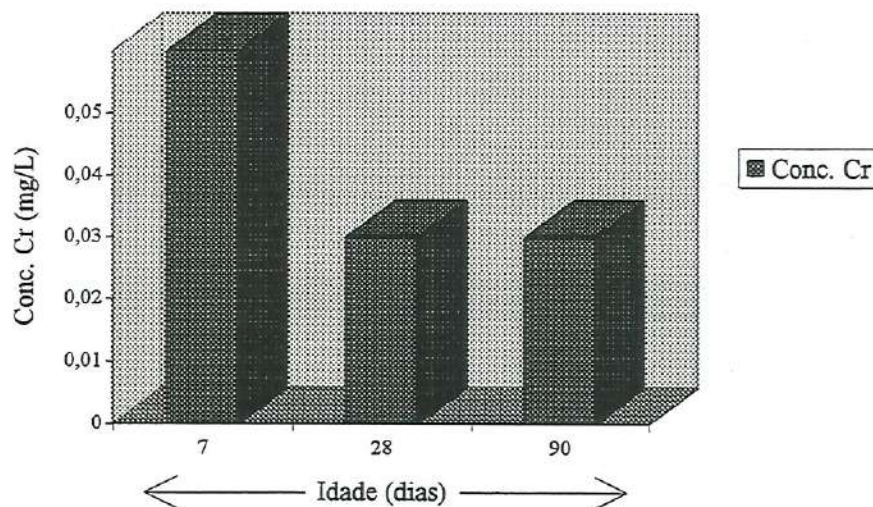


FIGURA F.15 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,80

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo seco a 110°C , areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.16 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,8	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,12
1	10,8	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,11
1	11,3	12,2	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,18
2	9,7	11,5	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02
2	8,7	11,5	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,02
2	8,3	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02

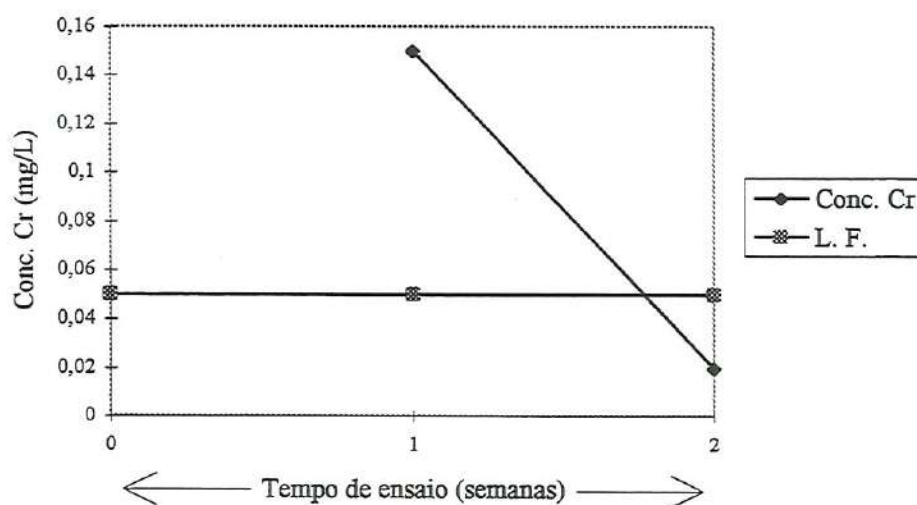


FIGURA F.16 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.17 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,0	11,7	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,01
1	10,0	11,8	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,01
2	10,0	11,7	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
2	10,0	11,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01

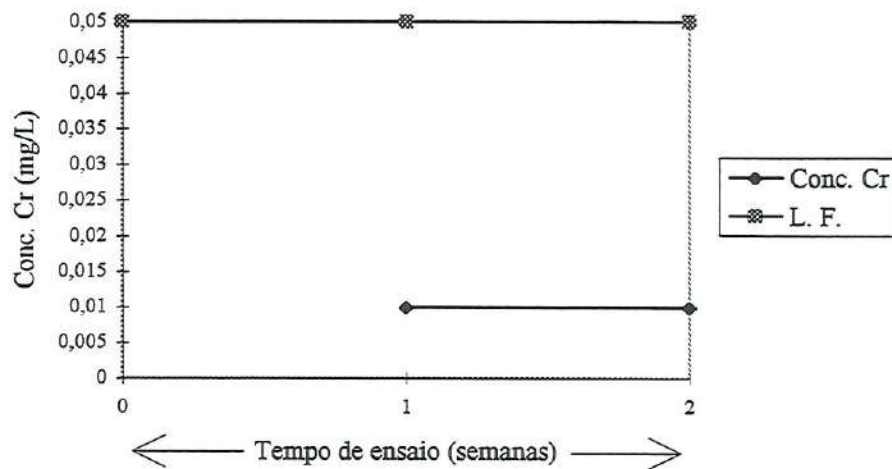


FIGURA F.17 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.18 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
1	10,9	12,3	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,01
1	10,8	12,3	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,01
2	6,3	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
2	6,3	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01

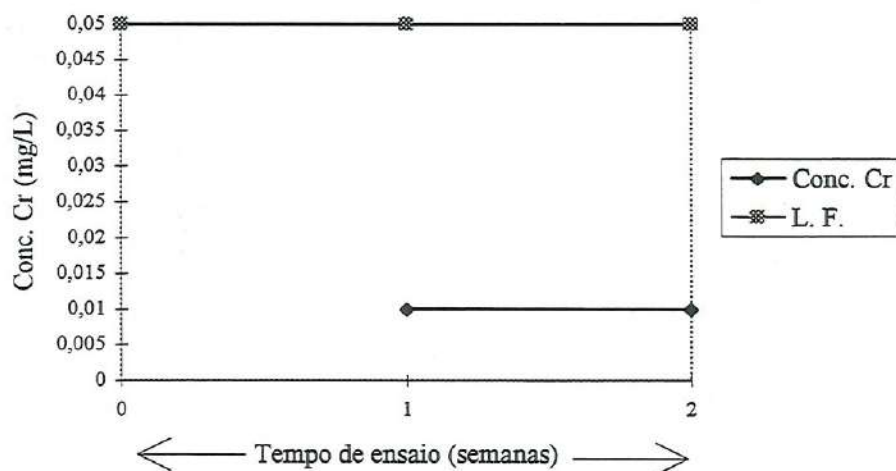


FIGURA F.18 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.19 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias
	CP1	CP1	CP1
pH inicial	9,2	9,4	8,8
pH final	4,9	4,8	4,9

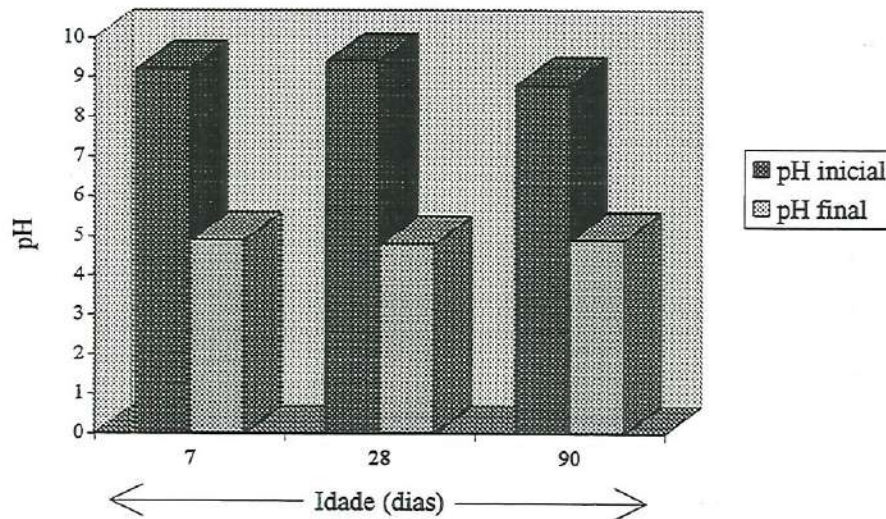


FIGURA F.19 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.20 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,09
28 dias	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04
90 dias	0,25	nd	nd	nd	0,04	0,07	nd	0,07

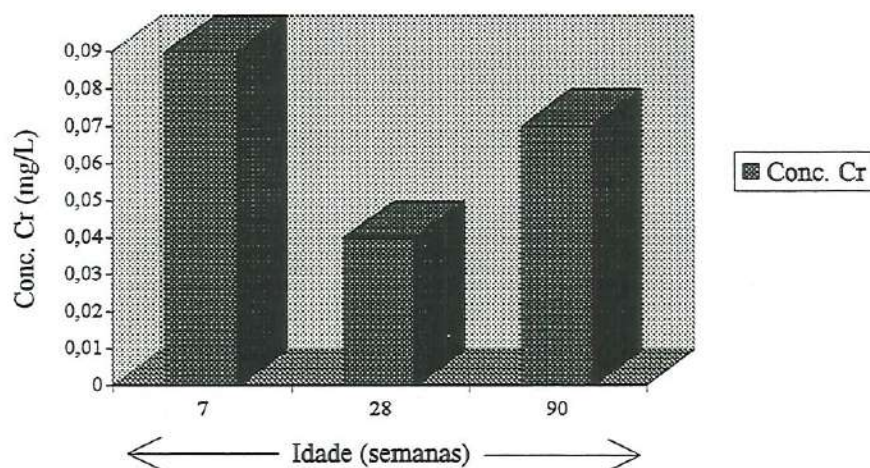


FIGURA F.20 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia comum, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.21 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,6	11,9	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,14
1	10,3	11,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,26
2	9,5	11,8	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,03
2	9,7	11,7	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	0,04

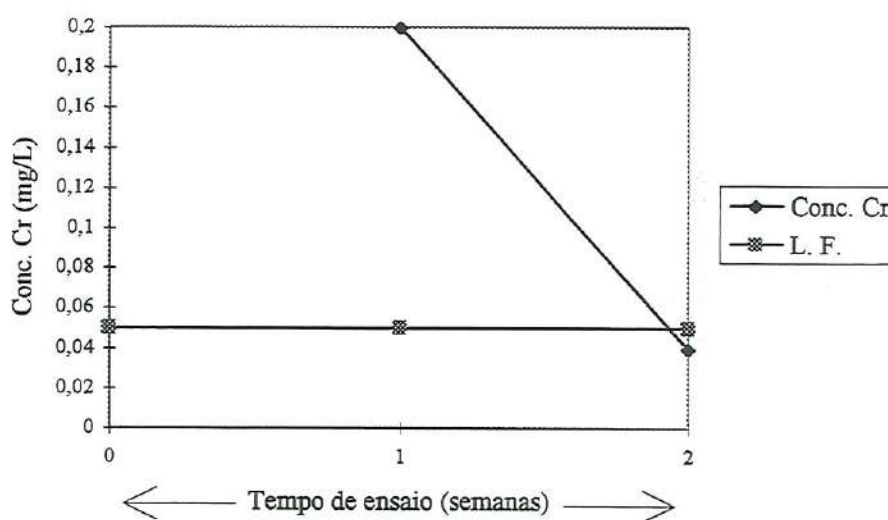


FIGURA F.21 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo

úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.22 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final								
	mg L^{-1}									
1	10,0	12,1	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,13	0,17
1	10,0	12,0	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,02
2	10,0	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03
2	10,0	11,9	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02

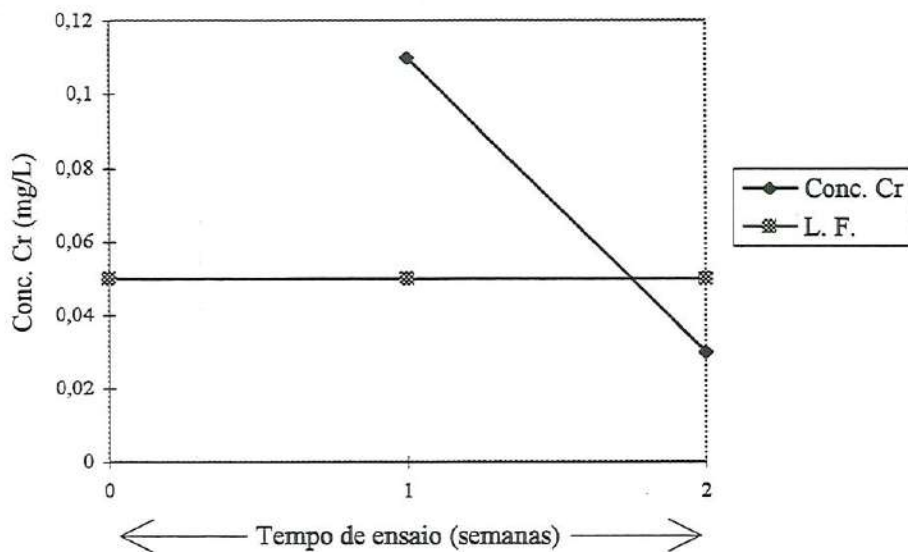


FIGURA F.22 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio

de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 28 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.23 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Tempo de ensaio semanas	pH		Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
	inicial	final	mg L^{-1}							
1	10,4	12,2	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	0,31
1	10,6	12,2	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	0,40
2	6,4	11,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01
2	6,3	11,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

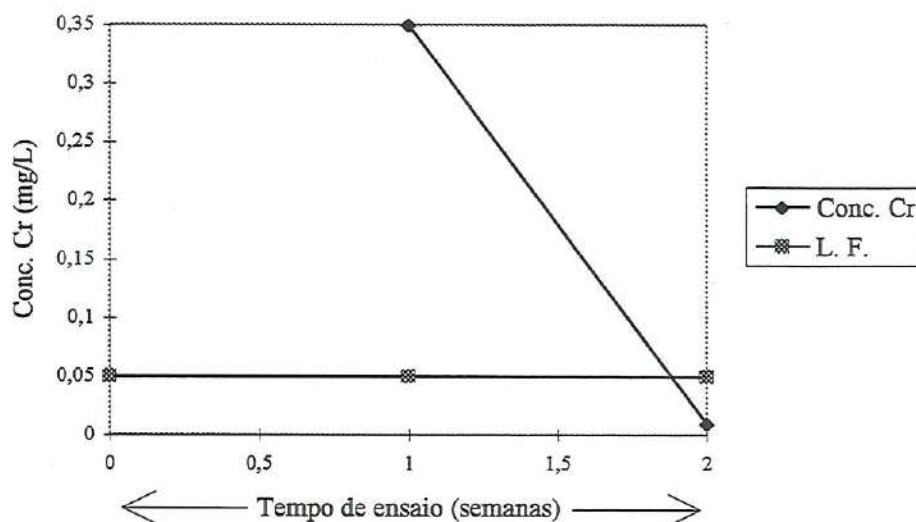


FIGURA F.23 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de solubilização múltipla, para as condições:

Idade do corpo de prova: 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.24 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Parâmetro	7 dias	28 dias	90 dias
	CP1	CP1	CP1
pH inicial	8,7	10,0	9,0
pH final	4,9	4,8	4,9

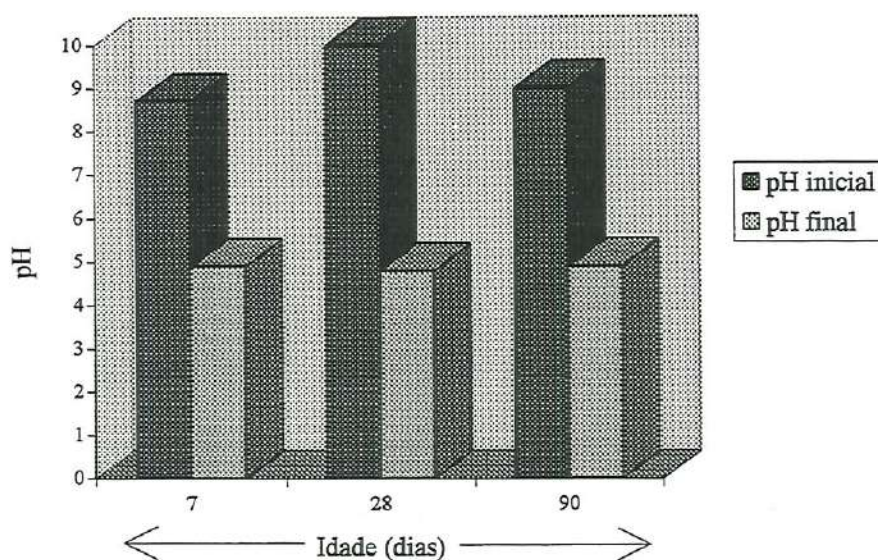


FIGURA F.24 - Resultados obtidos dos parâmetros pH inicial e pH final no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.25 - Resultados obtidos das concentrações de metais (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

Idade	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
7 dias	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,15
28 dias	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,07
90 dias	0,10	nd	nd	nd	0,01	0,08	nd	0,07

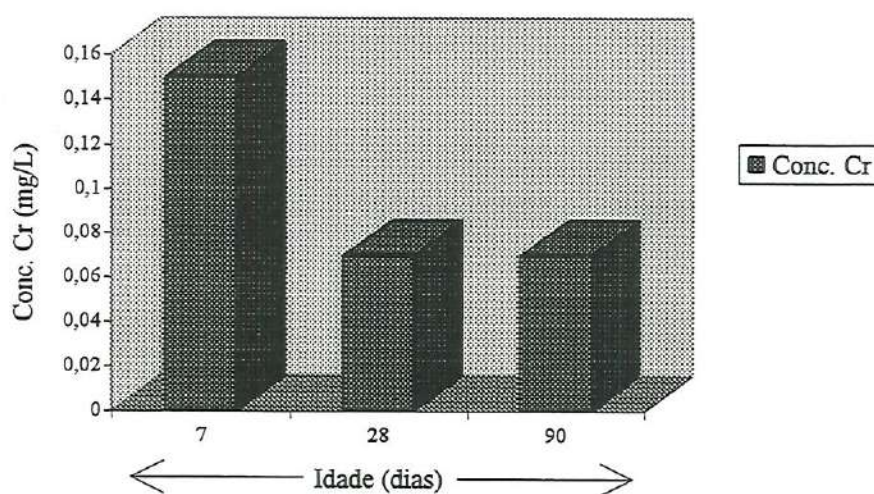


FIGURA F.25 - Resultados obtidos das concentrações de Cr (mg L^{-1}) no ensaio de lixiviação, para as condições:

Idade do corpo de prova: 7, 28 e 90 dias

Água/cimento: 0,40

Amostra empregada: bloquetes confeccionados com lodo úmido, areia de fundição, cimento CP II-E-32, brita 1, água

TABELA F.26 - Traços utilizados na moldagem dos bloquetes (em massa)

Tipo de bloquete	cimento	areia comum (seca)	brita	areia de fundição	lodo	
					seco a 110°C	úmido
BQ ₁	1	3	2,3	-	-	-
BQ ₂	1	3	2,3	-	0,6	-
BQ ₃	1	-	2,3	1,6	0,6	-
BQ ₄	1	3	2,3	-	-	1,1
BQ ₅	1	-	2,3	1,6	-	1,1

BQ₁ - bloquete confeccionado cimento + areia comum + brita nº 1

BQ₂ - bloquete confeccionado lodo seco a 110°C + cimento + areia comum + brita nº 1

BQ₃ - bloquete confeccionado lodo seco a 110°C + cimento + areia de fundição + brita nº 1

BQ₄ - bloquete confeccionado lodo úmido + cimento + areia comum + brita nº 1

BQ₅ - bloquete confeccionado lodo úmido + cimento + areia de fundição + brita nº 1