



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Haroldo Ribeiro da Costa Júnior

**INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS DE CURA E DA ADIÇÃO DE FIBRAS
DE POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES DOS CONCRETOS
PRODUZIDOS EM PERÍODOS QUENTES**

**Palmas
2012**

Haroldo Ribeiro da Costa Júnior

**INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS DE CURA E DA ADIÇÃO DE FIBRAS
DE POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES DOS CONCRETOS
PRODUZIDOS EM PERÍODOS QUENTES**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor M.Sc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

**Palmas
2012**

HAROLDO RIBEIRO DA COSTA JÚNIOR

INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS DE CURA E DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE
POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES DOS CONCRETOS
PRODUZIDOS EM PERÍODOS QUENTES

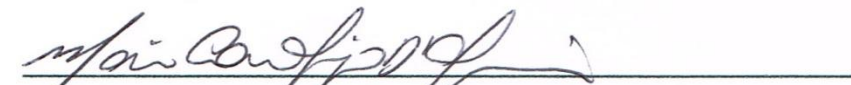
Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor M.Sc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Aprovada em 08/NOV. de 2012.

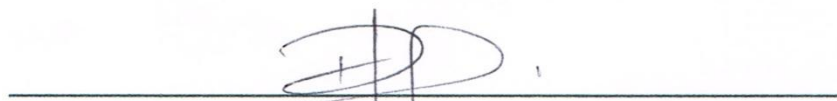
BANCA EXAMINADORA



Professor M.Sc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro
Centro Universitário Luterano de Palmas



Professora M.Sc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas



Professor M.Sc. Roldão Pimentel de Araújo Júnior
Centro Universitário Luterano de Palmas

*Aos meus pais Vera Lúcia e Haroldo
Ribeiro, aos meus avós maternos Maria das
Graças e José Enoque por todo apoio e incentivo.
E aos Meus Irmãos Shirley, Alexandre, Sara,
Mailane e Lorena pela amizade e companheirismo.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e acima de tudo agradeço a Deus, pois sem Ele ao meu lado nada seria possível.

A toda a minha família, que mesmo distante torceram por mim. Em especial aos meus irmãos, e a minha mãe e meu pai, pois sem eles eu não teria chegado até aqui.

A todos os professores e colaboradores do CEULP/ULBRA.

Ao prof. Mestre Fábio Henrique de Melo Ribeiro por toda orientação deste projeto, e por sua amizade e pela confiança depositada em mim desde o início do projeto.

Ao Sr. Egas Moniz de Aragão Faria por ter me dado à oportunidade de trabalhar em seu escritório, poder aprender um pouco da área de projetos de estruturas em concreto armado e por todos ensinamentos da engenharia da vida.

Ao amigo irmão Diogo Alberto por toda força e companheirismo.

A minha namorada Ana Cláudia Almeida Gonzales pelo amor, carinho, paciência e compreensão.

EPÍGRAFE

*“O problema não é o problema. O problema é a atitude em relação ao problema.
(Kelly Young)”*

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xi
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE QUADROS	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	xviii
1. INTRODUÇÃO	20
1.1. Objetivos	22
1.1.1. Objetivos Gerais.....	23
1.1.2 Objetivos Específicos.....	23
1.2. Justificativa e importância do trabalho.....	24
1.3. Estrutura do Trabalho	25
2. REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1. Concreto	26
2.2. Hidratação do cimento	26
2.3. Calor de hidratação do cimento.....	28
2.4. Propriedades do concreto no estado plástico.....	29
2.4.1. Tralhabilidade e Consistência	29
2.4.2. Teor de ar incorporado	30
2.4.3. Segregação e Exsudação	31
2.4.4. Retração Plástica	32
2.5. Propriedades do concreto no estado endurecido	34
2.5.1. Resistência à compressão.....	34
2.5.2. Resistência à tração.....	35
2.5.3. Resistência à abrasão	36
2.5.4. Módulo de deformação	37
2.5.5. Retração por secagem ou hidráulica	37
2.5.5. Absorção Capilar	38
2.6. Materiais Compósitos Fibrosos	39
2.6.1. Tipos de fibras	41
2.6.1.1. Fibras de Polipropileno	42
2.7. Influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos	43

2.7.1. Trabalhabilidade	43
2.7.2. Resistência ao desgaste	44
2.7.3. Exsudação	45
2.7.4. Retração Plástica	47
2.8. A cura do concreto	48
2.8.1. Tipos e procedimentos de cura	50
2.9. Fatores que afetam a cura.....	52
2.9.1. Umidade relativa do ar.....	53
2.9.2. Temperatura	53
2.9.3. Vento.....	54
2.10. Produção de concretos em climas quentes	55
3. METODOLOGIA.....	59
3.1. Métodos para produção das amostras experimentais	60
3.1.1. Monitoramento do surgimento de fissuras por retração plástica e hidráulica em placas de concreto.	60
3.1.2. Resistência à compressão axial (NBR 5739)	62
3.1.3. Absorção de água por capilaridade (NBR 9779)	62
3.2. Aplicações dos métodos de cura	63
3.2.1. Cura ao ar livre.....	63
3.2.2. Cura úmida.....	63
3.2.3. Cura química.....	63
3.3. Materiais.....	64
3.3.1. Concreto.....	64
3.3.1.1. Cimento	64
3.3.1.2. Agregado Miúdo	64
3.3.1.3. Agregado graúdo	65
3.3.1.4. Membranas para cura química	65
3.3.1.5. Fibras de polipropileno	65
4. RESULTADOS E DISCURSÕES.....	67
4.1. Materiais Utilizados	67
4.1.1. Caracterização dos Materiais	67
4.1.1.1. Agregado Miúdo	67
4.1.1.1. Agregado Graúdo.....	67
4.1.2. Membrana para cura química.....	68

4.1.3. Manta para cura úmida.....	70
4.1.4. Fibras de polipropileno	70
4.1.5. Dosagem do Concreto.....	74
4.1.6. Preparação e concretagem das fôrmas	74
4.1.7. Produção de concreto em climas quentes	76
4.1.8. Ensaio do Concreto estado plástico.....	79
4.1.8.1. Abatimento.....	79
4.1.9. Moldagem dos corpos de prova e das placas de concreto	81
4.1.10. Ensaio do concreto no estado endurecido	84
4.1.10.1. Resistência à compressão – concreto sem fibras	84
4.1.10.2. Resistência à compressão – concreto com 450 g/m ³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto	86
4.1.10.3. Resistência à compressão – concreto com 900 g/m ³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto	87
4.1.10.4. Resistência à compressão – Comparativo dos resultados de resistência compressão a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade, em processo de cura úmida com 0g/m ³ , 450 g/m ³ e 900 g/m ³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.....	88
4.1.10.5. Absorção de água por capilaridade	89
4.1.11. Monitoramento do surgimento de fissuras por retração plástica e hidráulica em placas de concreto	94
5. CONCLUSÕES	99
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

RESUMO

COSTA JÚNIOR, Haroldo Ribeiro. Trabalho de conclusão de Curso. 2012. **Influência dos processos de cura e da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos produzidos em períodos quentes**. Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – Tocantins.

A cura do concreto é um assunto muitas vezes negligenciado no meio técnico. E problemas de retração plástica e hidráulica são frequentes em pisos, pavimentos e lajes em concreto, principalmente quando a concretagem for feita durante períodos quentes, secos e com incidência de ventos. O presente trabalho de pesquisa tem como objetivo principal realizar um estudo sobre a influência dos processos de cura e da adição de fibras de polipropileno na produção de concreto em Palmas – TO durante o período quente e seco.

Para tanto foram produzidos concretos com resistência à compressão estimada de 30 MPa, dosado pelo Método de Dosagem da ABCP, utilizando cimento CP II – F- 32, pedrisco e areia grossa. Neste experimento foram estudados como fatores controláveis três tipos de cura, cura ao ar livre, cura úmida e cura química, dois diferentes teores de adição fibras de polipropileno, 450 g/m³ e 900 g/m³ de mesmos comprimentos e diâmetros, tendo um valor referência (0 g/m³). E o experimento buscou similar condição real de concretagem em períodos quentes.

Foram moldados corpos-de-prova para comparar à influência dos tipos de cura na resistência a compressão do concreto. E também foram moldadas placas de concreto com dimensões 50 x 70 cm com espessura de 10 cm para o monitoramento de fissuras por retração plástica e hidráulica, combinando os teores de fibras de polipropileno e os processos de cura.

Com base nos resultados dos experimentos resistência à compressão axial tem-se que, os concretos curados por meio da cura úmida promovem maiores resistências à compressão se comparados com concretos curados ao ar livre ou cura química.

No comparativo da resistência a compressão axial do concreto com adição de fibras e sem fibras, pode-se concluir que a quantidade de fibras na mistura não influencia no ganho de resistência do concreto e apresentam resultados inferiores ao concreto sem fibras.

Pode verificar que, elevadas temperaturas interferem nas condições de evaporação da água empregada na produção do concreto, elevando os riscos de fissuração das peças. E que a incorporação de fibras de polipropileno em baixos teores (450 g/m³) pode contribuir para controlar fissuras por retração plástica e hidráulica no concreto.

Palavras chave: concreto, clima quente, métodos de cura, fibras de polipropileno.

ABSTRACT

COSTA JÚNIOR, Haroldo Ribeiro. Completion of course work. 2012. **Influence of curing processes and addition of polypropylene fibers on the properties of concrete produced in warm periods.** Course of Civil Engineering, University Center of Lutheran Palmas. Palmas - Tocantins.

The curing of concrete is a subject often neglected in technical means. And plastic shrinkage problems and plumbing are common on floors, decks and concrete slabs, especially when the concrete is made during warm periods, with an incidence of dry and winds. This research work has as main objective to conduct a study on the influence of the healing process and the addition of polypropylene fibers in concrete production in Palmas - TO during the hot and dry.

For both were produced concrete with compressive strength of 30MPa estimated, measured through the Dosage Method ABCP using cement CP II - F-32, coarse sand and gravel. This experiment were studied as factors controllable three types of cure, cure outdoors, moist cure and chemical cure, two different levels of adding polypropylene fibers, 450 g / m³ and 900 g / m³ same lengths and diameters, with a value reference (0 g / m³). The experiment sought similar condition real concreting in hot periods.

Were shaped bodies-of-test to compare the influence of the types of healing in the compressive strength of concrete. And also were molded concrete slabs with dimensions 50 x 70 cm with a thickness of 10 cm for monitoring plastic shrinkage cracking and hydraulic varying levels of polypropylene fibers and healing processes.

Based on the results of the experiments have compressive strength that, the cured concrete pro moist environment promoting healing higher compression resistance when compared with cured concrete outdoors or cure chemistry.

In the comparative resistance to axial compression of the concrete by adding fibers and without fibers, we can conclude that the amount of fiber in the mixture does not influence the gain of strength of concrete and present results lower than concrete without fiber.

Can verify that interfere elevated temperatures under conditions of evaporation of water employed in the production of concrete, increasing the risk of cracking of parts. The incorporation of polypropylene fibers at low levels (450 g / m³) may contribute to control plastic shrinkage cracking in concrete and plumbing.

Keywords: concrete, hot weather, healing methods, polypropylene fibers.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Caracterização do agregado miúdo.....	67
Tabela 02 – Caracterização do agregado graúdo.....	67
Tabela 03 – Resultados do ensaio de consistência	79
Tabela 04 – Resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade, em diferentes processos de cura	85
Tabela 05 – Resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias, em processo de cura úmida com 450 g/m ³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto	87
Tabela 06 – Resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias, em processo de cura úmida com 900 g/m ³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto	88
Tabela 07 – Análise do surgimento de fissuras por retração nas placas. Até o dia 26 de setembro de 2012	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Propriedades físicas e mecânicas de alguns tipos de fibras (Fonte: FITESA-BOLETIM TÉCNICO N°3, 2002)	42
Quadro 02 – Tempo de cura recomendado pelo IBRACON de acordo com o tipo de cimento e relação a/c do concreto (Fonte: BATTAGIN et al., 2002).	49
Quadro 03 – Classificações gerais de clima (Fonte: ROMERO, 1998).....	56
Quadro 04 – Especificações técnicas do agente de cura MSET CURE.....	68
Quadro 05 – Especificações técnicas fibras de polipropileno, FibroMAC 12.....	71

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – (a) Fotografia de um dispositivo de ensaio de abatimento no tronco de cone (b) medição do abatimento após o escoamento de um concreto no ensaio realizado no tronco de cone. (Fonte: ISAIA, 2011)	29
Figura 2 – Exemplo de Fissura por Retração Plástica. (Fitesa–Boletim Técnico nº 2, 2002).....	32
Figura 3 – Fibras de polipropileno fibriladas(a) e monofibriladas (b). (Fitesa–Boletim Técnico nº 2, 2002).....	43
Figura 4 – Mecanismo de ação das fibras de polipropileno n controle da exsudação.....	47
Figura 5 – Gráfico de representação do mecanismo de combate às fissuras de retração plástica com a incorporação de fibras de polipropileno (FITESA – BOLETIM TÉCNICO Nº 3, 2002).....	48
Figura 6 – Influência das condições de cura sobre a resistência (MEHTA; MONTEIRO1994)	50
Figura 7 – Cura com água: a) lâmina de água e b) aspersão (Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2011)	52
Figura 8 – Cura com película química (Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2011)	52
Figura 9 – Cura por cobrimento com manta (Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2011)	52
Figura 10 – Influência da velocidade e temperatura do ar e concreto sobre a evaporação da água do concreto.....	55
Figura 11 – Umidade relativa do ar durante o mês de agosto/2012 (Fonte: INMET, 2012)....	57
Figura 12 – Gráfico climatológico da Temperatura do Ar (°C) no dia 31 /11/2011 (Fonte: INMET, 2012)	57
Figura 13 – Programa experimental - monitoramento do surgimento de fissuras em placas de concreto e ensaios de resistência a compressão.....	59
Figura 14 – Projeto das Fôrmas. (fonte: Autor)	61
Figura 15 – Aplicação do agente de cura química no experimento, corpo-de-prova da esquerda (sem agente) e corpo-de-prova da direita (com agente): (fonte: Autor / data: 29 de agosto de 2012).....	69

Figura 16 – Aplicação do agente cura química no experimento com placas. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)	69
Figura 17 – Aplicação da manta para cura úmida. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)	70
Figura 18 – Proporcionamento das fibras de polipropileno. (fonte: Autor / data: 29 de agosto de 2012)	71
Figura 19 – Fibras de polipropileno incorporadas ao concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	72
Figura 20 – Adição de Fibras de polipropileno no concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	72
Figura 21 – Misturas das Fibras de polipropileno no concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	73
Figura 22 – Fôrmas para a concretagem das placas de concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	73
Figura 23 – Fôrmas para a concretagem das placas de concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	74
Figura 24 – Fôrmas para a concretagem das placas de concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	75
Figura 25 – Execução da concretagem das placas de concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	75
Figura 26 – Umidade relativa do ar durante o mês de setembro de 2012 (INMET, 2012).....	76
Figura 27 – Temperaturas diárias (Máxima, Média e Mínima) setembro de 2012 em Palmas-TO (INMET, 2012)	77
Figura 28 – Monitoramento da velocidade do vento. (Fonte: Autor / data 28 de agosto de 2012).....	77
Figura 29 – Monitoramento da temperatura ambiente no momento da concretagem. (Fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	78
Figura 30 – Monitoramento da temperatura do concreto no momento da concretagem. (Fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).....	78
Figura 31 – Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone. Concreto sem fibras. (Fonte: Autor / data 28: de agosto de 2012)	80
Figura 32 – Lançamento do Concreto com fibras. (Fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)	80

Figura 33 – Moldagem dos corpos de prova. (Fonte: Autor / data 28: de agosto de 2012)	81
Figura 34 – Moldagem dos corpos de prova. (Fonte: Autor / data 28 de agosto de 2012)	81
Figura 35 – Adensamento mecânico. (Fonte: Autor / data 28 de agosto de 2012)	82
Figura 36 – Regularização da superfície da placa de concreto com régua metálica (Fonte: Autor / data 28 de agosto de 2012).....	82
Figura 37 – Aplicação da manta para cura úmida. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)	83
Figura 38 – Aplicação da membrana química. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)...	83
Figura 39 – Ensaio para determinação de resistência a compressão (Fonte: Autor / data: 01 de setembro de 2012).	84
Figura 40 – Gráfico dos resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade, em diferentes processos de cura.	86
Figura 41 – Gráfico dos resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias, em processo de cura úmida com 450 g/m ³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.....	87
Figura 42 – Resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade em processo de cura úmida com 900 g/m ³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.....	88
Figura 43 – Gráfico comparativo da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade, em processo de cura úmida com o 0 g/m ³ , 450 g/m ³ 900 g/m ³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.....	89
Figura 44 – Corpos-de-prova sobre suportes, com nível de d'água (5 +/- 1cm) para ensaio de absorção por capilaridade.	90
Figura 45 – Pesagem dos corpos-de-prova do ensaio de absorção por capilaridade.....	90
Figura 46 – Absorção de água por capilaridade (g/cm ²).	91
Figura 47 – Ilustração das alturas da ascensão de água dos corpos-de-prova para o ensaio de absorção de água por capilaridade.....	91
Figura 48 – Altura da ascensão de água (cm).....	92
Figura 49 – Rompimento para a determinação da resistência à tração por compressão diametral.	92
Figura 50 – Resistência à tração por compressão diametral.....	93

- Figura 51** – Placa A1 – Concreto referência (sem fibras) – Início do monitoramento do aparecimento de fissuras por retração plástica (primeiras horas após a concretagem). Data: 28 de agosto de 2012. (Fonte: Autor)..... 94
- Figura 52** – Placa A1 – Concreto referência (sem fibras) – fissuras na ordem de 0,05mm à 0,3mm. Data: 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor) 95
- Figura 53** – Placa A1 – Concreto referência (sem fibras) – fissuras por retração plástica (fissuras mapeadas) na ordem de 0,05mm à 0,3mm. Data 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor).. 95
- Figura 54** – Placa A1 – Concreto referência (sem fibras), cura ao ar livre – Final do monitoramento do aparecimento de fissuras por retração plástica e hidráulica na ordem de 0,05mm a 0,3mm - Data: 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor)..... 96
- Figura 55** – Placa G2 – Concreto com 900g/m³ de concreto, cura ao ar livre – fissuras por retração plástica (fissuras mapeadas) na ordem de 0,05mm. Data: 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor)..... 97
- Figura 56** – Placa G2 – Concreto com 900g/m³ de concreto, cura ao ar livre – fissuras por retração plástica (fissuras mapeadas) na ordem de 0,05mm. 97
- Figura 57** – Concreto com 450g/m³ de concreto, cura úmida. Sem fissuras. Data: 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor.)..... 98

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

m² - Metro Quadrado

m³ - Metro Cúbico

mm – Milímetro

cm – Centímetro

m - Metro

CP – Corpo-de prova

MPa – Mega Pascal

F_{ck} – Resistência característica do concreto

T – temperatura do ar

V – velocidade do vento

UR – umidade relativa do ar

Km/h – quilometro por hora

C – centígrados

L – litros

PCA - Portland Cement Association

SEAGRO - Secretaria de Agricultura do Estado do Tocantins

C-S-H – Silicato de cálcio hidratado

nm – nanômetro

l/d – largura pelo diâmetro

CFP – Concreto com fibras de polipropileno

a/c – relação água cimento

g/m³ - gramas pó metro cúbico

h – horas

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

CP- Cimento Portland

RS – Resistente a Sulfato

MF - Módulo de Finura

DMC - Diâmetro máximo característico

kg/m³ - quilo por metro cúbico

m/s – metro por segundo

e - espessura

1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material de construção mais consumido no mundo, normalmente feito com a mistura de cimento Portland, com areia, pedra e água. E o homem não consome outro material em tal quantidade, a não ser a água. A ampla utilização do concreto é decorrente da combinação positiva de fatores tecnológicos e econômicos. Destaca-se sua natureza fluida inicial e subsequente do processo de endurecimento decorrente das reações de hidratação do cimento (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Para Isaia (2011), o concreto endurecido pode ser considerado como uma rocha artificial. Podendo ser estudado como um material constituído de partículas de agregado, envolvidas por uma pasta porosa de cimento, com uma zona de transição entre as duas fases. E a conexão destas fases tem importância fundamental nas propriedades do concreto.

De acordo com Neville (1982), um bom concreto obtém-se com a aplicação de uma mistura adequada e deve-se seguir de cura em meio adequado durante os primeiros estágios de endurecimento. Onde o objetivo da cura é manter o concreto saturado, até que os espaços inicialmente ocupados pela água na pasta fresca de cimento sejam ocupados, pelos produtos da hidratação do cimento.

Num país como o Brasil, extenso e diverso, existem múltiplas condições climáticas que podem interferir no comportamento do concreto, exigindo que sejam tomadas medidas especiais na produção e na cura para minimizar os efeitos de um clima adverso. Pois elevadas temperaturas interferem diretamente na evaporação de água empregada na produção do concreto (ISAIA, 2011).

As três condições climáticas fundamentais que podem criar problemas no concreto são: o frio, o calor e a baixa umidade; todas aumentadas pela ação do vento. A fim de não ter efeitos patológicos devidos à retração do tipo hidráulica ou térmico é necessário realizar-se

uma adequada cura do concreto (CANOVAS, 1998). E concretos moldados com grandes áreas expostas, tais como lajes, pisos e pavimentos, a perda de água para o ambiente ocorre de maneira muito rápida (ISAIA, 2011).

De acordo com Secretaria de Agricultura do Estado do Tocantins (SEAGRO), o clima Tocantinense é caracterizado por duas estações bem definidas: um período seco entre os meses de maio a setembro e um período de chuvas intensas entre os meses de outubro a abril.

Na classificação geral dos climas de acordo com Romero (1988), o clima do estado do Tocantins durante os meses de maio a setembro, pode ser classificado como um clima quente e muito seco, pois apresenta temperatura média acima de 25°C e máxima acima de 33°C e umidade relativa do ar diurna abaixo de 50%, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2012). Nestas condições, a cura do concreto deve ser feita no maior prazo possível e sempre de acordo com NBR 14931 (ABNT, 2004). E por quanto melhor, e mais tempo for feita a cura do concreto, maiores serão sua resistência mecânica e sua durabilidade (ISAIA, 2011).

O concreto no estado fresco há uma mudança de volume da pasta durante o processo de hidratação do cimento decorrentes da redução do volume do sistema cimento-água (NEVILLE, 1997). E a principal causa do aparecimento de fissuras por retração plástica, ou nas primeiras idades, é a saída prematura de água para a superfície do concreto, excedendo a taxa de exsudação (TANESI, 1999).

Há um interesse pela incorporação de fibras de polipropileno como reforço do concreto. Pois apesar de não contribuir para o aumento da resistência a compressão propriamente, o reforço com fibras tem como sua principal função a de controlar a fissuração causada por mudanças de volume em matriz de concreto, problema muito habitual em países de clima quente (FIGUEREDO; TANESI, 1999).

Neste sentido, o presente estudo experimental busca verificar a influência do tipo e duração de cura e da adição de diferentes teores de fibras de polipropileno nas propriedades do concreto no estado plástico e endurecido produzidos em Palmas – TO, no período quente e seco. Todavia, o êxito de operações de concretagem de grandes áreas expostas ao ambiente, tais como, lajes, pisos e pavimentos em climas quentes e secos, depende de medidas tomadas para diminuir a taxa de evaporação de água e minimizar os riscos de fissuração do concreto por retração nas primeiras idades.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos Gerais

O objetivo geral deste estudo é avaliar a influência do tipo e duração de cura e da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos produzidos em períodos quentes e secos, ($T > 25^\circ$) e baixa umidade relativa do ar ($UR < 50\%$).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias, em diferentes processos de cura, para concretos produzidos em períodos quentes.
- Comparar resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias, em diferentes teores de fibras de polipropileno.
- Monitorar o surgimento de fissuras por retração em placas de concreto utilizando diferentes processos de cura e diferentes teores de fibras de polipropileno.
- Verificar a influência dos processos de cura e da adição de diferentes teores de fibras de polipropileno nas propriedades do concreto no estado plástico: trabalhabilidade e exsudação.

1.2. Justificativa e importância do trabalho

A primeira idade na vida do concreto é pequena se comparado com a expectativa de vida das estruturas em concreto. A adição de compósitos fibrosos, a cura adequada e o correto proporcionamento dos materiais constituintes do concreto, com a finalidade de minimizar a tendência de fissuração devido ao fenômeno de retração é sempre valioso, uma vez que auxilia na manutenção da vida útil das estruturas (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Isaia (2011) cita estudos realizados por, Ramezarnianr & Mathotra (2005) que avaliaram a influência da cura úmida e cura em ambiente de laboratório, os resultados mostraram que os concretos submetidos à cura de ambiente de laboratório apresentaram valores de resistência mecânica em média 28% menores que os concretos submetidos à cura úmida.

Segundo Tanesi e Figueiredo (1999), um estudo experimental realizado por (BALAGARU, 1994) no qual o pesquisador avaliou argamassas com vários tipos de fibras, diversos teores e métodos de ensaio, e diversas dosagens matriz. Ele observou que a adição de fibras influenciou o comprimento e a abertura de fissuras. Onde a área de fissuras foi diminuída em 5% e 53% para 0,1% e 0,2% de fibras, respectivamente.

Neste sentido, esta pesquisa justifica-se por avaliar a influência dos processos de cura e da adição de diferentes teores de fibras de polipropileno nas propriedades do concreto produzidos em climas quentes e secos.

1.3 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho aborda primeiramente uma revisão bibliográfica sobre o tema e posteriormente a metodologia e análise de resultados da pesquisa. E o trabalho está dividido em seis capítulos seguintes:

Capítulo 1: neste primeiro capítulo faz-se uma apresentação do trabalho, introduzindo ao assunto do concreto no estado plástico e endurecido, a concretagem em períodos quentes, bem como os processos de cura do concreto e a utilização de fibras de polipropileno, mostrando os objetivos do projeto de pesquisa, justificativa da importância do tema junto aos cuidados que devem ser tomados na produção de concretos em climas quentes e secos e por fim a estrutura do projeto;

Capítulo 2: neste capítulo segue uma revisão bibliográfica sobre o material concreto, seguindo de tópicos sobre a hidratação e calor de hidratação do cimento, as propriedades do concreto no estado plástico e endurecido, explanando sobre as deformações do concreto por retração plástica e por secagem ou hidráulica. Passando ainda pela utilização de materiais compósitos fibrosos, os mecanismos de atuação das fibras e a influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades do concreto. Por fim os procedimentos e fatores que afetam a cura do concreto e a produção de concretos em climas quentes e secos;

Capítulo 3: o presente capítulo está metodologia utilizada na produção das amostras do experimento bem como os métodos de aplicação dos materiais;

Capítulo 4: neste capítulo segue a análise dos resultados obtidos no experimento, o resultado da caracterização dos agregados e especificações técnicas dos produtos utilizados. Ilustrações da aplicação dos materiais, lançamento e adensamento do concreto, moldagem dos corpos-de-prova, e discussões sobre os resultados obtidos.

Capítulo 5: segue as considerações e conclusões do experimento;

Capítulo 6: neste capítulo segue com sugestões para novas pesquisas sobre o assunto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Concreto

Para Mehta e Monteiro (1994), o concreto é um material composto que consiste basicamente de um meio contínuo aglomerante, onde estão mergulhados partículas ou fragmentos de agregados. E no concreto de cimento hidráulico, este meio aglomerante é formado por uma mistura de cimento hidráulico e água.

O concreto é um material complexo, pois seu desempenho não depende apenas das propriedades das matérias-primas e quantidades relativas empregadas na sua confecção, mas também do processo de produção. O concreto é um material que apresenta variações expressivas de suas propriedades ao longo do tempo. Essas variações apresentam velocidades diferenciadas de transformações ao longo da vida (ISAIA, 2011).

As propriedades do concreto caracterizam-se de acordo com seu estado físico. No seu estado fresco, a propriedade de maior importância é a trabalhabilidade, pois, comparada a outros materiais de construção, apresenta maior facilidade de aplicação. Já no estado endurecido, as propriedades que melhor caracterizam o concreto são sua durabilidade, permeabilidade e, principalmente, a resistência elevada.

2.2. Hidratação do cimento

O cimento Portland anidro não aglomera areia e agregado graúdo; ele só adquire a propriedade adesiva quando misturado com a água. Isto acontece porque a reação química do cimento com a água, comumente chamada de hidratação do cimento, que gera produtos que possuem características de pega e endurecimento (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Mehta e Monteiro (1994) propõem dois mecanismos de hidratação do cimento Portland. A hidratação por dissolução-precipitação que envolve a dissolução de compostos anidros em seus constituintes iônicos, formação de hidratos na solução e, devido à sua baixa solubilidade, uma eventual precipitação de hidratos provenientes da solução supersaturada. O outro mecanismo é denominado topoquímico ou hidratação no estado sólido do cimento, onde as reações ocorrem diretamente na superfície dos componentes do cimento anidro sem entrarem em solução.

Uma vez que o cimento Portland é composto de uma mistura heterogênea de vários compostos, o processo de hidratação consiste na ocorrência de reações simultâneas dos compostos anidro com a água. Entretanto todos os compostos não hidratam à mesma velocidade. Os aluminatos são conhecidos por hidratarem muito mais rapidamente do que os silicatos. Na verdade, o enrijecimento (perda de consistência) e a pega (solidificação) são amplamente determinados por reações de hidratação envolvendo os aluminatos (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

A reação do C₃A com a água é imediata, formando-se rapidamente hidratos cristalinos, com a liberação de grande quantidade de calor de hidratação. Dependendo da concentração do aluminato e dos íons sulfato na solução, o produto cristalino de precipitação é o trissulfoaluminato de cálcio hidratado ou o monossulfoaluminato de cálcio hidratado. Em soluções saturadas com íons cálcio de hidroxila, o primeiro cristaliza-se como pequenas agulhas prismáticas e é também denominado alto-sulfato ou pela designação mineralógica etringita (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

A etringita é geralmente o primeiro hidrato a cristalizar-se devido à elevada relação sulfato/aluminato na fase aquosa durante a primeira hora de hidratação. Depois do sulfato da solução ter sido consumido, quando a concentração de aluminatos se eleva novamente devido à renovação da hidratação do C₃A e do C₄AF, a etringita torna-se instável e é gradativamente

convertida em monossulfato, que é o produto final da hidratação do cimento Portland que contém de 5% de C_3A (MEHTA; MONTEIRO).

A hidratação do C_3S e do C_2S no cimento Portland produz uma família de silicatos de cálcio hidratados (C-S-H) estruturalmente similares mas que variam largamente quanto à relação cálcio/sílica e ao teor de água quimicamente combinada. O silicato de cálcio hidratado (C-S-H) é um material pouco cristalino e forma um sólido poroso que apresenta características de um gel rígido. A literatura refere-se a este gel como gel de tobermorita, de acordo com um mineral natural de estrutura aparentemente similar (MEHTA; MONTEIRO).

2.3. Calor de hidratação do cimento

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), os compostos do cimento Portland são produzidos de reações a alta temperatura que não estão em equilíbrio e por isso estão em um estado de energia elevada. Quando um cimento é hidratado, os compostos reagem com a água para atingir estados estáveis de baixa energia, o processo é acompanhado pela liberação de energia na forma de calor. Muitos pesquisadores acreditam que o período de evolução de calor inclui algum calor de dissolução devido ao C_3S e ao calor de formação de C-S-H. Mas além da composição e das reações, a finura do cimento influencia na liberação de calor. Geralmente, quanto mais fino o cimento, mais rápido ele reagirá.

O concreto moldado e mantido a temperatura constante, sem troca de umidade, quanto mais se elevar a temperatura, mais rapidamente se faz a hidratação e melhor a resistência até 28 dias. Em idades mais avançadas as tensões de ruptura não diferenciam muito, mas quanto mais elevada à temperatura menor e a resistência. Na fase de maturidade a temperatura e medida em graus centígrados horas ou graus centígrados dias (COUTINHO, 1974).

2.4. Propriedades do concreto no estado plástico

2.4.1 Tralhabilidade e Consistência

Segundo Baldo (2009), a trabalhabilidade do concreto pode ser entendida como a resistência que própria massa do concreto opõe ao seu movimento, por ação da gravidade. Na prática a trabalhabilidade é dada pela medida da consistência do concreto fresco, normalmente feito com cone de Abrams, por meio do qual se obtém a medida do abatimento (slump) que equivale á diferença entre a altura inicial do concreto (do tronco de cone) e a sua altura final depois da retirada do cone de compactação que envolve a massa fresca. Devido a, sobretudo a simplicidade de execução, o ensaio de abatimento no tronco de cone é o mais empregado na tecnologia do concreto (Figura 01).

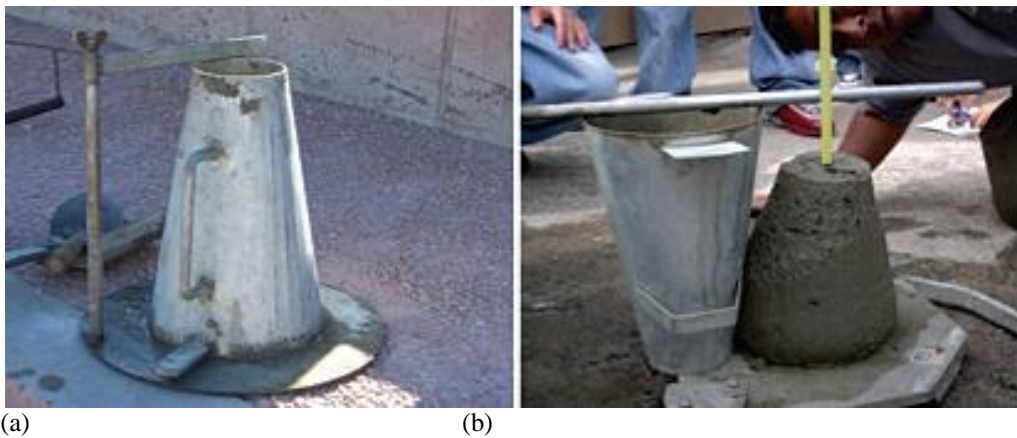


Figura 01 – (a) Fotografia de um dispositivo de ensaio de abatimento no tronco de cone (b) medição do abatimento após o escoamento de um concreto no ensaio realizado no tronco de cone. (Fonte: ISAIA, 2011)

A resistência e a durabilidade de um concreto misturado nas proporções adequadas podem ser alteradas pelo grau de compacidade; portanto, é importante que a consistência da mistura permita que o concreto possa ser transportado, lançado, e adensado com facilidade e sem segregação. Logo um concreto que satisfaça a estas condições é qualificado trabalhável, propriedade essa considerada fundamental do concreto no estado fresco (NEVILLE, 1997).

Mehta e Monteiro (1994) apud Isaia (2011) sugerem que por razões óbvias, em vez da trabalhabilidade, é mais apropriado estudar como vários fatores afetam a consistência e a coesão, porque esses dois componentes da trabalhabilidade podem ser influenciados de forma aposta pela mudança de uma variável específica. Em geral, através da influência sobre a consistência e/ou coesão, a trabalhabilidade das misturas do concreto pela quantidade de água, teor de cimento, granulometria dos agregados e outras características físicas, aditivos e outros fatores que afetam a perda de abatimento.

A trabalhabilidade é uma das mais importantes propriedades do concreto e preponderante dependente da dosagem. De acordo com Mehta e Monteiro (1994), as considerações gerais que dirigem as decisões relativas à trabalhabilidade dos concretos frescos são as seguintes:

- A fluidez do concreto não deve ser superior à necessária para o lançamento, adensamento e acabamento do concreto.
- A quantidade de água para uma dada consistência depende preponderantemente das características do agregado, apesar de que sempre é possível aumentar a coesão e a facilidade de acabamento através do aumento da relação areia/agregado graúdo em lugar do aumento das partículas finas na areia.
- Para concretos que requeiram elevada fluidez no momento da concretagem, o uso de aditivos redutores de água e retardadores de pega deve ser preferível ao lançamento de mais água ao concreto, no canteiro de obra.

2.4.2 Teor de ar incorporado

O ar incorporado no concreto é definido como ar introduzido intencionalmente, por meio de um agente apropriado. Este deve ser claramente distinguido do ar aprisionado

acidentalmente; os dois tipos de ar diferem por as dimensões das bolhas que aquelas de ar incorporado tem diâmetro da ordem de 0,05mm, enquanto que as de ar acidental formam bolhas maiores, algumas tão grandes como as falhas superficiais comuns do concreto (NEVILLE, 1982).

Para Neville (1982), pode-se incorporar ar ao concreto por meio de um aditivo, e seu volume de ar incorporado é independente do ar acidental. Entre outros fatores a quantidade de ar realmente incorporada para uma determinada quantidade de incorporador. Um concreto mais trabalhável retém mais ar do que um mais seco.

O motivo do melhoramento da trabalhabilidade através do ar incorporado é provavelmente, devido às bolhas de ar se mantêm esféricas graças à tensão superficial e atuam como agregado miúdo com atrito superficial muito baixo e elasticidade muito elevada. E a presença de ar incorporado ao concreto também é benéfica na redução da exsudação, pois as bolhas de ar, aparentemente, mantêm as partículas sólidas em suspensão de modo a sedimentação é reduzida e a água é expelida.

2.4.3 Segregação e Exsudação

Denomina-se segregação o movimento de partículas grosseiras do concreto em sentido descendente, que causa a tendência de separação da fração mais grossa dos agregados daquela mais fina, o que resulta na perda de homogeneidade da massa de concreto fresco. E por exsudação, o fenômeno muitas vezes concomitante com a segregação, é a tendência de movimento ascendente de partículas finas com a água de amassamento como veículo, gerando excesso de pasta de cimento na superfície do concreto (BALBO, 2009).

2.4.4 Retração Plástica

A retração plástica deve-se a perda de água na superfície do concreto ainda no estado plástico (NEVILLE, 1997). A retração plástica ou dessecação superficial estritamente relacionada à segregação e exsudação do concreto. E intimamente ligada à evaporação de água na superfície do concreto ante do final da pega (BALBO, 2009). A (Figura 02) mostra uma fissura típica de retração plástica.

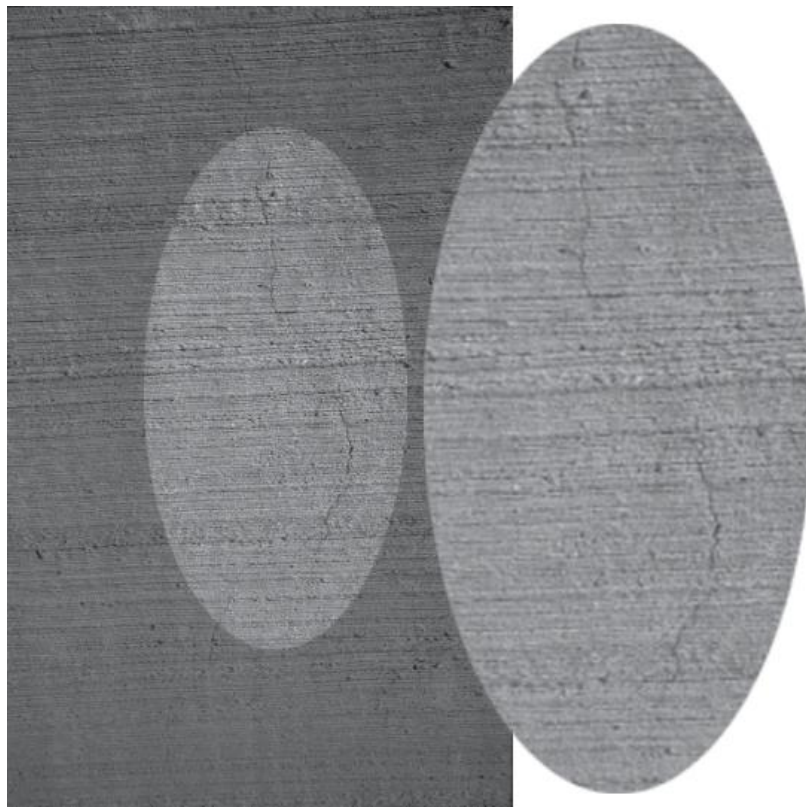


Figura 02 - Exemplo de Fissura por Retração Plástica. (Fitesa – Boletim Técnico nº 2, 2002).

Conforme Nunes; Figueiredo:

[...] quando o concreto está ainda no seu estado fresco, ocorre à perda da água exsudada para a superfície, devido à evaporação da mesma, ou perda de água por sucção das formas, quando estas não estão impermeabilizadas, ou sucção do substrato. A remoção desta água forma uma série complexa de meniscos capilares que criam pressões capilares negativas que provocam contração volumétrica da pasta de cimento. Esta contração, uma vez restringida, seja pela presença de

agregados de grandes dimensões ou pela armadura ou qualquer outro fator, provocará tensões de tração e conseqüentemente, fissuração. Tensões de tração também surgem em decorrência de variações diferenciais de volume por toda a massa de concreto pelo fato de que os efeitos da retração não são uniformes por toda esta massa (2007, p.4).

A fissuração por retração plástica é mais comum em elementos de concreto cuja relação área superficial/espessura é muito grande. A perda de água por evaporação é uma das principais causas da retração plástica, e os fatores que influem na taxa de evaporação são importantes para o seu controle. Assim, a velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura são parâmetros que devem ser controlados para evitar a retração plástica. Logo os cuidados com a cura do concreto desde as primeiras horas é o procedimento mais adequado para o controle da retração plástica (NUNES; FIGUEREDO, 2007).

Para Tanesi (1999), as fissuras por retração plástica podem ser:

- Mapeadas;
- Acompanhando a armadura ou outra inclusão no concreto;
- Acompanhando mudanças de seção;
- Diagonais, formando um ângulo de 45° em relação à borda da laje ou pavimento, com espaçamento de 0,3 m a 1,0 m.

Como resultado da retração plástica, as fissuras se desenvolvem acima das obstruções para uniformizar o assentamento do concreto: por exemplo, barras de aço e grandes partículas de agregado. Nas lajes, a secagem rápida do concreto fresco provoca retração plástica usando a taxa de perda de água da superfície, por evaporação excede a taxa disponível de água exsudada. Se ao mesmo tempo o concreto próximo à superfície tiver se tornado muito rijo para fluir, mas não estiver resistente para suportar as tensões de tração causadas pela retração restringida, as fissuras apareceram (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Segundo Mehta e Monteiro (1994), as fissuras por retração plástica são paralelas entre si, distanciadas de 0,3 m a 1 m, com profundidade entre 25 mm e 50 mm. Possuem abertura entre 0,1 mm e 3 mm e podem ser muito curtas ou com comprimento de até 1 m (NEVILLE, 1981).

Conforme Mehta e Monteiro (1994), uma variedade de causas contribui para a retração plástica do concreto: por exemplo, exsudação ou sedimentação, absorção de água pelo lastro ou fôrmas ou pelo agregado, rápida perda de água por evaporação, redução do volume do sistema cimento-água e deformações (inchamento ou assentamento) da fôrma. E essas condições isoladas ou em conjunto, aumentam a taxa de evaporação de água da superfície e intensificam a possibilidade de fissuração por retração plástica.

2.5. Propriedades do concreto estado endurecido

O concreto endurecido é constituído pela pasta de cimento Portland hidratada e pelos agregados. Além disso, deve-se levar em conta a presença da zona de transição (ou interface agregado-pasta) do material. A zona de transição caracteriza-se por apresentar uma grande quantidade de vazios, que pode ser comportamentos diferenciados quando o concreto é submetido a diferentes tipos de esforços (ISAIA, 2011).

2.5.1 Resistência à compressão

Ao pensar-se em material de engenharia, a primeira propriedade na qual se leva em conta é resistência compressão (ISAIA, 2011). Para Mehta e Monteiro (2008), a resistência a compressão é a propriedade do concreto no estado endurecido mais valorizada por projetistas e engenheiros de controle de qualidade.

Segundo Neville (1997); Mehta; Monteiro (1994), uma série de fatores pode afetar a resistência a compressão do concreto. Os principais entre outros são: natureza e dosagem do aglomerante; granulometria, máxima dimensão, forma, textura superficial, resistência e rigidez dos agregados; relação água/cimento; porosidade; relação cimento/inertes; grau de compactação; condições de cura e condições de ensaio.

Conforme Isaia (2011), a resistência à compressão dos concretos tem sido tradicionalmente utilizada como parâmetro principal de dosagem e controle da qualidade dos concretos destinados a obras correntes. No Brasil, os métodos para a obtenção da resistência à compressão do concreto estão especificados nos métodos de ensaio ABNT NBR 5738:2006 e ABNT NBR 5739:2007, no procedimento de concreto ABNT NBR 12655:2006, no procedimento de projeto ABNT NBR 6118:2007 e no procedimento de execução ABNT NBR 14931:2004.

2.5.2 Resistência à tração

De acordo com Neville (1997), a resistência real da pasta de cimento hidratada (ou de materiais friáveis) normalmente é menor que a resistência teórica calculada tomando como base as forças que influenciam a atração molecular. Embora a tensão total de tração aplicada no concreto seja baixa, as bolhas presentes no material fazem com que a iniciação e propagação das microfissuras ser transversal a direção principal da tensão, provocando a ruptura do concreto à tração por interconexão entre essas microfissuras.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), existem três formas de determinar a resistência a tração do concreto: por tração direta, tração na flexão por compressão diametral. A presença de fibras é fator que influencia diretamente na resistência a tração de concretos. Normalmente são utilizadas fibras de aço e fibras de polipropileno empregadas com objetivo de aumentar a

resistência à tração do concreto, minimizando a probabilidade de fissuração devido à retração por secagem e devido à ação de cargas (ISAIA, 2011).

O ensaio de resistência tração na flexão é realizado em corpos-de-prova prismáticos submetidos à flexão com carregamentos em duas seções simétricas (aplicadas nos terços dos exemplares) até a ruptura, segundo a ABNT NBR 12142:2010.

Para o ensaio de determinação a resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos (15cm x 30cm) seguindo recomendações da ABNT NBR 7222:2010. Nesse ensaio o corpo-de-prova é posicionado de modo que fique em repouso ao longo de uma geratriz, sobre o prato da máquina de compressão. O contato entre o corpo-de-prova e os pratos da máquina de ensaio deve dar-se somente ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas ao corpo-de-prova, através de duas tiras de chapa dura de fibra de madeira.

2.5.3 Resistência à abrasão

A perda progressiva de massa de uma superfície de concreto pode ocorrer devida à abrasão, erosão e cavitação. O termo abrasão se refere ao atrito seco, como no caso do desgaste de pavimentos e pisos industriais pelo tráfego de veículos. Como medidas adicionais para aumentar a durabilidade do concreto à abrasão, deve-se observar que o processo de atrito físico do concreto ocorre na superfície; portanto uma atenção especial deve ser tomada para assegurar que ao menos, o concreto superficial seja de alta qualidade. Para reduzir a formação de uma superfície fraca chamada nata (o termo é usado para uma camada de finos de cimento e agregado), recomenda-se postergar o desempenamento até que o concreto tenha perdido a água de exsudação superficial (MEHTA; MONTEIRO 1994).

2.5.4 Módulo de deformação

O conhecimento do módulo de deformação de um concreto é muito importante do ponto de vista do projeto, quando se devem calcular as deformações dos diferentes elementos que compõem a estrutura (DAL MOLIN, 1995 apud BESERRA, 2005).

As características elásticas de um material são uma medida de sua rigidez. Apesar do comportamento não linear do concreto, é necessária uma estimativa do módulo de deformação (a relação entre a tensão aplicada e a deformação instantânea dentro de um limite proporcional adotado) para determinar as tensões induzidas pelas deformações associadas aos efeitos ambientais. Ela também é necessária para calcular as tensões de projeto sob carga em elementos simples, e momentos e deformações em estruturas complicadas (MEHTA; MONTEIRO 1994).

Em materiais heterogêneos, multifásicos como o concreto a fração volumétrica, a massa específica e o módulo de deformação dos principais constituintes e as características da zona de transição o comportamento de elástico do compósito. Uma vez que a massa específica é inversamente proporcional à porosidade, obviamente que os fatores que afetam a porosidade do agregado, da matriz da pasta de cimento e da zona de transição serão importantes. Para o concreto, a relação direta entre resistência e módulo de deformação provém de fato de que ambos são afetados pela porosidade das fases constituintes, embora não no mesmo grau (MEHTA; MONTEIRO 1994).

2.5.5 Retração por secagem ou hidráulica

Segundo Neville (1997) a retração por secagem ou hidráulica, resulta da secagem do concreto, o que acaba abrangendo a retração autógena e a volumetria, por contração. Esse fenômeno está associado ao uso de água na mistura durante a fase inicial de hidratação dos

ligantes hidráulicos, e é caracterizado pela perda de água da massa para o ambiente, o que se relaciona com as condições climáticas.

A retração por secagem do concreto é um fenômeno inevitável, desde que o concreto esteja exposto a um ambiente de umidade abaixo da condição de saturação. Como esse é o tipo de ambiente onde está inserida a maioria das estruturas em concreto, a retração por secagem é uma característica constante. Um exemplo comum desse tipo de retração está nas fissuras em lajes e pisos, e essas fissuras podem afetar a durabilidade do concreto (ISAIA, 2011).

2.5.6 Absorção capilar

A absorção capilar aumenta com uma elevada percentagem de finos, inertes, sem atividade pozolânica (COUTINHO, 1994).

Segundo ISAIA (2011):

Microestruturalmente, a pasta endurecida é composta basicamente por três fases: a sólida, composta basicamente pelo silicato de cálcio hidratado (C-S-H) e pelo hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 ; a líquida, composta pela água que pode estar sob diversas formas no interior do material (não combinada, fisicamente absorvida e quimicamente combinada); e os vazios, compostos principalmente pelo ar incorporado, ar aprisionado, pelos capilares e pelo espaço interlamelar do C-S-H. Em um material, a resistência se concentra primordialmente na parte sólida do mesmo; assim, pode-se concluir que os vazios são prejudiciais à resistência (2011, p. 675).

Sabe-se que não são todos os vazios que podem apresentar influência negativa, pois se deve considerar que as concentrações de tensão com posterior ruptura iniciam primordialmente nos grandes vazios capilares e na zona de transição agregado/pasta. Vazios

capilares com diâmetros médios maiores do que 50nm, que podem ser denominados de *macroporos*, apresentam uma influência significativa na resistência e a permeabilidade da pasta, enquanto que os *microporos* (vazios com diâmetros menores do que 50nm) têm uma maior influência na retração por secagem e na fluência da pasta endurecida (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

Para Mehta e Monteiro (2008), a água normalmente está presente em todo o tipo de deterioração e a facilidade com que penetra nos sólidos porosos determina a taxa de deterioração.

Segundo Andriolo (1984) apud Dourado; Costa (2004), a água poderá penetrar no concreto, na forma líquida ou vapor, através de capilaridade, ou sob pressão quando então combina-se o efeito da capilaridade com o da pressão, podendo também haver efeito osmótico. A absorção refere-se ao processo pelo qual o concreto drena água para seus poros e capilares. Permeabilidade, por sua vez, é a propriedade do concreto que permite a passagem de um fluido através do seu interior. Todo concreto absorve certa quantidade de água e é permeável dentro de certa escala. A permeabilidade e a absorção podem ser importantes devido às suas relações com os elementos que causam danos ao concreto.

2.6 Materiais Compósitos Fibrosos

A história da utilização de compósitos reforçados com fibras como materiais de construção tem mais de 3000 anos. Há exemplos do uso de palhas em tijolos de argila, mencionados no Êxodo, e crina de cavalo reforçando materiais cimentados. Hoje a utilização de compósitos cresceu em diversidade, podendo ser encontrados em várias aplicações na construção civil como telhas, painéis de vedação vertical e estruturas de concreto como túneis e pavimentos, onde o concreto reforçado com fibras vem progressivamente ampliando sua aplicação (FIGUEREDO, 2000).

Taylor (1994) apud Rodrigues; Montardo (2002) apresenta os principais parâmetros relacionados com o desempenho dos materiais compósitos cimentados, assumindo que as variações das propriedades descritas abaixo são atingidas independentemente:

a) Teor de fibra. Um alto teor de fibras confere maior resistência pós-fissuração e menor dimensão das fissuras, desde que as fibras possam absorver as cargas adicionais causadas pela fissura;

b) Módulo de elasticidade da fibra. Um alto valor do módulo de elasticidade causaria um efeito similar ao teor de fibra, mas, na prática, quanto maior o módulo maior a probabilidade de haver o arrancamento das fibras;

c) Aderência entre a fibra e a matriz. As características de resistência, deformação e padrões de ruptura de uma grande variedade de compósitos cimentados reforçados com fibras dependem fundamentalmente da aderência fibra/matriz. Uma alta aderência entre a fibra e a matriz reduz o tamanho das fissuras e amplia sua distribuição pelo compósito.

d) Resistência da fibra. Aumentando a resistência das fibras aumenta também a ductilidade do compósito, assumindo que não ocorre o rompimento das ligações de aderência. A resistência da fibra dependerá, na prática, das características pós-fissuração desejadas, bem como do teor de fibra e das propriedades de aderência fibra-matriz;

e) Deformabilidade da fibra: a ductilidade pode ser aumentada com a utilização de fibras que apresentem alta deformação de ruptura. Isto se deve pelo fato de compósitos com fibras de elevado grau de deformabilidade consumirem energia sob a forma de alongamento da fibra;

f) Compatibilidade entre a fibra e a matriz: a compatibilidade química e física entre as fibras e a matriz é muito importante. A curto prazo, as fibras que absorvem água podem causar excessiva perda de trabalhabilidade do concreto. Além disso, as fibras que absorvem água sofrem variação de volume e a aderência fibra/matriz é comprometida. A longo prazo, alguns

tipos de fibras poliméricas não possuem estabilidade química frente a presença de álcalis, como ocorre nos materiais a base de cimento Portland. Nestes casos, a deterioração com rápida perda das propriedades da fibra e do compósito pode ser significativa.

g) Comprimento da fibra. Quanto menor for o comprimento das fibras, maior será a possibilidade delas serem arrancadas. Para uma dada tensão de cisalhamento superficial aplicada à fibra, esta será melhor utilizada se o seu comprimento for suficientemente capaz de permitir que a tensão cisalhante desenvolva uma tensão de tração igual a sua resistência à tração.

Na verdade não basta raciocinar tão somente em cima do comprimento da fibra. Há de se levar em conta o seu diâmetro. Pois depende também dele a capacidade da fibra desenvolver as resistências ao cisalhamento e à tração. A relação l/d é proporcional ao quociente entre a resistência à tração da fibra e a resistência de aderência fibra/matriz, na ruptura. Em grande parte, a tecnologia dos materiais compósitos depende desta simples equação: se a fibra tem uma alta resistência à tração, por exemplo, como o aço, então ou a resistência de aderência necessária deverá ser alta para impedir o arrancamento antes que a resistência à tração seja totalmente mobilizada ou fibras de alta relação l/d deverão ser utilizadas (Taylor, 1994 apud Rodrigues; Montardo 2002).

Hoje o concreto reforçado com fibras pode ser utilizado em diversos tipos de obras, destacando-se o reforço de base de fundações superficiais, reforço de pavimentos industriais e concreto projetado para revestimento de túneis e taludes.

2.6.1 Tipos de fibras

Os com fibras concretos podem ser definidos como compósitos, ou seja, materiais constituídos de, pelo menos, duas fases distintas próprias. O próprio concreto sem fibras já é

um compósito cujas fases principais são a pasta, os poros e os agregados. No entanto, consideram-se como fases principais do concreto com fibras a própria matriz de concreto e as fibras, que podem ser produzidas a partir de diferentes materiais, como o aço, vidro, polipropileno, náilon, poliéster (FITESA - BOLETIM TÉCNICO N° 3, 2002). As principais propriedades das fibras estão apresentadas no Quadro 01.

Quadro 01: Propriedades físicas e mecânicas de alguns tipos de fibras.
(Fonte: FITESA - BOLETIM TÉCNICO N° 3, 2002)

Tipo de fibra	Densidade relativa	Diâmetro (microns)	Comprimento (mm)	Módulo de elasticidade (GPa)	Resistência à tração (MPa)	Deformação na ruptura (%)	Compatibilidade com a pasta de cimento ^(b)
Aço	7,86	100 - 600	10 - 60	200	700 - 2000	3 - 5	Boa
Amianto	2,55	0,02 - 30	5 - 40	164	200-1800	2 - 3	Satisfatória
Vidro (E-glass)	2,70	12,5	10 - 50	70	600 - 2500	3,6	Pobre
Poliéster ^(b)	1,34 - 1,39	20 - 25	20 - 30	< 17	800 - 1300	8 - 15	Variável ^(c)
Polipropileno (fibrilada) ^(b)	0,91	500 - 400	20 - 75	< 8	400	8	Boa
Polipropileno (multifilamentos) Fitesa	0,91	18	6 - 24	4	450	80	Boa
Nylon	1,15	21	10 - 20	8	800	25	Boa
Celulose	1,50	20 - 120	0,5 - 5	10 - 50	300 - 1000	20	Satisfatória

2.6.1.1 Fibras de polipropileno

Os desenvolvimentos modernos do concreto reforçado com fibras se deram no início da década de 1960. No ano de 1966, a empresa SHELL desenvolveu patenteou o processo de produção de fibras de polipropileno em forma de filmes fibrilados picotados e, também, os concretos contendo essas fibras (TANEZI; FIGUEIREDO, 1999).

Existem dois tipos básicos de fibras de polipropileno: monofilamentos e fibriladas. As fibriladas (Figura 03a), apresentam-se como uma malha de finos filamentos de seção retangular. A estrutura em malha das fibras de polipropileno fibrilado promove um aumento de adesão entre a fibra e a matriz, devido a um efeito de intertravamento (Bentur; Mindess, 1990). As fibras chamadas de monofilamento (Figura 03b) consistem em fios cortados em comprimento padrão.

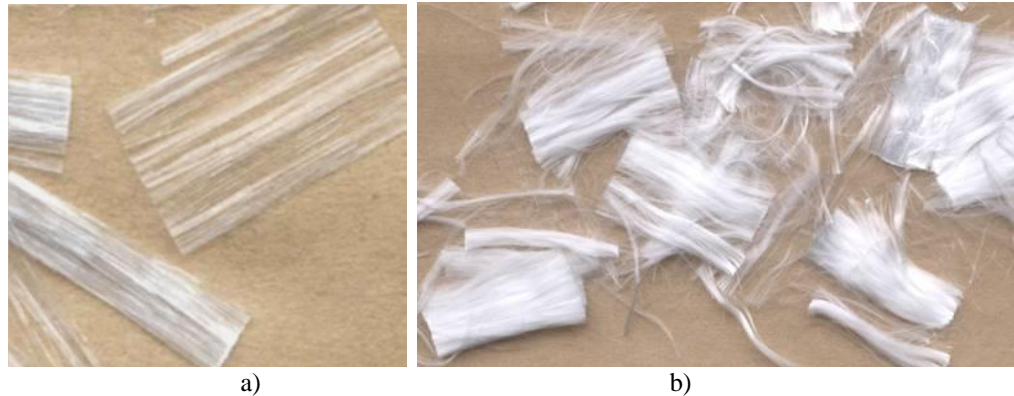


Figura 03 – Fibras de polipropileno fibriladas(a) e monofibriladas (b) (FITESA – BOLETIM TÉCNICO Nº 3, 2002).

2.7. Influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos

A microestrutura da região de interface entre a fibra e a matriz é diferente daquela encontrada no restante da pasta. Segundo MEHTA e MONTEIRO (1994), as partículas de cimento se hidratam e reagem formando partículas coloidais de C-S-H e grandes cristais de CH. Ocorre a formação de espaços preenchidos com água ao redor das fibras, devido à exsudação interna e ao empacotamento ineficiente dos grãos de cimento em torno da superfície da fibra (efeito parede). Assim, a relação água/cimento nas imediações da fibra é maior e, portanto, mais porosa é a matriz, sendo também gerados cristais grandes de hidróxido de cálcio (CH), orientados perpendicularmente à superfície da fibra, criando uma zona preferencial da fratura, (BENTUR e MINDESS 1990).

2.7.1 Trabalhabilidade

As fibras de polipropileno podem diminuir o abatimento do concreto aproximadamente 20%. Por isso, muitas vezes, afirma-se que as fibras diminuem a trabalhabilidade do concreto. No entanto, esta afirmação não é totalmente correta, porque há outras propriedades do concreto que também exercem influência na trabalhabilidade, que são

alteradas positivamente pelas fibras de polipropileno, como, por exemplo, a estabilidade da mistura. Afirma-se que na maioria dos casos mesmo havendo uma redução do abatimento não é necessário realizar qualquer alteração na dosagem do concreto para que ele seja facilmente trabalhável (FITESA – BOLETIM TÉCNICO Nº 3, 200).

Segundo Mehta e Monteiro (1994), é conhecido que na adição de fibras em concretos simples ocorre a perda de trabalhabilidade do material. Dependendo do tipo da fibra adicionada, a perda da trabalhabilidade será proporcional a concentração do volume de fibras no concreto.

A trabalhabilidade pouco é influenciada com a adição de fibras de polipropileno em baixos teores. Alguns especialistas (Bentur; Mindess, 1990), apontam a diminuição de fluidez e aumento da coesão do concreto com fibras de polipropileno como um problema. No entanto, quando submetidos à vibração, concretos com baixos teores de fibras apresentam trabalhabilidade adequada para os processos convencionais de manipulação do concreto. O aumento do teor de fibras ou a utilização de fibras mais finas, com maior área superficial, reduzem a fluidez da mistura e aumentam a coesão. No entanto, isso pode ser favorável a algumas aplicações como o concreto projetado e pré-moldado, por exemplo, uma vez que minimiza riscos de deslocamentos e aumenta a estabilidade dimensional do concreto fresco recém-desformado (FIGUEIREDO, 2002).

2.7.2 Resistência ao desgaste

O concreto possui uma grande resistência ao desgaste, que é co-relacionada à sua resistência à compressão. Existem também outros fatores que influenciam nesta resistência, e umas delas são as alterações que ocorrem no concreto em estado fresco. Devido ao efeito da exsudação, que causa a saída gradativa de água do concreto, este efeito colabora diretamente

em alterações nos níveis da relação a/c (relação água cimento) do compósito. A resistência mecânica, como a resistência compressão ou ao desgaste, é totalmente dependente desta relação. A partir do momento em que a água que exsuda forma uma película em cima da superfície, forma-se uma camada porosa, sendo a mesma com baixa resistência mecânica, fazendo com que o compósito apresente desgaste com mais facilidade. (FITESA – BOLETIM TÉCNICO N° 3, 2002).

2.7.3 Exsudação

A exsudação é um problema que ocorre nos concretos logo nas suas primeiras idades. Porém este efeito pode acarretar em danos também em longo prazo. (FITESA – BOLETIM TÉCNICO N° 3, 2002).

A utilização das fibras de polipropileno possui capacidades que vão além de aumento da tenacidade em compósitos, tornando o grau de exsudação menor nesses materiais. Há vários fatores que provocam este processo, sendo que os mesmos, sempre estão diretamente ligados aos teores de finos do concreto, que são formados pelos agregados finos e o cimento, e aos grandes teores de água, mesmo combinados com aditivos. (FITESA – BOLETIM TÉCNICO N° 3, 2002).

Tanesi (1999) constatou que as fibras de polipropileno contribuem para a diminuição da exsudação. Os concretos reforçados com 0,1% de fibras fibriladas (900 g/m³) apresentaram uma redução de 55% na exsudação comparativamente com os concretos sem fibras. Tal diminuição da exsudação também pode ter sido um dos fatores de diminuição da fissuração por retração observada neste estudo.

O comportamento das fibras de polipropileno no controle da exsudação – quer na sua redução ou na diminuição da velocidade com que ela ocorre – pode ser explicada pela

capacidade das fibras em reter água no interior do concreto. Isso se deve a dois mecanismos (FITESA – BOLETIM TÉCNICO Nº 3, 2002).

- O polipropileno não absorve água, é um polímero hidrofóbico. Porém, os milhos de filamentos incorporados ao concreto se comportam como barreiras contra a ascensão da água, conforme mostra a (Figura 04). Dessa forma as fibras retêm a água no interior da peça de concreto por um período maior de tempo, promovendo melhoras nas condições de hidratação do cimento e diminuindo a exsudação.
- As fibras de polipropileno do tipo multifilamentos apresentam elevada área superficial específica por terem pequeno diâmetro e baixa densidade. Mesmo que não absorvam a água, por absorção, mantêm a água junto delas diminuindo assim a quantidade de água livre para se exsudada.



Figura 04 – Mecanismo de ação das fibras de polipropileno n controle da exsudação (FITESA – BOLETIM TÉCNICO Nº 3, 2002).

Os efeitos das fibras de polipropileno no controle de exsudação podem ser percebidos em concretagem de pisos e lajes de concreto. Afirma-se que a exsudação é uma das causas da ocorrência de fissuras por assentamento plástico e da diminuição da resistência ao desgaste. Assim, fica de fácil compreensão o porquê de as fibras de polipropileno melhorar essas propriedades do concreto. Todavia, este mecanismo de atuação das fibras forma um micro reforço tridimensional que suspende ou sustenta os agregados, atribuindo às fibras o fato da diminuição da segregação no concreto (RODRIGUES; MONTARDO, 2002)

2.7.4 Retração Plástica

O emprego de fibras sintéticas como auxiliares no combate ou redução das fissuras de retração plástica tem sido largamente difundido por diversos pesquisadores, embora o mecanismo de atuação pelo qual isso ocorre não seja muito conhecido. Há vertentes que advogam que os complexos mecanismos da pressão dos poros capilares desempenham importante papel na redução da retração e, conseqüentemente, das fissuras, enquanto outros preferem atribuir às fibras a redução dos efeitos danosos a retração (PADRON et al. 1990 apud FITESA – BOLETIM TÉCNICO Nº 3, 2002).

O mecanismo principal de atuação das fibras pode ser modelado como (FITESA – BOLETIM TÉCNICO Nº 3, 2002):

- O concreto simples, logo após o lançamento, é fluido. Aos poucos o concreto endurece e com isso perde a sua fluidez e, conseqüentemente, sua capacidade de deformação;
- Em contrapartida, com a evaporação da água de exsudação, a retração aumenta até que em determinado momento o nível de deformação de retração é maior que a capacidade do concreto em absorver estas deformações, e estão as fissuras aparecem;
- O concreto com fibras de polipropileno é mais deformável nas primeiras idades. As fibras com 80% de deformação de ruptura transferem esta capacidade de deformação para o concreto. A deformação de retração pode ser a mesma, porém não maior do que a capacidade do concreto em absorvê-las. Assim, as fissuras são inibidas ou sua freqüência e tamanhos reduzidos. A Figura 05 ilustra de maneira qualitativa a explicação acima.

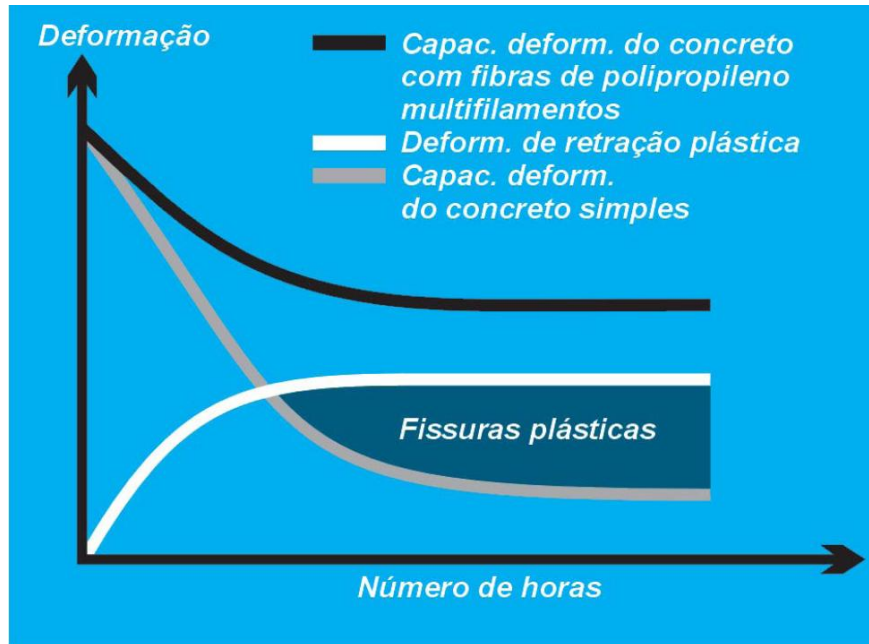


Figura 05: Gráfico de representação do mecanismo de combate às fissuras de retração plástica com a incorporação de fibras de polipropileno (FITESA – BOLETIM TÉCNICO Nº 3, 2002).

2.8. A cura do concreto

A NBR 14931 (ABNT, 2004), recomenda que enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para:

- Evitar a perda de água pela superfície exposta;
- Assegurar uma superfície com resistência adequada;
- Assegurar a formação de uma capa superficial durável.

Conforme Isaia (2011) dá-se o nome de cura ou sazramento do concreto ao conjunto de procedimentos e medidas adotados após seu adensamento, com a finalidade de impedir a saída prematura da água utilizada na sua preparação. A cura de um concreto objetiva fundamentalmente garantir a continuidade das reações de hidratação do cimento e minimizar os efeitos da retração, assegurando o crescimento da resistência ao longo tempo e minimizando os efeitos de retração que se traduzem sempre pelo aparecimento de fissuras.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003) a proteção do concreto contra a secagem prematura deve acontecer pelo menos durante os sete primeiros dias após lançamento, aumentando este mínimo quanto à natureza dos cimentos exigirem.

Já concretos com relação água/cimento baixa, é essencial a cura contínua às primeiras idades, pois a hidratação parcial pode tornar os capilares descontínuos: na retomada da cura, a água poderia não conseguir penetrar no interior do concreto e não haveria prosseguimento da hidratação. No entanto, concretos com relação água/cimento alta mantêm um volume grande de capilares de modo que a cura pode ser retomada em qualquer tempo sem prejuízo da eficiência, todavia quanto mais cedo melhor (NEVILLE, 1997).

O IBRACON (BATTAGIN et al., 2002) faz recomendações do tempo mínimo de cura de acordo com o tipo de cimento e relação a/c utilizada no concreto Quadro 02.

Quadro 02 – Tempo de cura recomendado pelo IBRACON de acordo com o tipo de cimento e relação a/c do concreto (BATTAGIN et al., 2002).

TIPO DE CIMENTO	Relação água/cimento			
	0,35	0,55	0,65	0,70
CP I e II-32	2 dias	3 dias	7 dias	10 dias
CP IV-32	2 dias	3 dias	7 dias	10 dias
CP III-32	2 dias	5 dias	7 dias	10 dias
CP I e II-40	2 dias	3 dias	5 dias	5 dias
CP V-ARI	2 dias	3 dias	5 dias	5 dias

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), o termo cura do concreto trata dos procedimentos destinados a promover a hidratação do cimento, consistindo do controle do tempo, temperatura e condições de umidade, imediatamente após a colocação do concreto nas fôrmas.

A influência da umidade de cura sobre a resistência do concreto é evidente a partir dos dados da (Figura 06), que mostram que, depois de 180 dias, para um dado fator água/cimento,

a resistência do concreto curado sob condições continuamente úmidas foi três vezes maior do que a resistência do concreto curado continuamente ao ar. E o lançamento do concreto e as temperaturas de cura controlam o grau de hidratação do cimento e, portanto têm profunda influência sobre a velocidade de desenvolvimento da resistência, assim como sobre a resistência final (MEHTA; MONTEIRO 1994).

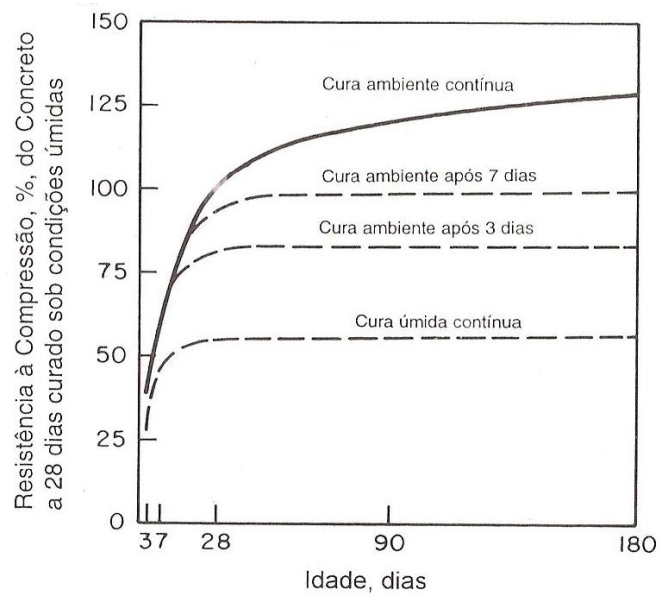


Figura 06 - Influência das condições de cura sobre a resistência (MEHTA; MONTEIRO 1994).

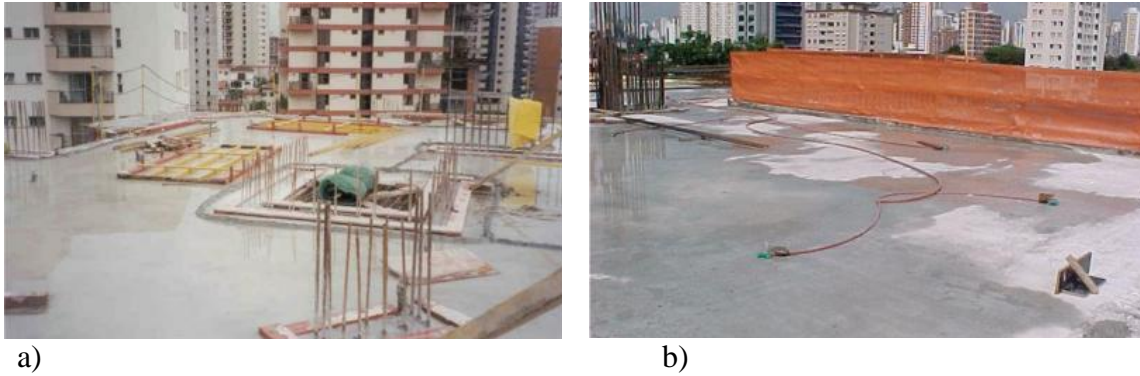
2.8.1. Tipos e procedimentos de cura

Segundo Isaia (2011) a cura tem o intuito de impedir a saída prematura de água do concreto e pode ser feita de inúmeras maneiras, sendo usuais os seguintes procedimentos:

- Molhagem direta: é o expediente mais utilizado e consiste em manter a superfície do concreto saturada a custa de mangueiras, aspersores, regadores ou mesmo dispositivos de irrigação.
- Molhagem indireta: é feita pela colocação um material capaz de reter água sobre a superfície da peça concretada.

- Películas de cura: consiste na aplicação de produtos químicos que impermeabilizam a superfície do concreto evitando a saída da água.
- Cobertura das peças com mantas impermeáveis: neste caso, haverá evaporação da água até o ar, mas dentro da câmara formada pela lona, há um grau de saturação que interrompe nesse ponto, a capacidade de absorver a umidade. Um ponto positivo deste procedimento é de proteção do concreto da ação do vento, que é o maior responsável pela evaporação da água.
- Cura térmica: quando se deseja aumentar a resistência do concreto às primeiras idades. Essa aceleração térmica normalmente é feita com a cura de elevadas temperaturas em uma atmosfera saturada de vapor à pressão atmosférica (temperaturas inferiores à 100°C) ou empregando-se pressão e temperaturas elevadas (temperaturas maiores do que 100°C).

De forma geral, para que o concreto tenha trabalhabilidade, a quantidade de água é maior do que a necessária para a hidratação do cimento. Porém, a água não utilizada na hidratação permanece livre e tende a sair rapidamente do concreto por evaporação gerada pelo calor das reações químicas de endurecimento do concreto. A saída da água provoca a diminuição do volume do concreto. Por essa razão, é importante que, depois do início de pega do concreto, a superfície seja mantida úmida para evitar a perda de água por evaporação, aspergindo água (Figura 07b), inundando (Figura 07a), cobrindo com material absorvente mantido saturado (Figura 09), aplicando películas ou membranas impermeáveis (Figura 08), ou processos de cura acelerado, que, além de impedir a retração, visam a elevar as resistências iniciais do concreto.



a) b)
Figura 07 – Cura com água: (a) lâmina de água e (b) aspersão (Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2011).



Figura 08 - Cura com película química (Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2011).

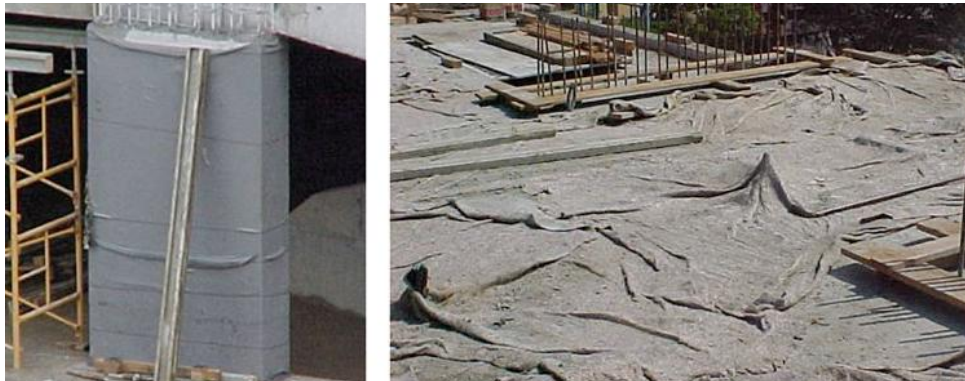


Figura 09 – Cura por recobrimento com manta, (Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2011).

2.9 Fatores que afetam a cura

De acordo com Mehta e Monteiro (1994) o termo cura trata de procedimentos destinados a promover a hidratação do cimento constituindo no controle do tempo,

temperatura, condições de umidade e do vento imediatamente após a colocação de concreto nas formas.

2.9.1. Umidade relativa do ar

Conforme Neville (1997) para o prosseguimento da hidratação, o interior do concreto dever ser mantido a uma umidade no mínimo a 80%. Se a umidade do ar ambiente é pelo menos igual a esse valor, haverá uma pequena movimentação da água entre o concreto e o ar ambiente e não será necessária cura para assegurar a hidratação. A rigor, essa afirmação somente é válida se não intervierem outros fatores, exemplo, se não houver vento, se não houver diferença de temperatura entre o concreto e ar e se o concreto não estiver exposto a radiação solar.

2.9.2. Temperatura

De acordo com Isaia (2011) a hidratação do cimento Portland é uma reação química e, como tal, suscetível a variações em seu comportamento em função de alterações na temperatura.

A elevação da temperatura acelera o desenvolvimento das reações as quais determinam a hidratação do cimento Portland o que, em determinadas situações, é fato desejável, e muitas vezes buscado quando, por exemplo, é necessário obter mais elevadas resistências mecânicas em maiores idades. Ao contrário, o clima frio retarda essas mesmas reações, determinando, o desenvolvimento de menores resistências mecânicas iniciais e, a menor liberação de calor, inibindo a elevação da temperatura do concreto (ISAIA, 2011).

A produção de concreto em climas quentes no que tange ao transporte, principalmente com relação ao tempo despendido, deverá ser feita com muito cuidado tendo em vista que as condições de evaporação estarão otimizadas. Um transporte demorado em condições adversas, ou seja, em condições que favoreçam a evaporação poderá determinar perda de abatimento que por via de regra será restituído pela adição de água comprometendo a resistência mecânica do concreto. Aditivos retardadores de pega podem ser empregados para diminuir a velocidade das reações de hidratação dos cimentos, minimizando a elevação da temperatura e reduzindo a secagem (ISAIA, 2011).

2.9.3. Vento

Em muitas regiões em que é comum a incidência de ventos de grande velocidade e secos, independentemente da temperatura do ar, as condições de evaporação são extremamente favorecidas.

Ventos fortes são muito prejudiciais ao concreto no estado plástico, visto que dão lugar a uma deficiência na hidratação do cimento por perda de água com conseqüente repercussão nas resistências e retração, afetando a integridade e durabilidade do concreto (CANOVAS, 1998).

Segundo a Portland Cement Association (PCA, 2003) o aparecimento de fissuras superficiais se inicia numa velocidade de evaporação de $1l/m^2/h$, onde devem serem tomadas as devidas precauções para uma cura adequada que impeça as deformações e a formação das conseqüentes fissuras, das quais é muito difícil interromper a evolução.

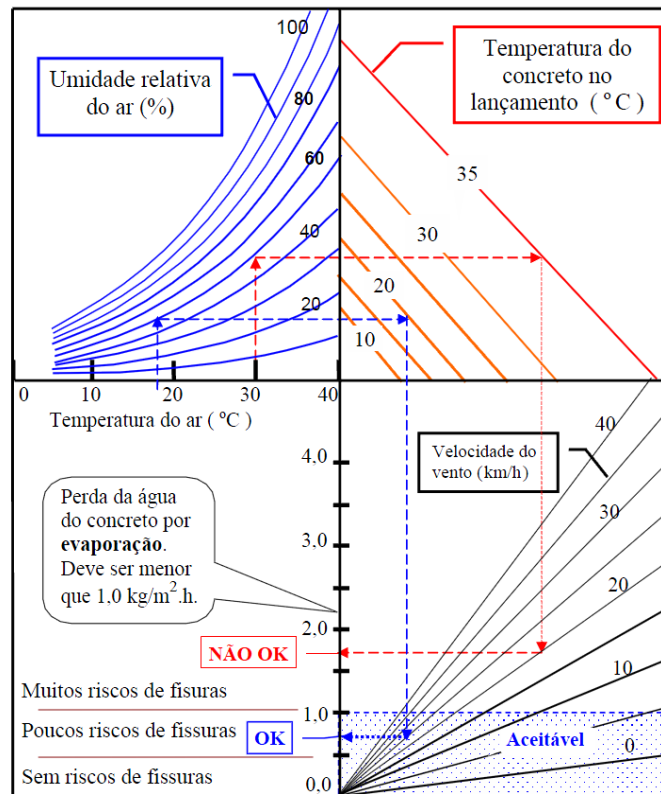


Figura 10: Ábaco do efeito da temperatura, umidade relativa do ar e da velocidade do vento na taxa evaporação da água do concreto. (Fonte: Portland Cement Association (2003)).

O ábaco da (Figura 10) permite avaliar para que condições de velocidade do vento, temperatura ambiente, e do concreto, e umidade relativa, o concreto é suscetível ou não de fissurar por retração. Para exemplificar, a condição climática com a temperatura do ar em 25°C , umidade relativa do ar de 40%, temperatura do concreto de 30°C e velocidade do vento de 15 Km/h é suficiente para se atingir um nível de evaporação de 1 $\text{litro/m}^2/\text{hora}$.

2.10 Produção de concretos em climas quentes

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), se a concretagem for efetuada em temperatura ambiente muito quente ($T > 35^{\circ}\text{C}$) e, em especial, quando a umidade relativa do ar for baixa ($UR < 50\%$) e a velocidade do vento alta ($V > 30 \text{ m/s}$), devem ser adotadas as medidas necessárias para evitar a perda de consistência e reduzir a temperatura da massa de concreto.

Imediatamente após as operações de lançamento e adensamento, devem ser tomadas providências para reduzir a perda de água do concreto.

Para Isaia (2011), os efeitos de temperatura no concreto podem ter sua origem tanto externa como interna ao concreto. Do ponto de vista interno o calor proveniente da hidratação do aglomerante, quando o concreto ainda encontra-se no estado fresco, é uma das principais fontes que provocam variações volumétricas na estrutura ao longo do tempo, desde seu estágio inicial de cura até em idades avançadas quando ocorre o equilíbrio térmico com o ambiente.

A umidade e a temperatura agem como catalisadores das reações de hidratação, a cura tem como finalidade principal evitar que falte água ao concreto e que a temperatura seja adequada durante os primeiros dias que compreendem a pega e o primeiro endurecimento (CANOVAS, 1988).

Conforme o quadro 3.0, (Romero, 1988 apud Beserra 2004), o clima da região do Estado do Tocantins, no período de maio a setembro pode ser classificado como quente e muito seco, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2012).

Quadro 3.0 – Classificações gerais de clima (Fonte: ROMERO, 1998)

Conforme a	Tipo de clima
Temperatura média do ar	Quente (acima de 20°C) Temperado (acima de 10°C) Frio (entre 10°C e 0°C) Glacial (abaixo de 0°)
Umidade relativa do ar média	Muito seco (abaixo de 55%) Seco (entre 55% e 75%) Úmido (entre 75% e 90%) Muito úmido (acima de 90%)

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2012) a umidade relativa do ar média diurna fica abaixo dos 50% durante os meses de maio a setembro, como mostra o exemplo do gráfico da Figura 11 e temperaturas máxima acima dos 34° centígrados, como o exemplo do mapa da Figura 12.

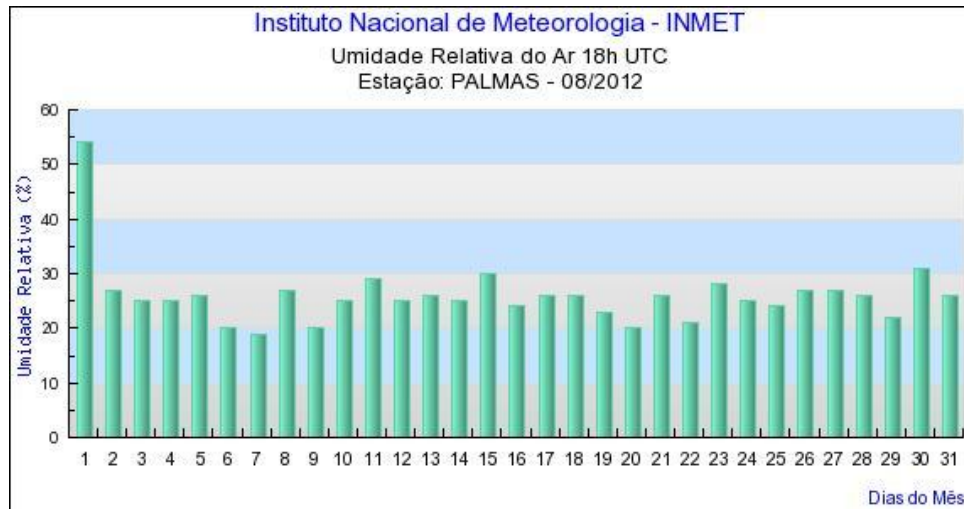


Figura 11- Umidade relativa do ar durante o mês de agosto/2012 (Fonte: INMET, 2012).

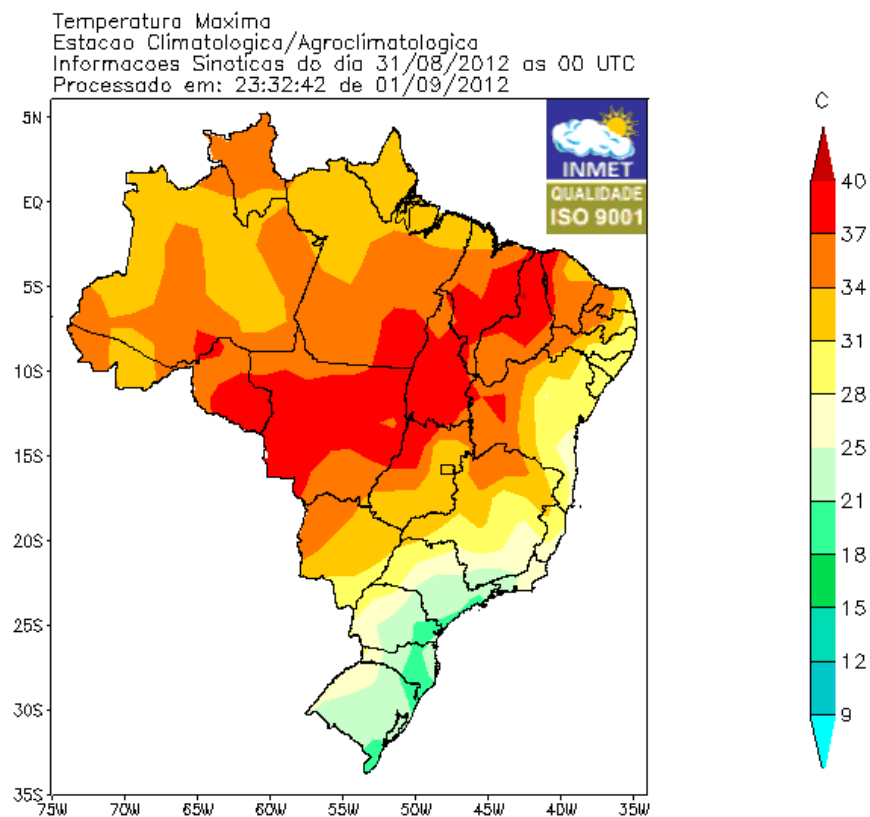


Figura 12- Gráfico climatológico da Temperatura do Ar (°C) no dia 31 /08/2012 (Fonte: INMET, 2012).

Segundo Neville (1997) apud Beserra (2004), durante a concretagem em clima quente é necessário alguns cuidados, como a cura, para minimizar ou controlar os efeitos das altas temperaturas ambiente, baixa umidade relativa do ar e velocidade do vento. E para cada obra

onde estiver presente um ou mais desses fatores, faz-se necessário adotar técnicas e procedimentos apropriados e observá-los rigorosamente. A uniformidade é essencial e a inobservância desses procedimentos significa problemas.

3. METODOLOGIA

Neste experimento foram estudados como fatores controláveis três tipos de cura, cura ao ar livre, cura úmida e cura química, dois diferentes teores de adição fibras de polipropileno, 450 g/m³ e 900 g/m³ de mesmos comprimentos e diâmetros, tendo um valor referência (0 g/m³). O experimento buscou simular condição real de concretagem em períodos quentes. A caracterização dos materiais, os experimentos e análise dos resultados foram feitos nos meses de Agosto e Setembro de 2012 no Laboratório de Matérias e Estruturas do CEULP/ULBRA em Palmas - TO.

A Figura 13 ilustra esquematicamente, o programa experimental, totalizando 9 combinações, para o monitoramento do surgimento de fissuras por retração em placas de concreto e 3 combinações correspondente ao ensaio de resistência a compressão uniaxial a idade de 1, 3, 7, 14, 28 dias NBR 5739 (ABNT, 2007) e ensaios de absorção por capilaridade aos 28 dias, segundo NBR 9779 (ABNT, 1995), sendo estes a cura feita por cura úmida.

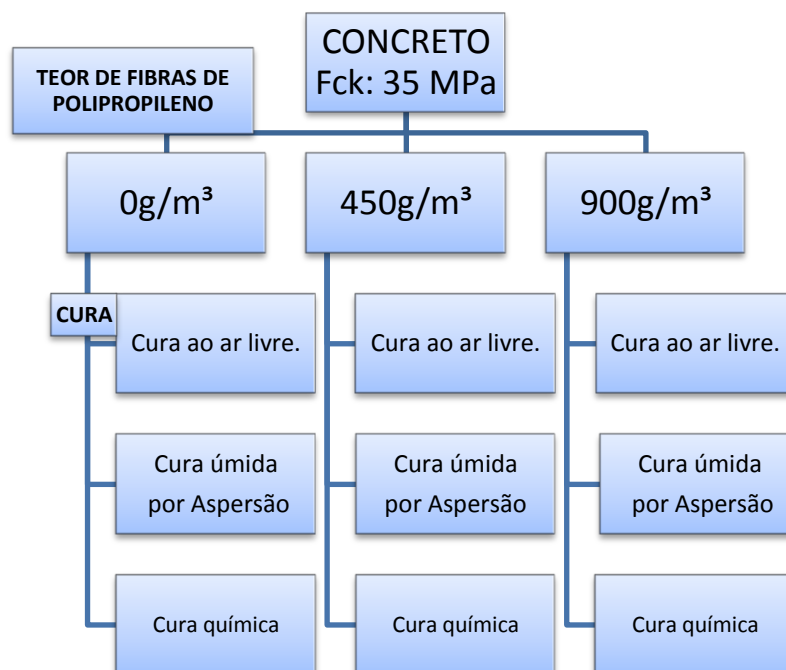


Figura 13: Programa experimental - monitoramento do surgimento de fissuras em placas de concreto, ensaios de resistência a compressão e ensaios de absorção de água por capilaridade.

3.1 Métodos para produção das amostras experimentais

3.1.1 Monitoramento do surgimento de fissuras por retração plástica e hidráulica em placas de concreto.

A principal vantagem dos ensaios em placas para o monitoramento do surgimento de fissuras por retração plástica é que o corpo-de-prova possui uma grande área exposta a secagem, podendo ser acompanhada desde a moldagem TANESI (1999), é também interessante destacar estudos realizados por KRAAI (1985), onde os pesquisador avaliou o efeito das fibras na redução da fissuração por retração plástica e hidráulica. E foram verificados o padrão e grau de fissuração de cada uma das placas.

Neste sentido, o presente estudo é uma adaptação do método realizado KRAAI (1985), onde serão moldadas placas com dimensões 50,0 cm x 70,0 cm, espessura de 10,0 cm. Para a concretagem foram utilizadas formas de madeira independentes para cada placa. Iniciando-se logo após o lançamento do concreto o monitoramento visual da quantidade de fissuras com o auxílio de um fissurômetro para medir a variação das fissuras de retração plástica e hidráulica. Foi utilizado também termômetro para medir variações da temperatura do concreto nas primeiras idades.

O projeto das fôrmas se deu a partir da dimensão das placas, onde foram utilizadas chapas de compensado resinadas de madeira, totalizando 3 painéis, cada um com 9 placas com dimensões de 50 x 70 cm e 10 com de espessura. As chapas foram apoiadas sobre caibros de madeira, e a terreno onde foi devidamente nivelado antes da concretagem das placas. A Figura 14 mostra o projeto das fôrmas.

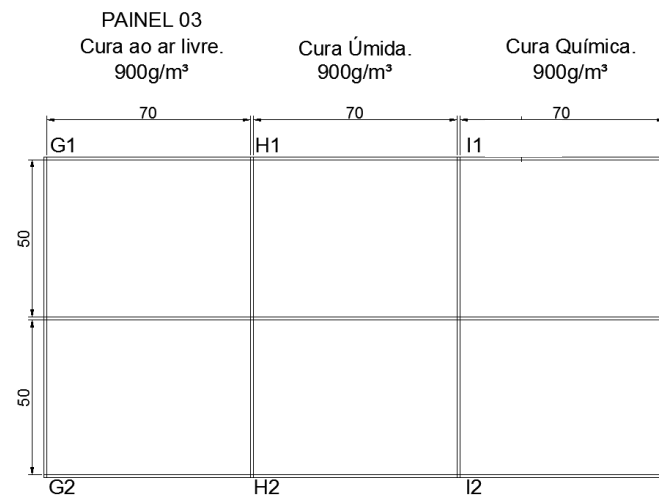
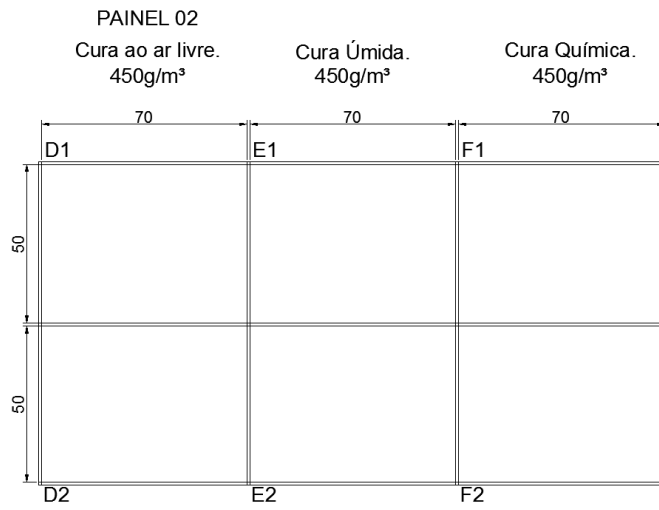
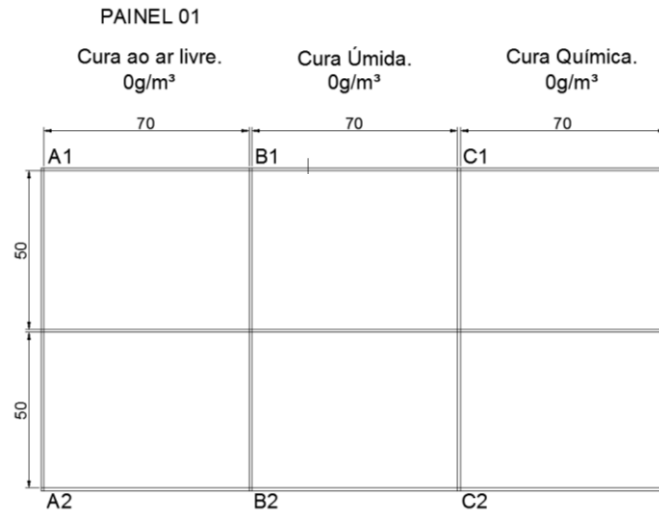


Figura 14: Projeto das Fôrmas. (fonte: Autor)

3.1.2 Resistência à compressão axial.

Os ensaios para determinação das resistências à compressão nas idades de 1, 3, 7, 14, 28 dias, foram realizados de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007). Utilizando-se moldes cilíndricos metálicos de dimensões 10,0 cm x 20,0 cm, seguindo procedimentos conforme recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2003).

3.1.3 Absorção de água por capilaridade aos 28 dias.

Para a determinação da absorção de água aos 28 dias, através da ascensão capilar do concreto, foi realizado de acordo com a norma NBR 9779 (ABNT, 1995). Utilizando moldes cilíndricos metálicos de dimensões 15,0 cm x 30,0 cm, seguindo procedimentos conforme recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2003).

Na execução dos ensaios, as amostras foram submetidas às seguintes etapas:

- Secagem em estufa à temperatura de $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$;
- Saturação em água à temperatura de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$;
- Obtenção das massas das amostras saturadas após 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, contadas a partir da colocação destes em contato com a água;
- Ruptura dos corpos de prova à tração por compressão diametral, conforme a NBR 7222.

Os valores de absorção de água por capilaridade e das massas da amostras saturadas foram calculadas utilizando a equação 1:

$$C = \frac{A - B}{S}$$

(Equação 1)

Onde:

C: Absorção de água por capilaridade, em g/cm²;

A: Massa do corpo de prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante o período de tempo especificado, em g;

B: Massa do corpo de prova seco, assim que este atingir a temperatura de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, em g;

S: Área da seção transversal, em cm².

3.2 Aplicações dos Métodos de Cura

3.2.1 Cura ao ar livre

As amostras foram colocadas ao ar livre buscando similar condições reais de cura em períodos quentes – Palmas – TO durante o mês de agosto. Neste estudo foram realizadas medições constantes da temperatura e umidade relativa ambiente com o auxílio de um termohigrômetro.

3.2.2 Cura úmida

Para o monitoramento do surgimento de fissuras por retração plástica nas placas de concreto, a cura foi feita com a colocação um material capaz de reter água sobre a superfície da placa concretada, sendo molhadas duas vezes ao dia. Já os corpos-de-prova cilíndricos para os ensaios de resistência a compressão e ensaios de absorção de água por capilaridade foram armazenados em câmara úmida à temperatura de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar superior a 95% conforme recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2003).

3.2.3 Cura química

Para o monitoramento do surgimento de fissuras por retração nas placas de concreto e os corpos-de-prova cilíndricos para os ensaios de resistência a compressão a membrana para a

cura química foi aplicada em toda a superfície da amostra por meio de um pulverizador de baixa pressão, sendo garantida uma película uniforme e seguindo recomendações do fabricante.

3.4 Materiais

3.4.1 Concreto

Uma dosagem adequada de concreto para minimizar os efeitos climáticos durante a concretagem envolve uma série de fatores como a escolha adequada do tipo de cimento e seleção dos agregados.

Foi estimada uma resistência característica do concreto $F_{ck} = 30 \text{ MPa}$ e abatimento estimado em $8 \pm 1 \text{ cm}$, sendo o cálculo de dosagem pelo método do ABCP, utilizando os resultados obtidos da caracterização dos materiais. O traço em massa foi $1 : 2,42 : 1,83 - a/c = 0,52$ e consumo de cimento de 430 kg/m^3 .

3.4.1.1 Cimento

Fui utilizado cimento Portland CP II F 32 - RS, por ser o mais utilizado na região de Palmas-To. Seguindo condições exigíveis no recebimento dos cimentos Portland composto segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991).

3.4.1.2 Agregado miúdo

Para o agregado miúdo foram feitos ensaios de caracterização quanto as suas propriedades físicas, seguindo os ensaios determinação de composição granulométrica segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), determinação da massa unitária e volume de vazios NBR NM 45 (ABNT, 2006), determinação de massa específica e massa aparente NBR NM 52

(ABNT, 2002), determinação do teor de materiais pulverulentos NBR NM 46 (ABNT, 2003) e determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis NBR 7218 (ABNT, 2010).

3.4.1.3 Agregado graúdo

Levando-se em consideração a espessura da placa de 10,0 cm optou-se por utilizar brita 0 (pedrisco), de origem granítica da região de Palmas - TO. Para o agregado graúdo foram feitos ensaios de caracterização quando as suas propriedades físicas, seguindo os ensaios de determinação granulométrica NBR NM 248 (ABNT, 2003) e determinação de massa específica e massa específica aparente NBR NM 53 (ABNT, 2003) e determinação do teor de materiais pulverulentos NBR NM (ABNT, 2003).

3.4.1.4 Membranas para cura química

A quantidade do agente de cura para o concreto se conforme recomendações do fabricante. Neville (1997) recomenda que a membrana deva ser contínua e não deve ser danificada. A pulverização para cura deve ser aplicada depois que tenha cessada a ascensão de água na superfície do concreto por exsudação.

2.4.1.5 Fibras de polipropileno

Optou-se por analisar teores de fibras de polipropileno de 450g/m³ e 900g/m³ com base nos estudos realizados por Balaguru (1994). Pois o pesquisador desenvolveu um extenso programa de ensaios com diversos tipos de fibras sintéticas e também de aço e suas principais constatou que:

- A adição de fibras sintéticas, mesmo em teores tão baixos como 450 g/m^3 promove alguma redução na quantidade de fissuras;
- Reduções mais acentuadas são conseguidas com dosagens entre 450 g/m^3 e 900 g/m^3 ;
- A quantidade de fibras – número de fibras por quilograma – é um parâmetro importante de dosagem;

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Materiais Utilizados

4.1.1 Caracterização dos Materiais

4.1.1.1 Agregado Miúdo

O agregado miúdo utilizado foi uma areia natural medianamente grossa, proveniente da região de Palmas - TO.

Na Tabela 01, têm-se a caracterização do agregado miúdo.

Tabela 01: Caracterização do agregado miúdo.

Ensaio Realizado	Norma	Resultado
Módulo de Finura (MF)	NBR NM 248 (ABNT 2003)	2,88
Diâmetro máximo característico (DMC)	NBR NM 248 (ABNT 2003)	4,8mm
Massa específica	NBR NM 52 (ABNT, 2002)	2652,5 kg/m ³
Massa unitária	NBR NM 45 (ABNT, 2006)	1566,7 kg/m ³
Teor de materiais pulverulentos	NBR NM 46 (ABNT, 2003)	0,83%
Teor de torrões de argila	NBR 7218 (ABNT, 2010).	0,81%

4.1.1.2 Agregado Graúdo

O agregado graúdo utilizado é uma pedra britada de origem granítica, proveniente da região de Palmas - TO.

Na Tabela 02, têm-se a caracterização do agregado graúdo.

Tabela 02: Caracterização do agregado graúdo

Ensaio Realizado	Norma	Resultado
Módulo de Finura (MF)	NBR NM 248 (ABNT 2003)	5,63
Diâmetro máximo característico (DMC)	NBR NM 248 (ABNT 2003)	9,5mm
Massa específica	NBR NM 52 (ABNT, 2002)	2778,0 kg/m ³
Massa unitária	NBR NM 45 (ABNT, 2006)	1376,6 kg/m ³
Teor de materiais pulverulentos	NBR NM 46 (ABNT, 2003)	0,93%

4.1.2 Membrana para cura química

O agente de cura química utilizado é à base de copolímero estireno butadieno para argamassa e concretos, protegendo-os contra a perda excessiva de água causada por vento, alta temperatura ambiente ou calor de hidratação; com isso, dificulta ou elimina a incidência de fissuramento superficial por retração hidráulica. Aplicado com pulverizador de baixa pressão. No Quadro 04 segue especificações do produto utilizado.

Quadro 04: Especificações técnicas do agente de cura MSET CURE.

Propriedades do agente de cura utilizado no experimento.	
Densidade	1,03 gramas/cm ³
Rendimento – Embalagem de 20 litros	80m ²
Aderência	Líquido leitoso
PH	7,0 a 8,0
Teor de Sólidos	15
Viscosidade (Ford 4 – 25°C)	16 segundos
Embalagens padrão	20L / 200L

Fonte: Impercia

As Figuras 15 e 16 mostram, a aplicação do agente de cura nos corpos de provas cilíndricos e aplicação nas placas de concreto para controle do surgimento de fissuras por retração dos concretos produzidos em períodos quentes, respectivamente.



Figura 15: Aplicação do agente de cura química no experimento, corpo-de-prova da esquerda (sem agente) e corpo-de-prova da direita (com agente); (fonte: Autor / data: 29 de agosto de 2012).



Figura 16: Aplicação do agente de cura química no experimento com placas.
(fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).

4.1.3 Manta para cura úmida

Foi utilizada para a cura úmida uma manta geotêxtil não tecido, 100% poliéster com resistência a tração longitudinal mínima de 9KN/M e tração transversal mínima de 8KN/M.

Logo após o período de pega do concreto iniciou-se o processo de cura úmida das placas. E a molhagem da superfície do concreto foi feita duas vezes ao dia e a Figura 17 exemplifica esta aplicação.



Figura 17: Aplicação da manta para cura úmida. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).

4.1.4 Fibras de polipropileno

As fibras de polipropileno são indicadas para aplicação nos campos de concreto projetado, pré-fabricados, pavimentos, pisos e revestimentos.

O Quadro 05 mostra as especificações técnicas das fibras utilizadas, comprimento 12mm, densidade 0,91g/cm³, sendo incorporadas em na ordem de 450 g/m³ e 900 g/m³ de concreto. A Figura 18 ilustra o proporcionamento deste material, que incorporado ao concreto tem como objetivo controlar o surgimento de fissuras por retração plástica e hidráulica.

Quadro 05: Especificações técnicas fibras de polipropileno, FibroMAC 12.

Diâmetro	Comprimento	Densidade	Área superficial específica	Embalagem	Frequência (milhões de fibras/kg)
18 (um)	12mm	0,95g/cm ³	244 m ² /kg	600g	360

Fonte: [Maccaferri](#)

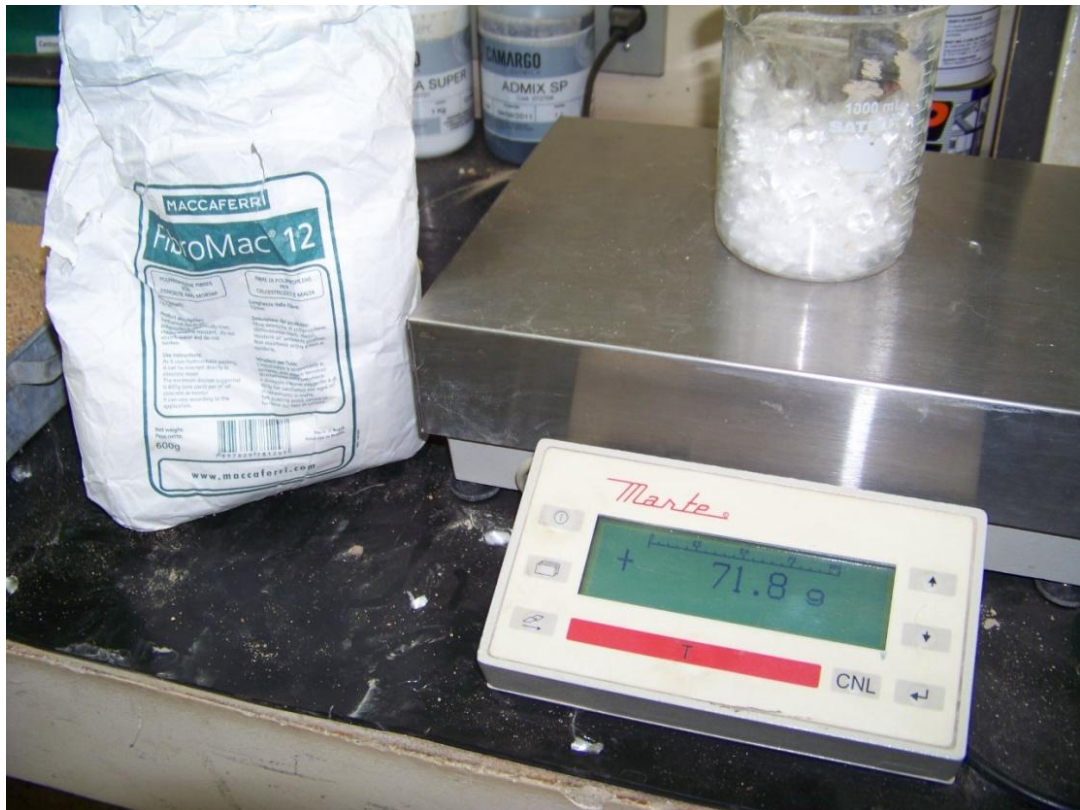


Figura 18: Proporcionamento das fibras de polipropileno.

(fonte: Autor / data: 29 de agosto de 2012).

No presente experimento observou-se a incorporação das fibras no concreto, que de fato, aconteceu de forma homogênea em toda massa de concreto. A Figura 19 mostra as fibras incorporadas na pasta de concreto. E as Figuras 20 a 22 mostram a adição destas fibras na mistura.



Figura 19: Fibras de polipropileno incorporadas ao concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)



Figura 20: Adição de Fibras de polipropileno no concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)



Figura 21: Misturas das Fibras de polipropileno no concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)



Figura 22: Mistura das Fibras de polipropileno no concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)

4.1.5 Dosagem do Concreto

O concreto utilizado foi dosado, preparado e moldado no Laboratório de Materiais e Estruturas do CEULP/ULBRA em Palmas-TO. Durante o desenvolvimento do traço ideal foram feitas misturas preliminares até chegar o proporcionamento ideal.

Foi estimada uma resistência característica do concreto $F_{ck} = 30 \text{ MPa}$ e abatimento estimado em $8 \pm 1 \text{ cm}$, sendo o cálculo de dosagem pelo método do ABCP, utilizando os resultados obtidos da caracterização dos materiais. O traço em massa calculado foi $1 : 2,42 : 1,83 - a/c = 0,52$ e consumo de cimento de 430 kg/m^3 .

4.1.6 Preparação e concretagem das fôrmas

A Figura 23 e 24 mostra a aplicação do desmoldante nas fôrmas antes da concretagem das placas de concreto. E a Figura 25 mostra a execução da concretagem das placas.



Figura 23: Fôrmas para a concretagem das placas de concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)



Figura 24: Fôrmas para a concretagem das placas de concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)



Figura 25: Execução da concretagem das placas de concreto. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)

4.1.7 Produção de concreto em climas quentes

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004) se a concretagem for efetuada em temperatura ambiente muito quente ($T > 35^{\circ}\text{C}$) e, em especial, quando a umidade relativa do ar for baixa ($\text{UR} < 50\%$) e a velocidade do vento alta ($V > 30 \text{ m/s}$), devem ser adotadas as medidas necessárias para evitar a perda de consistência e reduzir a temperatura da massa de concreto. Imediatamente após as operações de lançamento e adensamento, devem ser tomadas providências para reduzir a perda de água do concreto.

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a umidade relativa do ar diurna durante a período do experimento chegou até 22%, conforme Figura 26 - Umidade relativa do ar durante o mês de setembro de 2012 (INMET, 2012) e temperaturas máxima acima dos $41,3^{\circ}\text{C}$, conforme da Figura 27 – Temperaturas diárias (Máxima e Mínima) setembro de 2012 em Palmas-TO (INMET,2012).

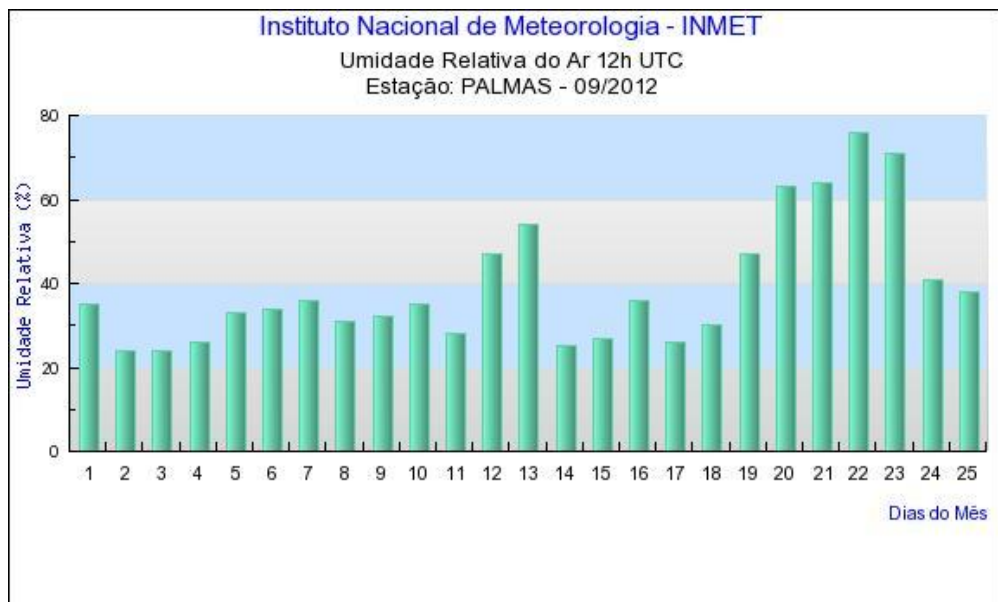


Figura 26 - Umidade relativa do ar durante o mês de setembro de 2012 (INMET, 2012).

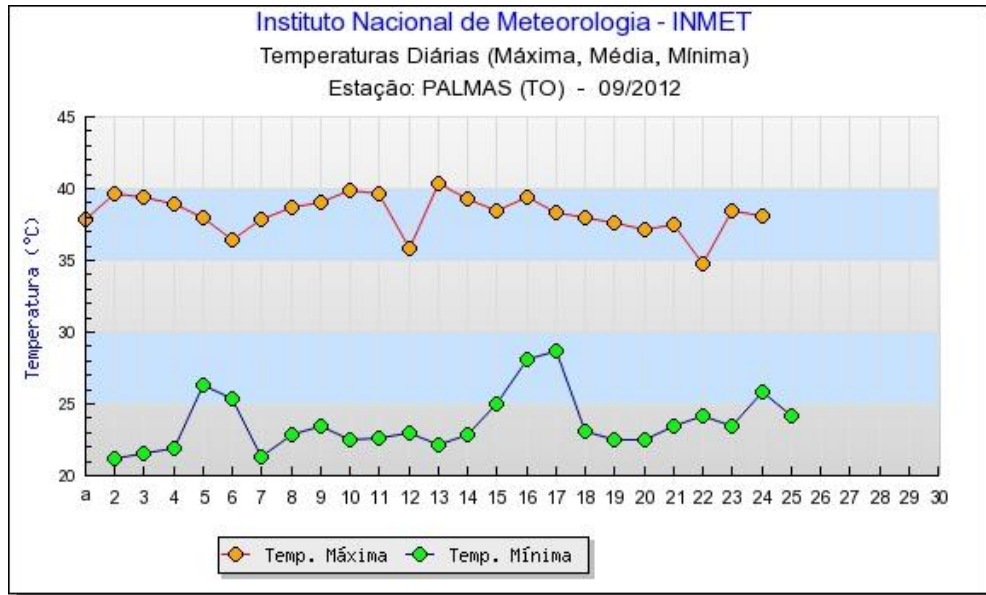


Figura 27 – Temperaturas diárias (Máxima, Média e Mínima) setembro de 2012 em Palmas-TO (INMET, 2012).

Durante a concretagem, dia 28 agosto de 2012, a velocidade máxima do vento foi de 2,72 m/s, medida com um ANEMÔMETRO INSTRUTEMP - NA 3050, conforme Figura 28.



Figura 28: Monitoramento da velocidade do vento. (Fonte: Autor / data 28 de agosto de 2012)

Conforme a metodologia foi monitorada também a temperatura no momento da concretagem e a temperatura do concreto logo após a mistura. Para tanto o equipamento foi um Termômetro DIGITAL THERMOMETER (-45 / 230°C). As Figuras 29 e 30 mostram a temperatura máxima e a temperatura do concreto no momento da concretagem.



Figura 29: Monitoramento da temperatura ambiente no momento da concretagem.
(Fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).



Figura 30: Monitoramento da temperatura do concreto no momento da concretagem.
(Fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).

Neste experimento a temperatura elevada e a baixa umidade relativa do ar foram fatores que influenciaram na evaporação da água do concreto logo após o lançamento. E faz-se necessário limitar a taxa de evaporação da água do concreto, para evitar a formação de fissuras logo após a concretagem, estas causadas pela retração plástica. Sugere-se então seguir recomendações da PCA (Portland Cement Association):

- Usar água fria na mistura. Se necessário, usar gelo misturado na água para obter uma temperatura do concreto menor que 20°C.
- Proteger os agregados da incidência do sol
- Em épocas muito quentes, concretar à noite, pois a temperatura estará mais baixa e não concretar com vento forte.
- Cobrir o concreto com esteiras encharcadas com água, logo após a concretagem.

4.1.8 Ensaio do Concreto estado plástico.

4.1.8.1 Abatimento

Após a mistura dos materiais na betoneira foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone conforme a NBR 7223 (ABNT, 1982), verificando assim a consistência do mesmo. Para a o concreto de referência sem fibras (0 g/m³ de concreto) o abatimento médio foi de 8,5cm conforme os dados da Tabela 03.

Tabela 03: Resultados do ensaio de consistência.

Teor de Fibras no Concreto	Abatimento (cm)
0 g/m ³	8,5cm
450 g/m ³	6,5cm
900 g/m ³	6,5cm

Já para o concreto com fibras 450 g/m³ e 900 g/m³ de fibras por metro cúbico de concreto o abatimento médio foi de 6,5 cm, conforme Figura 31.



Figura 31: Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone. Concreto com fibras. (Fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).

Acredita-se que por todas as condições climáticas adversas durante a concretagem houve também a diminuição da trabalhabilidade do concreto, dificuldade no lançamento, adensamento e acabamento das placas e moldagem dos corpos-de-prova (Figura 32).



Figura 32: Lançamento do Concreto com fibras. (Fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).

4.1.9 Moldagem dos corpos de prova e das placas de concreto.

Após os ensaios do concreto no estado plástico (medida de consistência do tronco de cone) foram moldados corpos de prova cilíndricos com dimensões 10 x 20 cm e 15 x 30 cm para os ensaios de resistência axial e absorção por capilaridade, Figura 33 e 34. Adotando-se o processo de adensamento mecânico. A retirada dos corpos de prova das fôrmas foram 12 horas após a concretagem, iniciando posteriormente os processos de cura úmida, ao ar livre e química.



Figura 33: Moldagem dos corpos de prova. (Fonte: Autor / data 28: de agosto de 2012).



Figura 34: Moldagem dos corpos de prova. (Fonte: Autor / data 28 de agosto de 2012).

Logo após o lançamento do concreto nas fôrmas, iniciaram-se o processo de adensamento mecânico Figura 35. Posteriormente a regularização da superfície de concreto Figura 36. Depois do tempo de pega de concreto iniciaram-se os processos de cura úmida Figura 37 e química Figura 38. Já a cura ao ar livre se deu desde o acabamento do da superfície do concreto.



Figura 35: Adensamento mecânico. (Fonte: Autor / data 28 de agosto de 2012).



Figura 36: Regularização da superfície da placa de concreto com régua metálica. (Fonte: Autor / data 28 de agosto de 2012).

Para a cura úmida das placas as superfícies foram molhadas duas vezes ao dia, durante 14 dias após a concretagem.



Figura 37: Aplicação da manta para cura úmida. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012)

Para a cura com agente químico foram aplicadas duas d'mãos na superfície das placas, seguindo recomendações do fabricante.



Figura 38: Aplicação da membrana química. (fonte: Autor / data: 28 de agosto de 2012).

4.1.10 Ensaio do concreto no estado endurecido.

4.1.10.1 Resistência à compressão – concreto sem fibras.

Os ensaios de resistência a compressão axial seguiram conforme a NBR 5739 (ABNT 2004). A Figura 39 mostra um ensaio realizado no Laboratório de Materiais e Estruturas do CEULP/ULBRA em Palmas - TO.



Figura 39: Ensaio para determinação de resistência a compressão.
(Fonte: Autor / data: 01 de setembro de 2012).

Na Tabela 04, pode observar os resultados de resistência à compressão a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade em diferentes processos de cura.

E durante a concretagem das placas e corpos de prova a temperatura máxima foi de 41,3°C, umidade relativa do ar de 22% e velocidade máxima do vento de 2,72 m/s.

Na análise do desempenho do concreto de referência (0 g/m³), para resistência estimada de 30 MPa em diferentes tipos de cura, a resistência à compressão com 1 dia de idade não foi significativamente influenciada pela cura, apresentando pequena diferença na resistência média dos corpos-de-prova entre a cura ao ar livre, úmida e química.

Já para idade de 3 dias ocorreu um aumento da resistência à compressão com a cura úmida de 11,1% em relação a cura ao ar livre e 1,18% em relação a cura química.

Aos 7 dias de idade a cura úmida teve resistência à compressão média é superior 24% e 20,5% em relação a cura a ar livre e química, respectivamente.

Aos 14 dias de idade a cura úmida teve resistência média é superior 27,4% e 26,7% em relação à cura a ar livre e química, respectivamente.

Os resultados da (Tabela 04) ilustram e o gráfico da (Figura 40) ilustra que o processo de cura úmida é um fator importante para resistência à compressão do concreto. Pois no final dos ensaios o processo de cura úmido (28 dias) apresentou resistência à compressão é superior 27,6% em relação à cura ao ar livre e 25,64% em relação à cura química. Todavia, notam-se maiores diferenças de resistência à compressão no concreto com idade de 14 dias de cura.

Tabela 04: Resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade, em diferentes processos de cura.

TEOR DE FIBRAS	CP	RESISTÊNCIA (MPa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (MPa)	TIPO DE CURA
0 g/m ³ (referência) - 1 dia após a moldagem	CP1	15,30	15,65	Cura ao ar livre
	CP2	16,00		
	CP1	14,60	14,50	Cura úmida
	CP2	14,40		
	CP1	16,60	15,85	Cura química
	CP2	15,10		
0 g/m ³ (referência) - 3 dias após a moldagem	CP1	18,60	18,75	Cura ao ar livre
	CP2	18,90		
	CP1	22,40	21,10	Cura úmida
	CP2	19,80		
	CP1	20,40	20,85	Cura química
	CP2	21,30		
0 g/m ³ (referência) - 7 dias após a moldagem	CP1	22,50	21,55	Cura ao ar livre
	CP2	20,60		
	CP1	29,00	28,35	Cura úmida
	CP2	27,70		
	CP1	22,90	22,55	Cura química
	CP2	22,20		
0 g/m ³ (referência) - 14 dias após a moldagem	CP1	23,80	23,10	Cura ao ar livre
	CP2	22,40		
	CP1	32,40	31,80	Cura

0 g/m ³ (referência) - 28 dias após a moldagem	CP2	31,20	23,30	úmida
	CP1	23,50		Cura química
	CP2	23,10	24,00	Cura ao ar livre
	CP1	23,10		Cura úmida
	CP2	24,90	33,15	Cura química
	CP1	34,50		Cura úmida
	CP2	31,80	24,65	Cura química
	CP1	25,50		Cura química
	CP2	23,80		

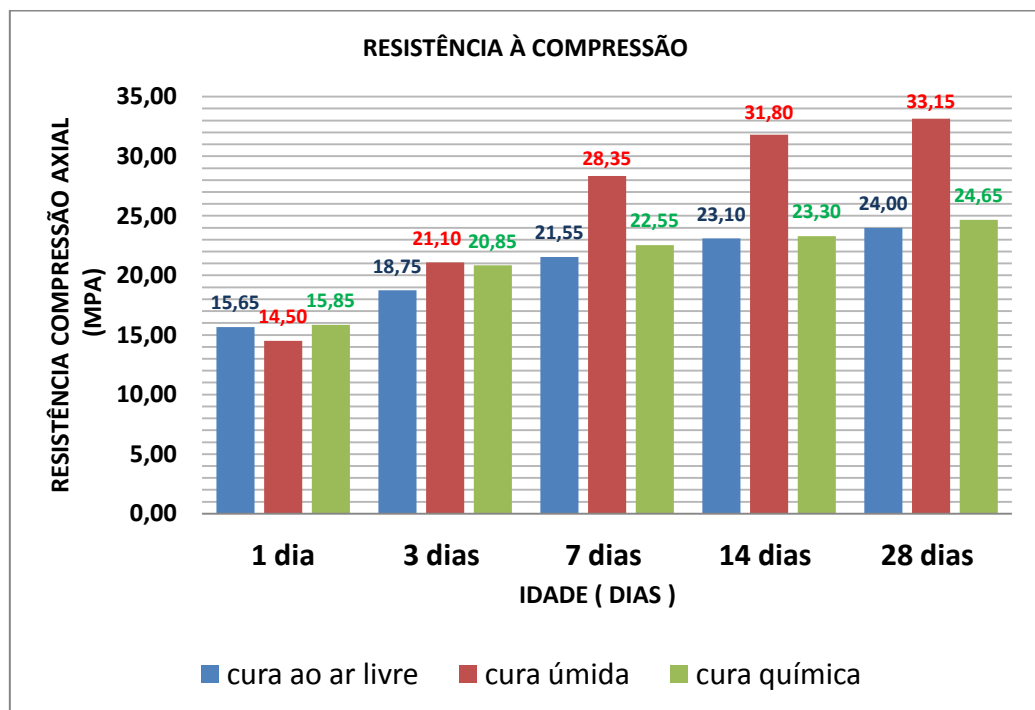


Figura 40: Gráfico dos resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade, em diferentes processos de cura.

4.1.10.2 Resistência à compressão – concreto com 450 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

Na Tabela 05 e gráfico da Figura 41, encontram-se os resultados de resistência à compressão para concretos com 450 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto. Resultados estes inferiores ao concreto sem fibras.

Tabela 05: Resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias, em processo de cura úmida com 450 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

TEOR DE FIBRAS DE (450 g/m ³)	(CP)	RESISTÊNCIA (MPa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (MPa)	TIPO DE CURA
1 dia após a moldagem.	CP1	10,20	10,15	Cura úmida
	CP2	10,10		
3 dias após a moldagem.	CP1	20,20	20,30	Cura úmida
	CP2	20,40		
7 dias após a moldagem.	CP1	22,10	21,35	Cura úmida
	CP2	20,60		
14 dias após a moldagem.	CP1	26,90	26,90	Cura úmida
	CP2	26,90		
28 dias após a moldagem.	CP1	27,00	27,50	Cura úmida
	CP2	27,80		

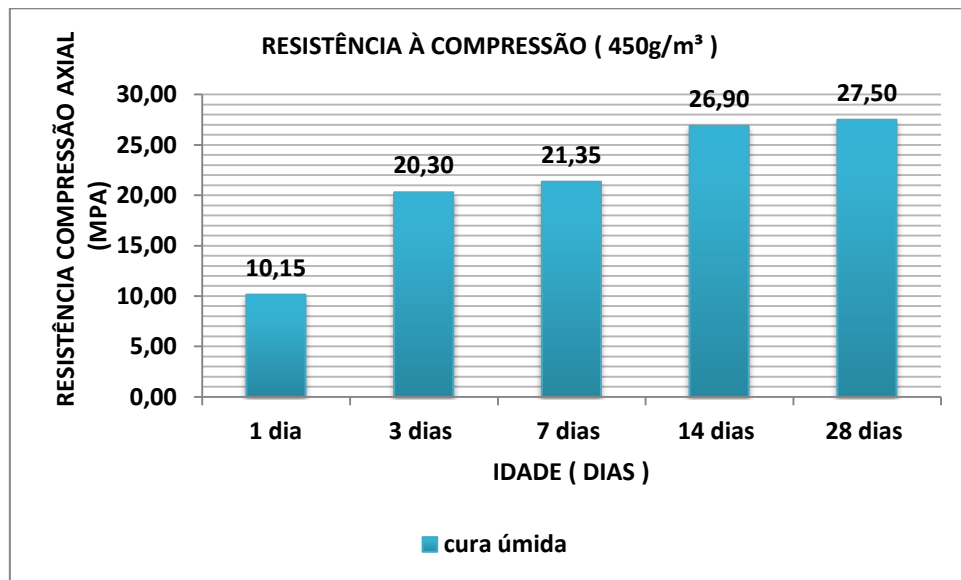


Figura 41: Gráfico dos resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias, em processo de cura úmida com 450 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

4.1.10.3 Resistência à compressão – concreto com 900 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

Na Tabela 06 e o Gráfico da Figura 42 encontram-se os resultados de resistência à compressão para concretos com 900 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

Tabela 06: Resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias, em processo de cura úmida com 900 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

TEOR DE FIBRAS DE (900 g/m ³)	CP	RESISTÊNCIA (MPa)	RESISTÊNCIA MÉDIA (MPa)	TIPO DE CURA
1 dia após a moldagem	CP1	10,90	11,45	Cura úmida
	CP2	12,00		
3 dias após a moldagem	CP1	21,20	20,70	Cura úmida
	CP2	20,20		
7 dias após a moldagem	CP1	25,90	24,25	Cura úmida
	CP2	22,60		
14 dias após a moldagem	CP1	28,50	27,35	Cura úmida
	CP2	26,20		
28 dias após a moldagem	CP1	27,10	27,65	Cura úmida
	CP2	28,20		

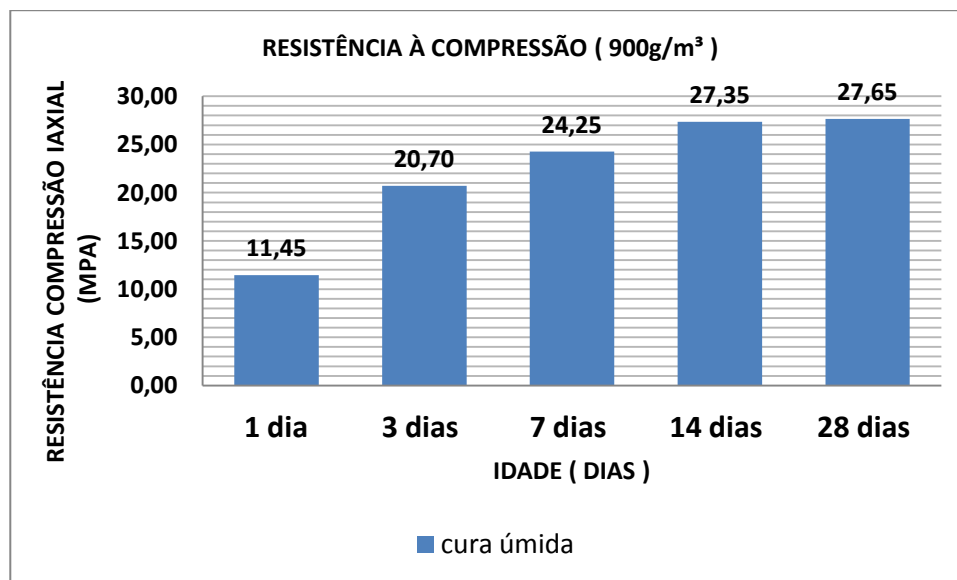


Figura 42: Resultados da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade em processo de cura úmida com 900 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

4.1.10.4 Resistência à compressão – Comparativo dos resultados de resistência compressão a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade, em processo de cura úmida com o 0g/m³, 450 g/m³ e 900 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

A resistência à compressão dos concretos com incorporados fibras de polipropileno é em torno de 17% inferior de referência, sem fibras, como ilustra a o gráfico da Figura 43.

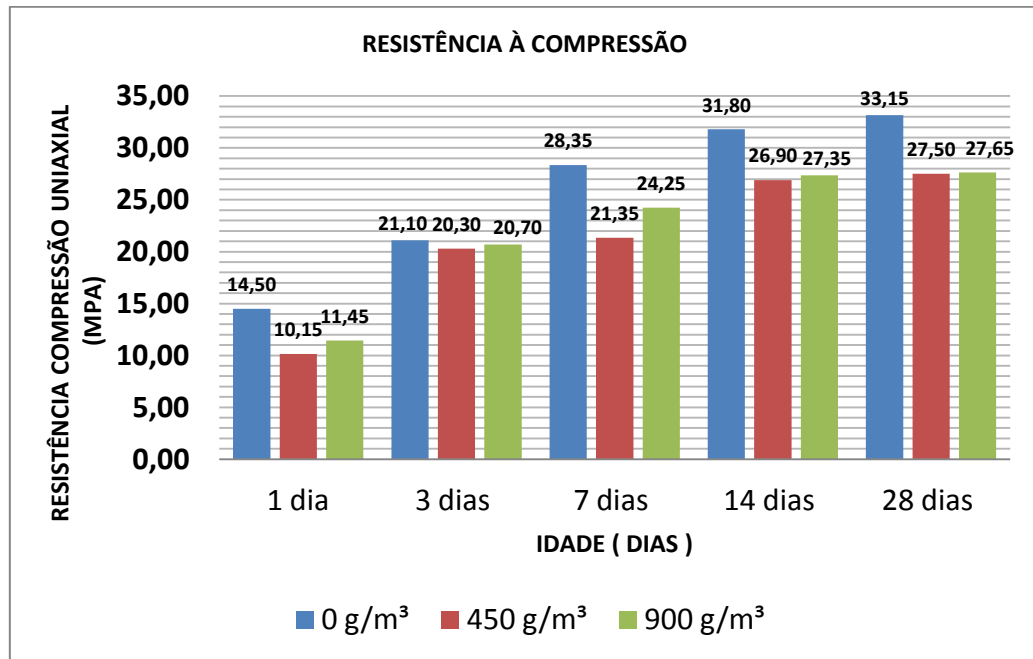


Figura 43: Gráfico comparativo da média de resistência à compressão axial a 1, 3, 7, 14 e 28 dias de idade, em processo de cura úmida com o 0 g/m³, 450 g/m³ 900 g/m³ de fibras de polipropileno por metro cúbico de concreto.

4.1.10.5 Absorção de água por capilaridade

Seguindo a metodologia da NBR 9779 (ABNT, 1995), foram submetidos corpos de prova aos ensaios de absorção de água por capilaridade na idade de 28 dias, onde ficaram nesta condição de cura até a idade do ensaio, conforme Figuras 44 e 45.



Figura 44: Corpos-de-prova sobre suportes, com nível de d'água (5 +/- 1cm), para ensaio de absorção por capilaridade.

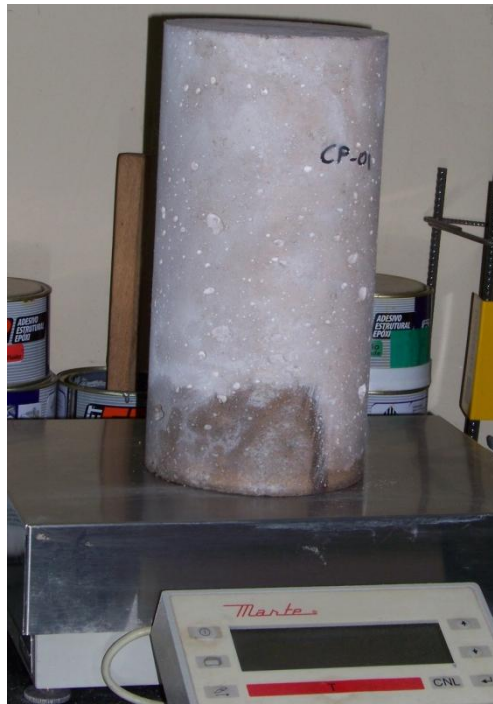


Figura 45: Pesagem dos corpos-de-prova do ensaio de absorção por capilaridade.

Os resultados apresentados no gráfico da Figura 46 são a média dos valores das 72 horas nas quais se realizaram os ensaios, visto que, foi monitorada também a variação de massa nos corpos de prova após 3h, 6h, 24h, 48h e 72h.

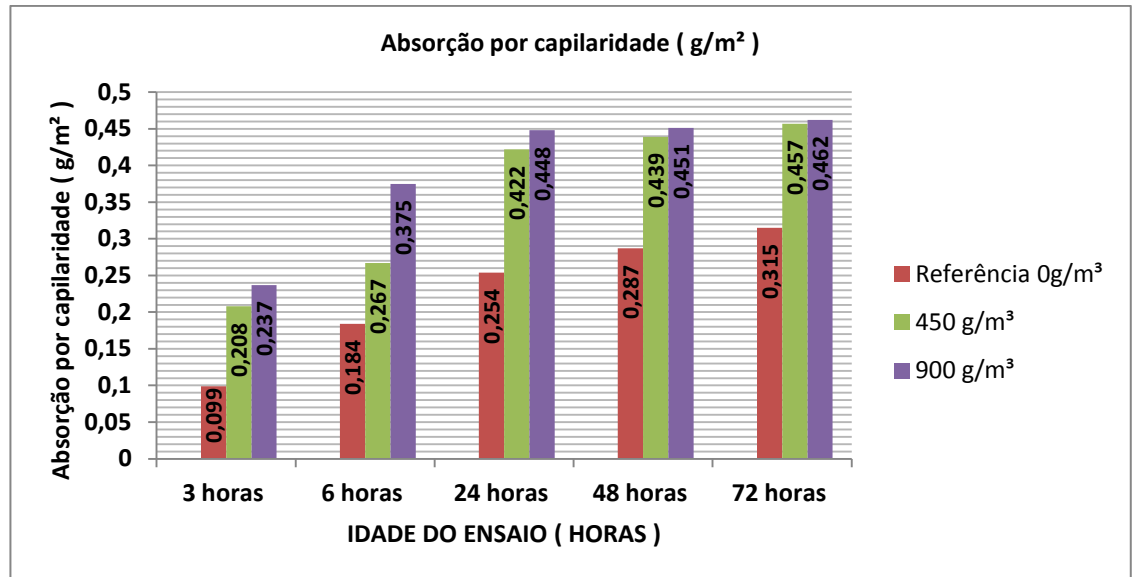


Figura 46: Absorção de água por capilaridade (g/cm²).

Com base nos resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade, pode-se observar que a média dos resultados dos corpos de prova produzidos sem fibras (referência 0g/m³) apresentam menores valores de absorção capilar após 72 horas de saturação do que os corpos de prova produzidos com fibras (450 g/m³ e 900 g/m³).

A Figura 47 e o gráfico da Figura 48 ilustram as alturas da ascensão de água dos corpos-de-prova para o ensaio de absorção de água por capilaridade.



Figura 47: Ilustração das alturas da ascensão de água dos corpos-de-prova para o ensaio de absorção de água por capilaridade.

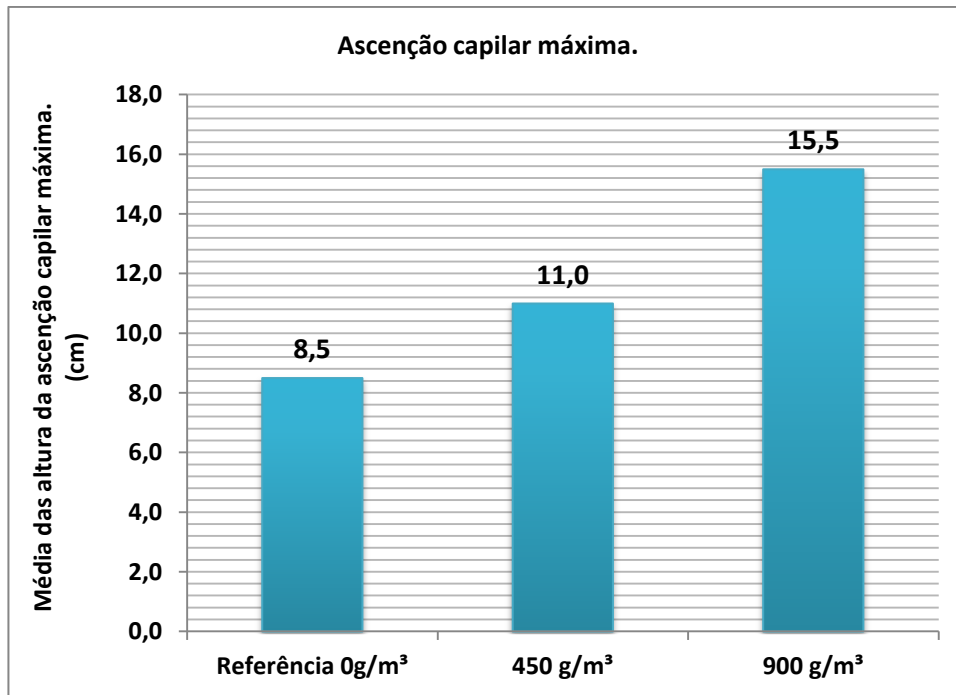


Figura 48: Altura da ascensão de água (cm)

Após a determinação da absorção de água os corpos de prova foram rompidos para a determinação da resistência à tração por compressão diametral, adotando a metodologia da NBR 7222 (ABNT, 1994), conforme Figura 49.

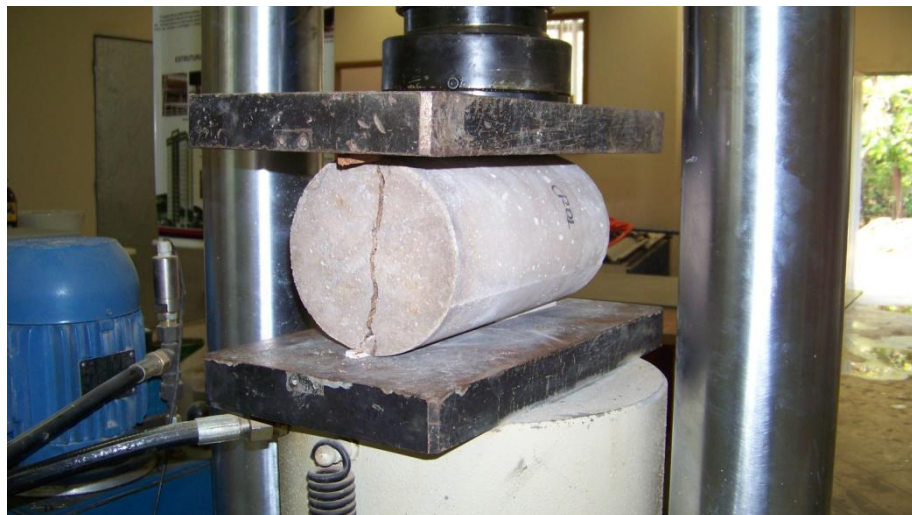


Figura 49: Rompimento para a determinação da resistência à tração por compressão diametral.

O gráfico da Figura 50 são as médias dos resultados dos ensaios de determinação da resistência à tração por compressão diametral.

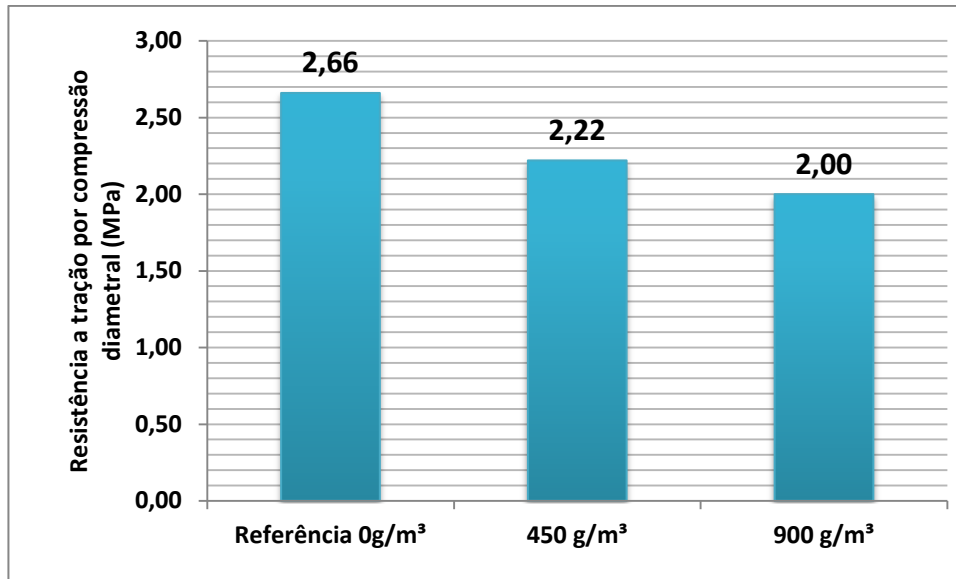


Figura 50: Resistência à tração por compressão diametral.

Ao contrário do esperado os resultados deste experimento os corpos de prova produzidos sem fibras apresentaram valores de resistência à tração por compressão diametral superior que o concreto com fibras.

4.1.11 Avaliação da influência das fibras de polipropileno nas propriedades do concreto.

Seguem na Tabela 07 destacados de vermelho as placas que surgiram fissuras por retração plástica e hidráulica até o final do monitoramento.

Tabela 07: Análise do surgimento de fissuras por retração nas placas. Até o dia 26 de setembro de 2012.

TEOR DE FIBRAS	PLACA (50X70cm / e = 10cm)	TIPO DE CURA	Monitoramento logo após a concretagem.
0 g/m³ (referência)	A - 01	Cura ao ar livre	Surgiram fissuras por retração plástica e hidráulica.
	A - 02		Surgiram fissuras por retração plástica e hidráulica.
	B - 01	Cura úmida	Não houveram fissuras por retração plástica.
	B - 02		Não houveram fissuras por retração plástica.
	C - 01	Cura química	Não houveram fissuras por retração plástica.
	C - 02		Não houveram fissuras por retração plástica.
450 g/m³	D - 01	Cura ao ar livre	Não houveram fissuras por retração plástica.
	D - 02		Não houveram fissuras por retração plástica.
	E - 01	Cura úmida	Não houveram fissuras por retração plástica.
	E - 02		Não houveram fissuras por retração plástica.
	F - 01	Cura química	Não houveram fissuras por retração plástica.
	F - 02		Não houveram fissuras por retração plástica.
900 g/m³	G - 01	Cura ao ar livre	Surgiram fissuras por retração plástica e hidráulica.
	G - 02		Surgiram fissuras por retração plástica e hidráulica..
	H - 01	Cura úmida	Não houveram fissuras por retração plástica.
	H - 02		Não houveram fissuras por retração plástica.
	I - 01	Cura química	Não houveram fissuras por retração plástica.
I - 01	Não houveram fissuras por retração plástica.		

O monitoramento visual do surgimento de fissuras se deu logo após o lançamento do concreto nas formas, e logo nas primeiras horas observou-se o surgimento de fissuras por retração plástica nas placas de concreto sem fibras curadas ao ar livre como ilustram as Figuras de 51 a 54.

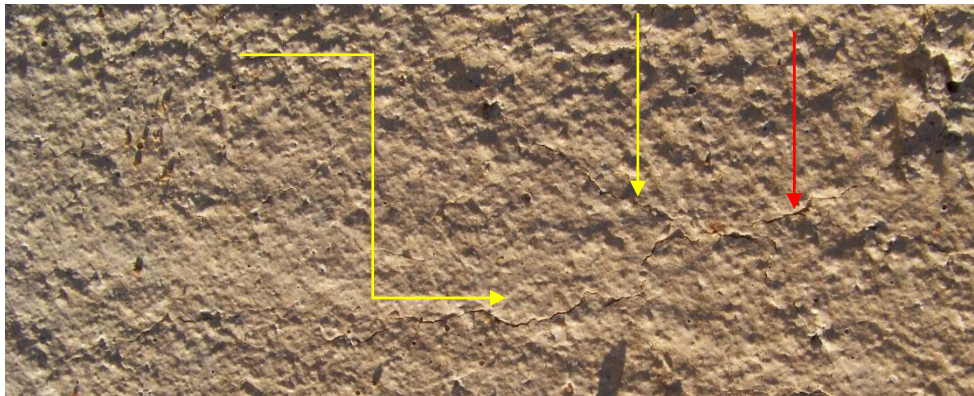


Figura 51: Placa A1 – Concreto referência (sem fibras) – Início do monitoramento do aparecimento de fissuras por retração plástica (primeiras horas após a concretagem). Data: 28 de agosto de 2012. Fonte: Autor.



Figura 52: Placa A1 – Concreto referência (sem fibras) – fissuras na ordem de 0,05mm à 0,3mm.
Data: 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor)



Figura 53: Placa A1 – Concreto referência (sem fibras) – fissuras por retração plástica (fissuras mapeadas) na ordem de 0,05mm à 0,3mm. Data 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor)

Nas placas de concreto sem fibras 0 g/m^3 de fibra por metro cúbico de concreto, surgiram fissuras por retração hidráulica na ordem de $0,05\text{mm}$ até $0,3\text{mm}$ de espessura e até 30 cm de comprimento paralela a menor dimensão da placa. E o acabamento da superfície das placas foi prejudicado por a alta temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento no dia da concretagem.

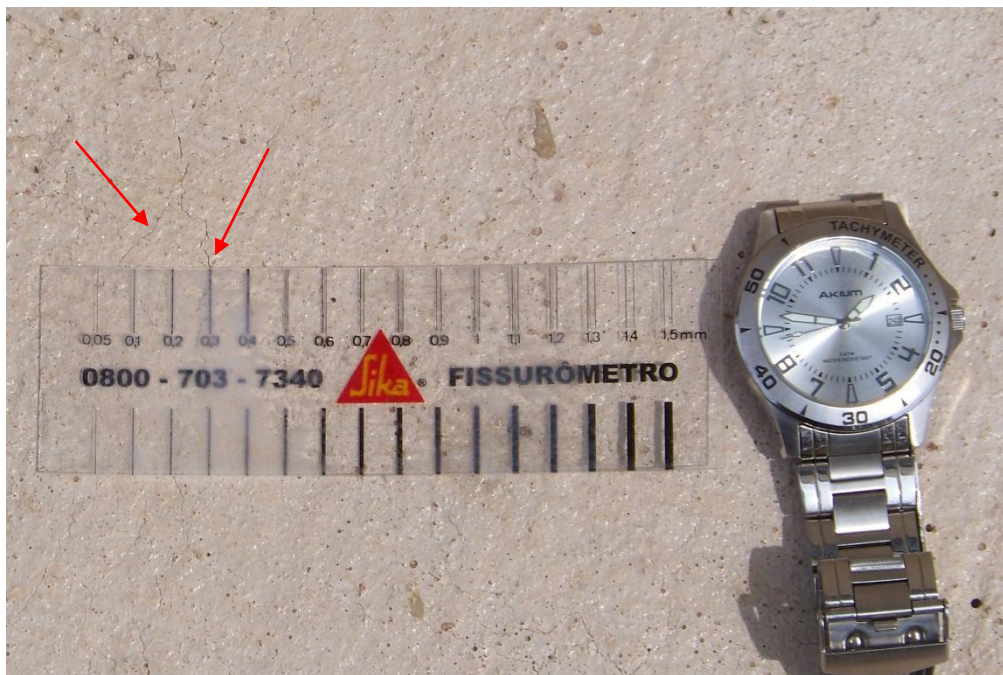


Figura 54: Placa A1 – Concreto referência (sem fibras), cura ao ar livre – Final do monitoramento do aparecimento de fissuras por retração plástica e hidráulica na ordem de $0,05\text{mm}$ a $0,3\text{mm}$ –
Data: 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor)

Discordando do comportamento esperado, as placas com 900 g/m^3 de fibras de polipropileno curadas ao ar livre fissuraram (Figuras 55 e 56). Acredita que este surgimento de fissuras se deu pela falta de trabalhabilidade do concreto nestas proporções de fibra, combinados com alta temperatura e baixa umidade relativa do ar. Sugere então quando utilizar teor de fibra de polipropileno igual ou superior a 900 g/m^3 , utilizar também um aditivos plastificantes para que a mistura fique melhor trabalhável.

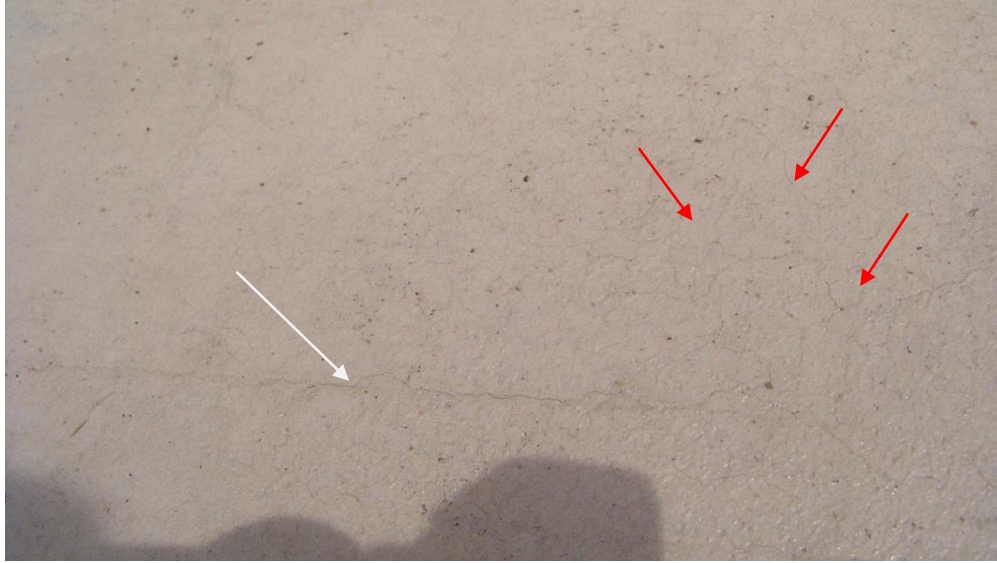


Figura 55: Placa G2 – Concreto com 900g/m^3 de concreto, cura ao ar livre– fissuras por retração plástica (fissuras mapeadas) na ordem de $0,05\text{mm}$. Data: 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor).



Figura 56: Placa G2 – Concreto com 900 g/m^3 de concreto, cura ao ar livre – fissuras por retração plástica (fissuras mapeadas) na ordem de $0,05\text{mm}$.

Na avaliação da eficiência das fibras de polipropileno no controle de fissuras por retração dos concretos, o teor de 450 g/m³ de fibras por metro de concreto mostrou neste experimento ter o melhor desempenho, pois não houve o surgimento de fissuras por retração plástica e hidráulica Figura 57.



Figura 57 – Concreto com 450g/m³ de concreto, cura úmida. Sem fissuras. Data: 26 de setembro de 2012. (Fonte: Autor.)

A incorporação com o teor de 450 g/m³ de fibras por metro cúbico de concreto mostrou-se eficiente na ação no controle de fissuras mapeadas denominadas “pés de galinha” que são as fissuras por retração plástica e também por retração hidráulica. Notou-se ainda uma diminuição da taxa de exsudação da água para superfície do concreto, evidenciado o mecanismo de ação das fibras. E em todas as placas com este teor de fibras, não foi observado o seu afloramento na superfície do concreto.

5. CONCLUSÕES

De forma geral, com base nos resultados dos experimentos tem-se que, os concretos curados por meio da cura úmida obtiveram maiores resistências à compressão se comparados com concretos curados ao ar livre e cura química.

Sabe-se que a microestrutura na região de interface entre a fibra e a matriz é diferente daquela encontrada no restante da pasta. Ocorre a formação de espaços preenchidos com água ao redor das fibras, devido à exsudação interna e ao empacotamento inerente dos grãos de cimento em torno da superfície da fibra, formando o efeito parede. E nesta região a relação água/cimento é maior e, portanto, mais porosa é a matriz, sendo também gerados cristais grandes de hidróxido de cálcio (CH), orientados perpendicularmente à superfície da fibra, criando uma zona preferencial de fratura, (BERTUR e MINDESS 1990).

Com base nos resultados deste experimento a incorporação de fibras de polipropileno aumenta a quantidade de vazios do concreto. De fato, nos concretos com fibras a absorção de água por poros capilares do concreto é maior e, conseqüentemente a sua resistência mecânica é menor.

No monitoramento do surgimento de fissuras em placas pôde-se verificar que, elevadas temperaturas interferem nas condições de evaporação da água empregada na produção do concreto, elevando os riscos de fissuração das peças. Neste experimento com placas de concretos, a incorporação de fibras de polipropileno em baixos teores 450 g/m³ de concreto influenciou no controle de fissuras por retração plástica e hidráulica, se comparadas com o concreto sem fibras 0 g/m³ e 900 g/m³ de concreto.

Aumentando-se o teor de fibras para 900 g/m³ perdeu-se um pouco do abatimento e da trabalhabilidade da mistura e surgiram fissuras por retração plástica e hidráulica. E nestes teores de fibras sugere-se a utilização de aditivos para melhorar a tralhabilidade da mistura.

Pode-se dizer ainda que em períodos quentes e baixa umidade relativa do ar a exemplo da cidade de Palmas – TO (local dos experimentos) a incorporação de fibras de polipropileno em baixos teores 450 g/m^3 pode contribuir não para o aumento de resistência a compressão, mas para controlar fissuras por retração plástica e hidráulica no concreto.

Sabe-se que esse trabalho faz parte de uma pesquisa adaptada de outras literaturas, onde foi realizada uma pequena quantidade de ensaios, e que esse assunto merece ser mais aprofundado. Entretanto, esse projeto foi de grande valia para contribuir com o conhecimento de concretagem em climas quentes e secos.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido a algumas limitações em relação à pesquisa, sugere-se que seja dada continuidade a este estudo dos tipos de cura e da utilização de fibras de polipropileno nos concretos produzidos em períodos quentes, como:

- Influência dos tipos de cura dos concretos produzidos em períodos quentes em relação à durabilidade das estruturas;
- Influência dos processos de cura dos concretos produzidos em períodos quentes utilizando concreto de alto desempenho;
- Influência da adição de diferentes teores de fibras de polipropileno dos concretos produzidos em períodos quentes utilizando aditivo plastificante;
- Influência dos processos de cura e da adição diferentes teores de fibras de polipropileno dos concretos produzidos em períodos quentes na retração plástica e hidráulica utilizando placas grandes áreas expostas e espessura inferior a 10 cm.
- Estudos que possam determinar a retração por secagem livre e retração restringida seguindo recomendações das normas ASTM C-157/93 e AASHTO PP34-99/05, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9779 – **Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1995.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248 – **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 52 – **Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 53 – **Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 7218 – **Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.** Rio de Janeiro, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11578 – **Cimento Portland composto – Especificação.** Rio de Janeiro, 1991.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7222 – **Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5438 – **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2003

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5439 – **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655 – **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2006

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12142 – **Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão corpos-de-prova prismáticos.** Rio de Janeiro, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14931 – **Execução de estruturas de concreto – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118 – **Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2007.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE COMMITTEE 305 - **Hot Weather Concreting. ACI 305R**. 1999. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/44854124/ACI-305R-10-Guide-to-Hot-Weather-Concreting> > Acesso em: 30 de março de 2012.

ANDRIOLO, Francisco Rodrigues, **Construção de concreto**: manual de praticas para controle e execução. São Paulo: PINI, 1984.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5º ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

BALAGURU, P.: **Contribution of fibers to crack reduction of cement composites during the initial and final setting period. Journal of Materials**. American Concrete Institute, May-June 1994.

BATTAGIN, A. F.; CURTI, R.; SILVA, C. O.; MUNHOZ, F. A. C. **Influência das condições de cura em algumas propriedades dos concretos convencionais e de alto desempenho. In: Congresso Brasileiro de Concreto, 44, 2003, Belo Horizonte**. Anais... Belo Horizonte: 2002.

BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fiber Reinforced Cementitious Composites**. United Kingdon Barking, Elsevier. 1990.

BESERRA, S. A. **Influência do tipo e do tempo de duração de cura nas propriedades mecânicas de concretos de alto desempenho (CAD) produzidos em período quente ($t > 25^{\circ}\text{C}$) e de baixa umidade relativa do ar ($h < 50\%$)**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) UFG. Goiânia, 2005.

CANOVAS, Manuel Fernandes, **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: PINI, 1988.

COUTINHO, A. de S. **Fabrico e propriedades do betão**. V. 1 Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1973.

DALL, MOLIN, D.C.C. **Contribuição aos estudos das propriedades mecânicas dos concretos de alta resistência com e sem adições de microfibras**. 1995. 286 f. (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo 1995.

FITESA. **As Fibras de Polipropileno e a Retração Plástica do Concreto**. Boletim Técnico nº 2, 2002. Disponível em: <www.fitesa.com.br>, Acesso em: 20 maio 2012.

FITESA. **As Influências das Fibras de Polipropileno na Exsudação do Concreto**. Boletim Técnico nº 3, 2002. Disponível em: <www.fitesa.com.br>, Acesso em: 13 maio 2012.

FITESA. **Uso de Fibras de Polipropileno para Reduzir a Reflexão de Concretos Projetados**. Boletim Técnico nº 5, 2003. Disponível em: <www.fitesa.com.br>, Acesso em: 20 maio 2012.

FITESA. **Uso de Fibras na Construção Civil**. Apostila Técnica nº 001, 2001. Disponível em: <www.fitesa.com.br>, Acesso em: 20 maio 2012.

HELENE, Paulo R. do Lago. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª ed. São Paulo: PINI 1992.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.
<http://www.inmet.gov.br/portal/> > Acesso em: 10/10/2012.

ISAIA, Geraldo Cechella, **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo IBRACON, 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, Adam Matthew, **Propriedades do Concreto**. 1ª Ed. São Paulo, PINI, 1982.

NEVILLE, Adam Matthew, **Propriedades do Concreto**. 2ª Ed. São Paulo, PINI, 1997.

NUNES, N.L.; FIGUEIREDO, A.D. **Retração do Concreto de Cimento Portland**. **Boletim Técnico**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SEAGRO - SECRETARIA DA AGRICULTURA, DA PECUÁRIA E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. <http://www.seagro.to.gov.br/conteudo.php?id=21> > Acesso em: 10/05/2012.

RODRIGUES, P. P .F.; MONTARDO, J. P.. **A influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos para pisos e pavimentos.** In: 44º Congresso Brasileiro do Concreto, Belo Horizonte, 2002. Anais... Belo Horizonte, IBRACON, 2002.

TANESI, Jussara, **Controle de fissuração por retração dos concretos reforçados com fibras de polipropileno.** Dissertação apresentada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

PETRUCCI, Eladio. G. R. **Concreto de cimento Portland.** 13º ed. São Paulo: Globo, 1998.

PETRUCCI, Eladio. G. R. **Concreto de cimento Portland.** 14º ed. São Paulo: Globo, 2005.