



2013

Concreto translúcido: estudo experimental sobre a fabricação
de painéis de concreto com fibra ótica e as suas aplicações na arquitetura.



Universidade de Brasília
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Dissertação de mestrado

Concreto Translúcido:

estudo experimental sobre a fabricação de painéis
de concreto com fibra ótica e as suas aplicações na
arquitetura.

Laura Margarita Cadavid Restrepo.
Brasília D.F.
2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de
Brasília. Acervo 1008727.

C121c Cadavid Restrepo, Laura Margarita.
Concreto translúcido : estudo experimental sobre a
fabricação de painéis de concreto com fibra ótica
e as suas aplicações na arquitetura / Laura Margarita
Cadavid Restrepo. -- 2013.
xx, 134 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2013.

Inclui bibliografia.

Orientação: Márcio Augusto Roma.

1. Iluminação (Arquitetura e decoração). 2. Concreto.
3. Cabos de fibra ótica. I. Buzar, Márcio Augusto Roma.
II. Título.

CDU 72.011.22



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
ARQUITETURA E URBANISMO

CONCRETO TRANSLÚCIDO:
ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A FABRICAÇÃO DE PAINÉIS DE CONCRETO
COM FIBRA ÓTICA E AS SUAS APLICAÇÕES NA ARQUITETURA

LAURA MARGARITA CADAVID RESTREPO

Brasília - DF
2013

LAURA MARGARITA CADAVID RESTREPO

CONCRETO TRANSLÚCIDO:
ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A FABRICAÇÃO DE PAINÉIS DE CONCRETO
COM FIBRA ÓTICA E AS SUAS APLICAÇÕES NA ARQUITETURA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília – UnB, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Doutor Marcio Augusto Roma Buzar
Universidade de Brasília.

Brasília - DF

2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

CONCRETO TRANSLÚCIDO:
ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A FABRICAÇÃO DE PAINÉIS DE CONCRETO
COM FIBRA ÓTICA E AS SUAS APLICAÇÕES NA ARQUITETURA

LAURA MARGARITA CADAVID RESTREPO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À PÓS – GRADUAÇÃO DA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO.

APROVADA POR:

MARCIO AUGUSTO ROMA BUZAR, PhD. (UnB)
(ORIENTADOR)

JOÃO DA COSTA PANTOJA, PhD PUC (ENC - UniCEUB)
(EXAMINADOR INTERNO)

RAFAEL ALVES DE SOUZA, PhD USP (DEC-UEM)
(EXAMINADOR EXTERNO)

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Laura Margarita Cadavid Restrepo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Concreto Translúcido: estudo experimental sobre a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica e as suas aplicações na arquitetura.

GRAU / ANO: Mestre / 2013

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias dessa dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Ao autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do mesmo.

Laura Margarita Cadavid Restrepo

SQN 410/411 bloco A sala 22 Studios Center

CEP: 70865-400 Brasília/DF - Brasil

"Para ser arquitecto hace falta tener un sueño, ideales y la energía física para mantenerlo, y espero que los jóvenes tengan esos sueños y esa energía que los ayude a mantenerlos."

"Realmente, hay que tomarse muy en serio los sueños."

Tadao Ando, Arquitecto Japonés

A mis padres por la luz de mi vida,
Por incentivarme en las metas de la vida;
A mis hermanos y resto de mi familia por el apoyo incondicional;
Y a mi novio por la paciencia, dedicación y amor.

AGRADECIMENTO

Agradeço a DEUS e à VIRGEM, a luz que ilumina os meus passos, pela saúde, dom da vida e graças alcançadas;

Aos meus pais, exemplos de vida e perseverança, sempre me estimulando nos desafios da vida entendendo minha ausência. Deixo aqui meu agradecimento pela paciência, amor e apoio incondicional;

Aos meus irmãos, pela ajuda e por ceder sempre à bancada para que eu, enfim, terminasse!

Ao meu amor Juan, por ter aceitado, junto comigo, o desafio de aprender e persistir nesta ideia. Dividindo todas as angústias e alegrias desta pesquisa;

Ao orientador desta dissertação, Professor Dr. Marcio Augusto Roma Buzar, pela confiança, orientação, motivação, dedicação e apoio constante para a realização deste trabalho;

Aos professores membros da banca examinadora, que aceitaram participar e contribuir para avaliação e conclusão desta pesquisa;

Aos professores Jocinez Nogueira Lima, Ana Paula Abi-faiçal Castanheira e a equipe técnica do laboratório de ensaio e materiais do Centro Universitário de Brasília UniCEUB, pela disponibilidade, apoio, contribuições e importante auxílio nos ensaios no laboratório de materiais;

Ao técnico Severino do laboratório de ensaios e materiais – LEM do Departamento de engenharia civil e ambiental – ENC, Universidade de Brasília/UnB.

Aos meus queridos amigos da Fau/UnB, aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste estudo;

A todos os amigos que fiz durante esta caminhada, pela paciência que me ajudaram não só a contribuir o conhecimento, mas que me ensinaram mais sobre a vida.

Agradecimento especial a todos os professores e funcionários da Fau/UnB e a CAPES por me conceder a bolsa de estudos que foi fundamental para a conclusão da pesquisa.

RESUMO

A relação que a luz tem com o espaço justifica a importância da iluminação nos espaços arquitetônicos. Ao longo do tempo o homem precisou manipular diversos materiais, experimentando com novos elementos de construção com múltiplas fusões para lidar com a iluminação natural e artificial nos espaços construídos. Com a invenção do concreto tradicional, a arquitetura encontrou um aliado para a criação ilimitada de formas, outrora impensáveis. No entanto, apesar de oferecer inúmeras vantagens, o concreto apresentou algumas deficiências, principalmente, com relação à iluminação dos espaços. Isto tem representado um grande desafio para arquitetos e engenheiros que nas últimas décadas têm procurado um material que ofereça as propriedades construtivas do concreto, além de possuir características de passagem de luz. Diante do exposto, a presente dissertação tem por objetivo conhecer as principais características da composição do concreto com fibra ótica como material de construção e acabamento de edifícios, enfocando principalmente a resistência e a transmissão de luz em espaços arquitetônicos e sustentáveis.

Para tanto, são apresentados os resultados sobre o desempenho dos principais materiais utilizados na fabricação de painéis de concreto com fibra ótica através de uma pesquisa bibliográfica e ensaios de laboratório. Além disso, são expostas as conclusões gerais da dissertação, destacando a importância do concreto com fibra ótica, suas características fundamentais para a fabricação do painel, assim como, as recomendações para a elaboração de futuros trabalhos. Finalmente os testes realizados aos painéis de concreto mostram que as fibras óticas não alteram as propriedades do concreto, mantendo a resistência. Deste modo, o material pode se desempenhar como elemento estrutural e de iluminação, ampliando as possibilidades de projetar edificações com expressão estética, além de compatíveis com o meio ambiente.

Palavras-chaves: Arquitetura¹. Luz². Translucidez³. Fibra ótica⁴. Concreto⁵.

ABSTRACT

The relationship between light and space justify the relevance the lighting in architectural spaces. Over the time, the man needed to handle several materials and experiencing new buildings elements with multiple fusions for deal with the natural and artificial lighting. With the invention of the traditional Concrete the architecture found an ally for create unlimited shapes, previously unthinkable. The Concrete, despite to provide several advantages show some disadvantages, such as the lighting architectural spaces. This represented a big challenge for architects and engineers that last decades have sought a new material that offer structural and constructive properties of the Concrete, as well as allowing passage of light. Based on the above considerations, the aim to this paper is to know the main characteristics of the Concrete composition with Optical Fiber using it like building material and building finishing, focusing the material strength and light transmission in architectural and sustainable spaces.

Therefore, the study shows the results about performance of the main materials used to make Concrete with Fiber Optical panels, thought a literature research and laboratory tests. In addition, present global conclusions of the research, emphasizing the importance of Concrete with Optical Fiber, the key characteristics to make panels. Finally, the tests on the concrete panels show that the optical fibers do not affect the mechanical properties of material. Thus, it can be used as structural and illumination element, expanding the possibilities for design buildings with excellent aesthetic and environmental qualities.

Keywords: Architecture¹, light², Translucent³, Optical Fiber⁴, Concrete⁵.

RESUMEN

La relación que la luz posee con el espacio justifica la importancia de la iluminación en los espacios arquitectónicos. A través del tiempo el hombre siempre busco manipular diferentes materiales, experimentando con nuevos elementos de construcción con múltiples fusiones con el fin de manipular la iluminación natural y artificial en los espacios construidos. Con el invento del concreto tradicional, la arquitectura encontró un complemento para la creación ilimitada de formas, antiguamente impensables. A pesar de ofrecer innumerables ventajas, el concreto presenta algunas deficiencias, principalmente relacionadas a la iluminación de los espacios. Esto ha representado un grande desafío para los arquitectos e ingenieros que en las últimas décadas han buscado un material que ofrezca las propiedades constructivas del concreto, además de características tales como la transmisión de luz. De acuerdo con lo anterior, esta tesis tiene como objetivo conocer las principales características de la composición del concreto con fibra óptica como material de construcción y acabado de edificios, enfatizando principalmente en la resistencia y la transmisión de luz en espacios arquitectónicos y sustentables.

Para este propósito, son presentados los resultados sobre el desempeño de los principales materiales utilizados en la fabricación de paneles de concreto con fibra óptica por medio de una investigación bibliográfica y ensayos de laboratorio. Además, son expuestas las conclusiones generales de la tesis, destacando la importancia del concreto con fibra óptica, sus características principales para la fabricación de paneles, así como, las recomendaciones para la elaboración de futuros trabajos. Finalmente los ensayos realizados a los paneles de concreto muestran que las fibras ópticas no modifican las propiedades de concreto, conservando su resistencia. Por esta razón, el material se puede utilizar como un elemento estructural y de iluminación, ampliando las posibilidades de proyectar construcciones con expresión estética, además que sean compatibles con el medio ambiente.

Palabras-claves: Arquitectura¹. Luz². Translucidez³. Fibra óptica⁴. Concreto⁵.

SUMARIO

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Importância do Tema	2
1.2 Objetivo Geral.....	6
1.2.1 Objetivos Específicos	6
1.3 Procedimentos metodológicos	6
1.4 Estrutura da dissertação	7
CAPÍTULO II	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Arquitetura do concreto	10
2.2 Luz e Arquitetura	12
2.2.1 A luz e os materiais.	18
2.3 Translucidez.....	18
2.4 Fibra ótica	20
2.4.1 Tipo de fibras óticas (Monomodo e multimodo).....	21
2.4.1.1 Monomodo	21
2.4.1.2 Multimodo	21
2.4.2 Características da fibra ótica	22
2.4.3 Iluminação por meio da fibra ótica.....	23
2.4.4 Tipos de iluminação com fibra ótica	24
2.4.4.1 Iluminação tipo pontual.....	24
2.4.4.2 Iluminação tipo linear.....	25
2.5 Tecnologias do concreto	25
2.5.1 Concretos especiais	26
2.5.1.1 Concreto condutivo	26

2.5.1.2	Concreto autocalatrante	28
2.5.1.3	O concreto para isolamento térmico e acústico	29
2.5.1.4	Concretos drenante	29
2.5.1.5	Concreto aparente, colorido e branco	30
2.5.1.6	Concreto translúcido	30
CAPÍTULO III		32
3.	CONCRETO COM FIBRA ÓTICA (CONCRETO TRANSLÚCIDO)	33
3.1	Antecedentes históricos	33
3.2	O Material	37
3.3	Propriedades	42
3.4	Vantagens e desvantagens	42
3.4.1	Vantagens	42
3.4.2	Desvantagens	44
3.5	Quantidade de luz	44
3.6	Indústrias que fabricam o material, no mundo e no Brasil.	44
3.6.1	LiTraCon (Hungria)	44
3.6.2	Lucon (Alemanha)	45
3.6.3	Lucem Lichtbeton (Alemanha)	46
3.6.4	Dupont Lightstone (Dinamarca)	47
3.6.5	Pesquisa sobre o concreto translúcido nas universidades do Brasil	48
3.7	Outros tipos de concreto translúcido	49
3.7.1	Light Italcementi Group (Itália)	49
3.7.2	Concretos translúcidos Ilum (México)	50
3.8	O concreto translúcido no contexto da arquitetura	52
3.8.1	Litracon	52
3.8.1.1	Praça Estocolmo Suécia (2002)	52

3.8.1.2	Guarda-sol em uma casa particular (2004).....	53
3.8.1.3	Boutique Montblanc, Japão (2006).	54
3.8.1.4	Museu Cella Septichora (2006).....	55
3.8.1.5	Memorial de veteranos de Iberville Parish (2008)	57
3.8.2	Luccon	57
3.8.2.1	Luccon e o Arquiteto Kengo Kuma (Exposição Tóquio 2009).....	59
3.8.3	Lucem Lightbeton	61
3.8.3.1	Sede do banco da Geórgia 2011	61
3.8.3.2	Signal Iduna, Dortmund	62
3.8.3.3	Clinica Genk, Bélgica.....	63
3.8.3.4	Lucem cubo Rotterdam (2010).....	64
3.8.4	Light Italcementi (2010).....	65
CAPÍTULO IV.....		67
4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	68
4.1	Ensaio experimentais.....	68
4.1.1	Ensaio dos agregados.....	68
4.1.1.1	Determinação da massa unitária do agregado miúdo em estado solto NBR 7251/1982 68	
4.1.1.2	Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman NBR 9776/1987	69
4.1.1.3	Ensaio de umidade do agregado graúdo pelo método da secagem em estufa.....	70
4.1.1.4	Determinação da massa específica do agregado graúdo pela balança hidrostática NBR 9937/1987.....	71
4.1.1.5	Determinação da composição granulométrica de agregados para concretos e argamassas NBR 7217/1987.....	71
4.1.1.6	Determinação do teor de materiais pulverulentos NBR 7219/1987.....	73
4.1.2	Cimento Portland: Determinação do tempo de pega NBR NM 65/2003	74

4.1.3	O concreto	76
4.1.3.1	Dosagem	77
4.1.3.2	Abatimento ou slump teste	78
4.1.3.3	Moldagem de corpos-de-prova.....	80
4.1.3.4	Determinação da resistência à compressão	82
4.1.4	Iluminação	83
4.1.4.1	Ensaio de luminosidade.....	83
4.1.4.2	Medição de luminosidade.....	84
4.2	Descrição da fabricação dos protótipos de concreto com fibra ótica	86
4.2.1	Protótipo A	87
4.2.2	Protótipo B e C	91
4.2.3	Protótipo D	97
4.2.4	Protótipo E.....	100
CAPÍTULO V		107
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS	108
5.1	O concreto	108
5.1.1.1	Resultado de ruptura de corpos-de-prova – conjunto um com adição de fibra.....	108
5.1.1.2	Resultado de ruptura de corpos-de-prova – conjunto dois sem adição de fibra.....	111
5.1.1.3	Resultado de ruptura de corpos-de-prova – conjunto três sem adição de fibra.....	113
5.1.1.4	Resultado de ruptura de corpos-de-prova – conjunto quatro com adição de fibra...	114
5.2	Intensidade luminosa.....	115
5.2.1	Resultado experimental de iluminação natural no painel B e C.....	116
5.2.2	Resultado experimental de iluminação artificial no painel B e C	117
5.2.3	Resultado experimental de iluminação natural no painel E	118
5.2.4	Resultado experimental de iluminação artificial no painel E.....	118

CAPÍTULO VI.....	120
6. CONCLUSÃO E SUGESTÃO	121
CAPÍTULO VII.....	125
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
ANEXO I	
ANEXO II	

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas técnicas
AC	(alternating current) corrente alterna
CP	Cimento Portland
DF	Distrito Federal
LEDS	(Light Emitting Diode) Diodo emissor de luz
LEM	Laboratorio de ensaio de materiais
LITRACON	Light-Transmitting Concrete.
Mpa	Mega Pascal
NBR	Associação Brasileira de Normas técnicas
UNB	Universidade de Brasília
UNICEUB	Centro Universitário de Brasília
UNIVATES	Unidade integrada Vale do Taquari de Ensino Superior
UV	Ultravioleta

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Le Corbusier, Igreja Ronchamp, 1955.</i>	10
<i>Figura 2: A praça dos três poderes, Brasília D.F.</i>	11
<i>Figura 3: Termas de Vals, Peter Zumthor 1996.</i>	12
<i>Figura 4: Brad Cloepfil, Museu Clyfford still 2011.</i>	13
<i>Figura 5: O escritório de arquitetura EASTERN Office Design, Slit House.</i>	14
<i>Figura 6: Igreja da Luz, Osaka, Japão (1987 e 1989).</i>	15
<i>Figura 7: Igreja de Santa Maria de Marco de Canaveses. (1994 e 1996).</i>	16
<i>Figura 8: Centro Britânico de Arte da Universidade de Yale (1977).</i>	17
<i>Figura 9: Concreto translúcido (2012).</i>	19
<i>Figura 10: Estrutura cilíndrica básica da fibra ótica.</i>	20
<i>Figura 11: Iluminação de espaços com fibra ótica.</i>	23
<i>Figura 12: Iluminação desde uma fonte ate a fibra ótica.</i>	24
<i>Figura 13: Iluminação tipo pontual com fibra ótica.</i>	25
<i>Figura 14: Iluminação tipo linear com fibra ótica.</i>	25
<i>Figura 15: Concreto Condutivo.</i>	27
<i>Figura 16: Concreto Autocicatrizante ou autocurativo.</i>	29
<i>Figura 17: Concreto para isolamento térmico e acústico.</i>	29
<i>Figura 18: Concreto drenante.</i>	30
<i>Figura 19: Concreto Colorido.</i>	30
<i>Figura 20: Concreto Translúcido.</i>	31
<i>Figura 21: Modelo Bill Price Opacidade.</i>	34
<i>Figura 22: Aron Losonczi 2001.</i>	35
<i>Figura 23: Formas em Plexiglas.</i>	36
<i>Figura 24: Concreto Translúcido.</i>	38
<i>Figura 25: Concreto com fibra ótica.</i>	39
<i>Figura 26: Tecido de fibra ótica.</i>	40
<i>Figura 27: Molde concreto com fibra ótica.</i>	40
<i>Figura 28: Parede fabricada com painéis de concreto translúcido.</i>	41
<i>Figura 29: Concreto translúcido com fibra dispostas organicamente.</i>	43
<i>Figura 30: Concreto translúcido em cores.</i>	43
<i>Figura 31: LiTraCon 2001.</i>	45
<i>Figura 32: Luccon Venner, Kengo Kuma, Tokyo Japan 2009.</i>	46

<i>Figura 33: Lucem</i>	46
<i>Figura 34: Dupont Lightstone</i>	47
<i>Figura 35: Concreto translúcido Universidade univatés</i>	48
<i>Figura 36: Concreto Translúcido fabricado pela empresa Dosacon</i>	49
<i>Figura 37: Primeiros experimentos Italcementi Grupo em 2008</i>	50
<i>Figura 38: ILUM 2005</i>	51
<i>Figura 39: ILUM, com objetos à vista pela transparência</i>	51
<i>Figura 40: Praça Estocolmo Suécia (2002)</i>	52
<i>Figura 41: Praça estocolmo, suecia (2002)</i>	52
<i>Figura 42: Praça estocolmo, suecia (2002)</i>	53
<i>Figura 43: Casa Budapeste (2004)</i>	53
<i>Figura 44: Montblanc Boutique – paredes interiores iluminadas (2006)</i>	54
<i>Figura 45: Montblanc Boutique – paredes interiores iluminadas (2006)</i>	54
<i>Figura 46: Porta de entrada principal do Museu Cella Septichora (2006)</i>	55
<i>Figura 47: Porta de entrada principal do Museu Cella Septichora (2006)</i>	56
<i>Figura 48: Porta de entrada principal do Museu Cella Septichora (2006)</i>	56
<i>Figura 49: Memorial de veteranos de Iberville Parish (2008)</i>	57
<i>Figura 50: Memorial de veteranos de Iberville Parish (2008)</i>	57
<i>Figura 51: Shopping center SFC Emirados Árabes</i>	58
<i>Figura 52: Bloco fabricado com concreto translúcido</i>	58
<i>Figura 53: Escadas em concreto translúcido</i>	58
<i>Figura 54: Loja JBR Fashion, Marina Walk, Dubai</i>	59
<i>Figura 55: Balcão de Bar fabricado em concreto translúcido</i>	59
<i>Figura 56: Concreto Translúcido com fibras plásticas ESKA</i>	60
<i>Figura 57: Concreto translúcido, Kengo Kuma – Luccon exposição de</i>	60
<i>Figura 58: Concreto translúcido, Kengo Kuma – Luccon exposição de Tóquio Fiber 2009</i> ..	61
<i>Figura 59: Concreto translúcido, Kengo Kuma – Luccon exposição de Tóquio Fiber 2009</i> ..	61
<i>Figura 60: A sede do Banco da Geórgia, Tbilisi (2011)</i>	62
<i>Figura 61: A sede do Banco da Geórgia, Tbilisi (2011)</i>	62
<i>Figura 62: Entrada dos elevadores e nas salas de aulas</i>	63
<i>Figura 63: Entrada dos elevadores e nas salas de aulas</i>	63
<i>Figura 64: Sala de espera e escritórios da Clinica Genk, Belgica</i>	64
<i>Figura 65: Lucem Cubo Rotterdam 2010</i>	64
<i>Figura 66: Pavilhão Italiano na Expo Mundial de Shanghai empresa Italcementi (2010)</i> ..	65

<i>Figura 67: Pavilhão Italiano na Expo Mundial de Shanghai da empresa Italcementi (2010).</i>	65
<i>Figura 68: Pavilhão Italiano na Expo Mundial de Shanghai da empresa Italcementi (2010).</i>	66
<i>Figura 69: Determinação da massa unitária de agregados no estado solto.</i>	69
<i>Figura 70: Frasco de Chapman.</i>	69
<i>Figura 71: Agregado miúdo, método estufa.</i>	70
<i>Figura 72: Balança Hidrostática.</i>	71
<i>Figura 73: Peneiras para a determinação da granulometria do agregado. Agitação manual e mecânica.</i>	72
<i>Figura 74: Estufa para determinar o material pulverulento.</i>	73
<i>Figura 75: Batedeira para ensaio do início e fim de pega.</i>	74
<i>Figura 76: Aparelho de Vicat com sonda Vicat no experimento.</i>	75
<i>Figura 77: Cone de Abrams, ensaio de abatimento.</i>	78
<i>Figura 78: Abatimento no cone de Abrams, preenchimento em três camadas.</i>	79
<i>Figura 79: Ensaio de Abatimento cone de Abrams.</i>	80
<i>Figura 80: Corpo-de-prova 10x20 cm.</i>	81
<i>Figura 81: Moldagem de Corpos-de-prova.</i>	81
<i>Figura 82: Câmara úmida para corpos-de-prova.</i>	82
<i>Figura 83: Rompimento de corpos-de-prova, ensaio de resistência à compressão.</i>	82
<i>Figura 84: Ruptura de corpos-de-prova para ensaio de resistência à compressão.</i>	83
<i>Figura 85: Luxímetro Digital MLM-1011, Minipa.</i>	84
<i>Figura 86: Lâmpada de escritório.</i>	85
<i>Figura 87: Caixa preta com luxímetro.</i>	85
<i>Figura 88: Intensidade luminosa de luz solar e artificial.</i>	86
<i>Figura 89: fibra ótica com diâmetros da ordem de 0.3, 0.5, e 1.0 mm.</i>	87
<i>Figura 90: Formas em isopor com fibra ótica fixa.</i>	87
<i>Figura 91: Forma de isopor com fibras óticas em forma de tela.</i>	88
<i>Figura 92: Bloco de concreto com fibras óticas.</i>	88
<i>Figura 93: Fluxo de processo de fabricação do bloco do protótipo A.</i>	91
<i>Figura 94: Fita adesiva com fibra ótica.</i>	92
<i>Figura 95: Fibra ótica fixada nas guias de madeira.</i>	92
<i>Figura 96: Forma de isopor com fibra ótica fixadas nas guias de madeira.</i>	93

<i>Figura 97: Forma completa de isopor com fibra ótica pronta para a colocação do concreto.</i>	93
<i>Figura 98: Painel de concreto com fibras à vista e guias de madeira.</i>	94
<i>Figura 99: Painéis de concreto com fibra ótica polida e acabada.</i>	94
<i>Figura 100: Painel de concreto com fibra ótica, com transmissão de luz.</i>	95
<i>Figura 101: Fluxo de processo de fabricação dos protótipos B e C.</i>	97
<i>Figura 102: Forma em isopor.</i>	98
<i>Figura 103: Fibras óticas e argamassa colocada uma acima da outra.</i>	98
<i>Figura 104: Forma de isopor com concreto e fibras óticas.</i>	99
<i>Figura 105: Bloco de concreto com fibra ótica sendo cortado.</i>	99
<i>Figura 106: Disposição das placas cortadas demonstrando transmissão de luz através do concreto.</i>	100
<i>Figura 107: Concreto convencional e fibra ótica.</i>	101
<i>Figura 108: Mescla de concreto feito em recipiente plástico e colher de pedreiro.</i>	101
<i>Figura 109: Forma de madeira com camadas de concreto e fibra ótica.</i>	102
<i>Figura 110: Retirada da forma de madeira.</i>	102
<i>Figura 111: Corte do bloco com fibras óticas em placas.</i>	103
<i>Figura 112: Painel de concreto com fibra ótica.</i>	103
<i>Figura 113: Painel final de concreto com fibra ótica.</i>	104
<i>Figura 114: Fluxo de processo de fabricação do bloco dos protótipos D e E.</i>	106
<i>Figura 115: Resultado da tração feito no laboratório de materiais.</i>	109
<i>Figura 116: Resultado da mistura de concreto com fibra ótica.</i>	110
<i>Figura 117: Corpos de prova, ensaio de resistência à compressão.</i>	110
<i>Figura 118: Corpos de prova com fibra ótica.</i>	111
<i>Figura 119: Pouco incremento da trabalhabilidade do concreto.</i>	112
<i>Figura 120: Resulta do traço de concreto com mudança no cimento.</i>	114
<i>Figura 121: Corpo-de-prova de concreto com fibra ótica.</i>	115
<i>Figura 122: Caixa preta com luxímetro para medir a intensidade luminosa.</i>	116
<i>Figura 123: Resultado da intensidade luminosa do painel de concreto com fibras óticas.</i>	117
<i>Figura 124: Caixa preta com maior abertura a céu aberto.</i>	118
<i>Figura 125: Resultado da intensidade luminosa em espaços fechados utilizando luz artificial.</i>	119

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Dosagem de concreto simples e armado na região de Brasília - DF.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabela 2: Resultados dos ensaios conjunto um com adição de fibra ótica - corpos-de-prova.</i>	<i>108</i>
<i>Tabela 3: Resultados do ensaio conjunto dois sem adição de fibra ótica - corpos-de-prova.</i>	<i>112</i>
<i>Tabela 4: Resultados do ensaio conjunto três sem adição de fibras - corpos-de-prova.</i>	<i>113</i>
<i>Tabela 5: Resultados do ensaio conjunto quatro corpos-de-prova com adição de fibra ótica.</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 6: Resultado intensidade luminosa natural painéis B e C, concreto com fibra ótica.</i>	<i>116</i>
<i>Tabela 7: Resultado intensidade luminosa artificial nos painéis B e C.</i>	<i>117</i>
<i>Tabela 8: Resultado intensidade luminosa natural no painel E, concreto com fibra ótica... </i>	<i>118</i>
<i>Tabela 9: Resultado intensidade luminosa artificial no painel E, concreto com fibra ótica. </i>	<i>119</i>

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: <i>Resultado granulométrico agregado miúdo.</i>	18
Gráfico 2: <i>Resultado granulométrico agregado graúdo.</i>	19
Gráfico 3: <i>Resultado determinação do início e fim de pega.</i>	21

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Importância do Tema

O concreto como elemento de construção foi empregado desde tempos antigos, utilizada pelos egípcios com gesso calcinado; pelos gregos com os calcários calcinados e os romanos aprenderam e que posteriormente, a misturar cal, água, areia e pedra fragmentada; logo, no século XX no período modernista até os dias atuais. Desde seu aparecimento até hoje o concreto vem se desenvolvendo com a incorporação de técnicas e tecnologias, criando assim novos materiais e novos aditivos.

Diante disto, o objetivo principal do concreto era oferecer materiais resistentes e duráveis que combinados com tecnologias e aditivos permitissem o desenvolvimento e inovação do material, com a finalidade de reforçar ou melhorar certas características, ampliando suas possibilidades de uso. A versatilidade nos espaços construídos, técnicas e efeitos que se apresentam, são alguns das características que evidenciam seu grande uso como elemento principal das construções no mundo.

Portanto, o concreto como material de construção é um dos mais pesquisados, seja na condição de concreto armado ou concreto simples, onde nos últimos anos têm se avançado, sobretudo nos concretos de alto desempenho. Estas pesquisas têm gerado um campo vasto de conhecimento e de novas tecnologias aplicadas à produção de estruturas de concreto. É assim, como o concreto como material de construção adquire um papel importante na construção de espaços onde o arquiteto tem a necessidade de inovar e estabelecer novas tendências na arquitetura.

Atualmente o concreto é um dos materiais destinado à construção de moradias e infraestruturas, contribuindo mundialmente no melhoramento da qualidade do ambiente construído, tornando-se agradável para o homem. Diante disto, o concreto oferece multiplicidade de possibilidades, de formas e dimensões, assim como a diversos aspectos visuais.

O desafio é apresentar e colocar ao alcance da indústria da construção novos materiais que ofereçam opções de melhoramento do espaço. Neste contexto, o concreto translúcido aparece como uma possível resposta a uma serie de demandas de novos produtos que ofereçam resistência, qualidade e expressão estética, que possam ser aplicados de forma continua e crescente na construção civil.

O concreto como elemento estrutural que ficava oculto detrás da pintura, passa a ganhar novas funções na arquitetura, inclusive como elemento principal na composição arquitetônica, com aplicações que garantem uma boa expressão plástica e estética, provocando a transformação do espaço com característica da evolução e qualidades da vida.

Entretanto, as novas técnicas e os novos materiais incorporam metodologias de fabricação de concretos com alto rendimento, que surgem devido à evolução do uso de outros compostos e aditivos. Fato que, eleva a alta demanda por melhorar a qualidade de concretos, o que leva a experimentar e incorporar mudanças progressivas na construção civil, permitindo ampliar o conhecimento sobre o material e avançar ainda mais no desenvolvimento de novas tecnologias.

Diante deste panorama, considera-se a necessidade de buscar e ampliar o conhecimento produzido sobre o concreto translúcido e as suas técnicas de fabricação, considerando que, ao ser um material ainda em etapa de desenvolvimento, existem certas limitações quanto às fontes de informação. Portanto, ao não existirem muitas informações bibliográficas em relação ao material, estabelece-se certas barreiras para divulga-lo em um contexto acadêmico. Por outro lado, essa falta de informação e conhecimento gera desconfiança para a utilização e aplicação de novas tecnologias referentes ao concreto, o que não permite que o material seja bem explorado.

Segundo Nogueira (2006), no Brasil, o concreto tornou-se um símbolo de desenvolvimento tecnológico nacional, empregado desde então nas principais obras do país. É assim, como a raiz de outros fatores que contribuíam para o incremento do uso do concreto na construção e a descoberta de propriedades específicas do novo material proporcionou um grande desenvolvimento da sua tecnologia, sobretudo a partir da década de 30.

As soluções arquitetônicas passaram a evidenciar um extenso leque de possibilidades que se poderiam extrair do concreto. Elementos novos como coberturas-terraço, os pilotis, as janelas de grandes vãos, todas essas inovações somente se tornaram possíveis como o emprego do concreto armado. Assim, tornou-se um método de construção utilizado na maior parte das edificações novas no Brasil.

A evolução da tecnologia do concreto marca uma etapa importante na história do Brasil. Novas tecnologias aplicadas à indústria do concreto para a obtenção de novos materiais mostram resultados com maiores qualidades. Toda essa evolução incrementou a

diversificação dos cimentos e concretos, por meio da incorporação de pigmentos de adições, de aditivos e fibras.

São muitas as possibilidades de formas e dimensões inerentes ao concreto, aliado aos diversos aspectos visuais possíveis dados pelas cores, texturas, iluminação. Conferem-lhe a característica de material extraordinariamente versátil para a aplicação estrutural e estética nas construções, unindo desta forma, capacidade criadora à técnica que aplicada adequadamente, resulta em arquitetura resistente, harmoniosa, audaz, durável e sustentável.

Por outro lado, existem outras características que, junto com o concreto possibilitam uma maior exploração na busca de tornar os espaços mais confortáveis, dentre elas, a iluminação natural. Assim, a luz natural faz parte dos elementos que constituem um projeto construtivo, assim como, parte do sistema ambiental. Identifica-se, portanto, a necessidade de adaptar materiais que cumpram com as demandas expressadas pelos usuários de uma construção. Portanto, a incorporação de fibras óticas no concreto convencional enriquece a obra arquitetônica, dando às edificações um novo caráter como é a iluminação, com relação aos materiais e à expressão plástica.

A importância do aproveitamento de luz natural na arquitetura transcende a questão da necessidade de redução do consumo de energia e boa iluminação, valorizando cada vez os espaços, graças a materiais que podem ser desenvolvidos e que contribuem satisfatoriamente com as necessidades de habitação, serviço, lazer e as quais estão associados ao conforto e ao conceito de qualidade ambiental. (AMORIM, 2002 *apud* TOLEDO, 2008, p. 1).

A forma como os materiais como o tijolo, o reboco, a argamassa e a pintura são utilizados, evoluem constantemente, as tecnologias tradicionais não perderam lugar para novos processos construtivos. Deste modo, o concreto com fibra ótica, pode complementar e integrar-se às tecnologias tradicionais sem criar um forte impacto no campo da construção civil.

No campo da construção uma das principais vantagens do concreto com fibra ótica é de transformar ambientes em espaços cheios de luz e vida, aplicando técnicas e uso do novo material, como elemento que trabalhe a iluminação de forma adequada e expressão plástica, associada ao conforto e ao conceito de luz natural na arquitetura.

Conhecido como concreto translúcido, este inovador material está sendo desenvolvido nos últimos anos por algumas empresas e aponta a ser um material que em poucos anos, tornará os ambientes construídos em uma nova experiência. O material está constituído por uma mescla de concreto convencional e fios de fibra ótica que transmitem a luz seja natural ou artificial, em todos os sentidos donde a fibra é colocada. Além disso, pode oferecer uma contribuição na eficiência energética nas edificações, convertendo o material em um elemento iluminador em espaços interiores.

A mistura de concreto com pequenas fibras óticas dispostas paralelamente, é o resultado do que é conhecido como concreto translúcido. Produzido em pequenos blocos e painéis pré-fabricados, as fibras óticas são as encarregadas de transportar a luz de um lado do bloco para outro, sem interromper a visão das sombras nas superfícies e cores ao lado oposto onde for aplicada uma determinada fonte de luz. A quantidade de fibras óticas pode variar entre 4% e 6% em comparação com o volume total do bloco.

Neste sentido faz-se necessário considerar o concreto como um elemento de desenvolvimento tecnológico, que busca não só a resistência e durabilidade do material, se não também, a expressão plástica, oferecendo ao arquiteto e construtor uma ampla gama de possibilidades de utilização, por suas características, processos construtivos, qualidades e vantagens arquitetônicas.

Deste modo, cabe salientar, que a inovação com o uso do concreto tem permitido mediante o desenvolvimento das descobertas científicas de outras áreas da ciência, a renovação da indústria da construção, considerado ampliar as fronteiras dos materiais tradicionais opacos por excelência como é o concreto, possibilitando características de transparência e a translucidez.

É de se esperar, que em um futuro próximo, o concreto continue aperfeiçoando-se, melhorando suas características mecânicas e reduzindo, pouco a pouco, os defeitos que como qualquer outro material de construção possui como são a corrosão, agrupamento de agregados, infiltração de água, estruturais e defeitos relativos ao acabamento que causam fissuras internas, com o qual suas perspectivas de utilização serão cada vez mais prometedoras.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é estudar as características da composição do concreto com fibra ótica, possibilitando o emprego do material como elemento estrutural-arquitetônico, aproveitando a propriedade de transmissão de luz, para a iluminação de espaços arquitetônicos e urbanos.

Atingir este objetivo implica assumir a hipótese, que o concreto com fibra ótica pode contribuir ao desenvolvimento de alternativas de aproveitamento da iluminação natural por meio da passagem de luz no concreto, apresentando novas técnicas no comportamento de materiais, além de contribuir com o meio ambiente na diminuição no consumo de energia.

1.2.1 Objetivos Específicos

Para que este objetivo geral acima citado seja alcançado, definiremos quatro objetivos específicos:

- a) Revisão bibliográfica identificando diferentes autores de projetos e pesquisas já realizados sobre o concreto com fibra ótica até o presente momento.
- b) Identificar os possíveis materiais que possam ser incorporados para o melhoramento deste novo material.
- c) Apresentar os potenciais da fabricação de painéis de concreto com fibra ótica no uso de processos construtivos, visando criar novas formas e tendências nos espaços arquitetônicos e urbanos.
- d) Descrever e analisar técnicas e métodos de aplicação e uso da fibra ótica em painéis de concreto por meio da realização de ensaios de laboratório.

1.3 Procedimentos metodológicos

A metodologia adotada no trabalho seguiu as seguintes etapas:

- Coleta de dados bibliográficos baseada na busca de diferentes experiências e procedimentos do concreto como elemento fundamental para a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica;

- Coleta de dados referentes a pesquisas desenvolvidas, encontradas em documentos, livros, revistas, artigos e paginas web sobre experimentações e construções feitas com este sistema construtivo;
- Experiências tecnológicas que estão sendo feitas e sua aplicação na construção tradicional, permitindo conhecer os benefícios, limites, adaptações e aplicações;
- Estudo dos produtos e materiais utilizados para a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica para uso estético e de iluminação;
- Experimentos em laboratório com a fabricação de corpos-de-prova de concreto com fibra ótica, visando principalmente comprovar as propriedades do material, assim como os materiais adequados e a metodologia para sua fabricação.

1.4 Estrutura da dissertação

Para o desenvolvimento da presente dissertação foi realizado um conjunto de levantamentos bibliográficos sobre o concreto translucido e a transmissão de luz. Este partiu da pesquisa acadêmica considerando dissertações, teses e artigos em periódicos sobre o tema. Foram pesquisadas as empresas fabricantes do material no mercado atualmente. Em sua estrutura a dissertação divide-se em seis capítulos que constituem a fundamentação teórica do estudo e o estudo experimental.

Neste primeiro capítulo (**Introdução**), apresentam-se as motivações e justificativas para o desenvolvimento do trabalho, objetivos, procedimentos metodológicos utilizados durante a pesquisa, bem como a divisão dos capítulos da dissertação.

No segundo capítulo (**Revisão Bibliográfica**), são apresentados e analisados os conceitos ao abordar os cinco principais temas envolvidos, arquitetura, luz, translucidez, fibra ótica e tecnologia do concreto, para o desenvolvimento da pesquisa.

No terceiro capítulo aborda (**Concreto com fibra ótica**), o principal elemento desta pesquisa, o concreto com fibra ótica, antecedentes, patentes, vantagens frente a outros materiais, propriedades, estudos feitos com o concreto com fibra ótica, indústrias e países que estão desenvolvendo o material e as construções onde tem sido aplicado.

No quarto capítulo descreve-se (**Estudo Experimental**), e a execução de experimentos para a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica no laboratório, técnicas e métodos de fabricação de corpos-de-prova para o ensaio de resistência à compressão com

fibra ótica e sem fibra ótica e os ensaios de luminosidade do concreto com fibra ótica, permitindo o controle detalhado das principais variáveis envolvidas: resistência, luminosidade (translucidez), método de disposição das fibras no concreto.

No quinto capítulo (**Resultados**), apresentam-se os resultados obtidos na pesquisa e descrevem-se os ensaios realizados para a construção do modelo de painel de concreto translúcido, por meio de *Figura e Tabelas*.

No sexto capítulo (**Conclusão e sugestões**), são apresentadas a conclusão ou consideração final deste trabalho onde também são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO II
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Arquitetura do concreto

As grandes inovações técnicas na arquitetura moderna surgiram no final do século XIX. Materiais como o aço e o concreto armado ofereceram ao arquiteto possibilidades de criação, tornando-se completamente diferente aos estilos vistos até então. É assim, que o concreto como material de construção, assume uma posição respeitável na arquitetura sendo especialmente valorado por sua adaptabilidade de formas e resistência. É por isso, que apesar da tardia descoberta por arquitetos deste material, as grandes possibilidades empregadas estão sendo desenvolvidas já entrando na atualidade, ainda, sem encontrar limites.

No século XX, o concreto foi reconhecido como um material não apenas estrutural. Sua aplicação na arquitetura teve seu maior reconhecimento graças a arquitetos como Walter Gropius, Ludwig Mies van der Rohe e Le Corbusier, que mais tarde foram catalogados como pioneiros da arquitetura do concreto, por revolucionar a arquitetura, ao transformar o material não só em um objeto estrutural, senão também uma expressão estética como ilustra a *Figura 1*.



Figura 1: Le Corbusier, Igreja Ronchamp, 1955.
Fonte: <http://www.archdaily.com.br>

A utilização de formas simples, geométricas e desprovidas de ornamentação valoriza o emprego dos materiais como o concreto em detrimento do reboco e a pintura, dando início ao desenvolvimento da arquitetura do concreto. Integrado por quatro elementos essenciais: cimento, areia, pedra britada e água, o concreto armado é um conglomerado heterogêneo. Estes elementos misturados resultam numa massa pastosa, a qual é colocada em moldes e

oportunamente armada endurece em pouco tempo, devido a reações químicas, alcançando uma resistência adequada para ser aplicado em qualquer tipo de construção.

A propriedade de adoção das mais variadas formas torna-o um material de infindáveis aplicações no campo da construção civil como ilustra a *Figura 2*. Essa possibilidade permite ao arquiteto diversos recursos de criação, não oferecidos por nenhum outro material. Portanto, ao considerar o concreto armado como um elemento arquitetônico, ou seja, como um meio de expressão estética, este pode-se tornar um elemento não só estrutural, mas também, um elemento da composição plástica da edificação.



Figura 2: A praça dos três poderes, Brasília D.F.

Fonte: <http://galm2012.wordpress.com>

Hoje, o concreto armado é um dos materiais mais importantes e usados no mundo. Seu potencial parece quase inesgotável e inovador, tornando-o um material valioso para os conceitos de nova arquitetura que proporciona expressão plástica, relacionada a novas tecnologias.

Melhorando a qualidade de resistência do concreto não só com aço, o arquiteto busca outros materiais que misturados com o concreto ofereçam elementos que aportam resistência e estética. Assim, a fibra ótica (condutor de luz) é um dos materiais que misturados ao concreto permite novas composições estéticas no uso de concreto.

Atualmente, a arquitetura moderna se vale muito da expressão plástica proporcionada pelo concreto. Por tal razão, o papel da estrutura adquire uma importância cada vez mais definida nos projetos arquitetônicos como ilustra a *Figura 3*. Características de resistência e durabilidade além da expressão plástica evidenciam os efeitos explorados pelo concreto como material de construção para criar novos espaços arquitetônicos.

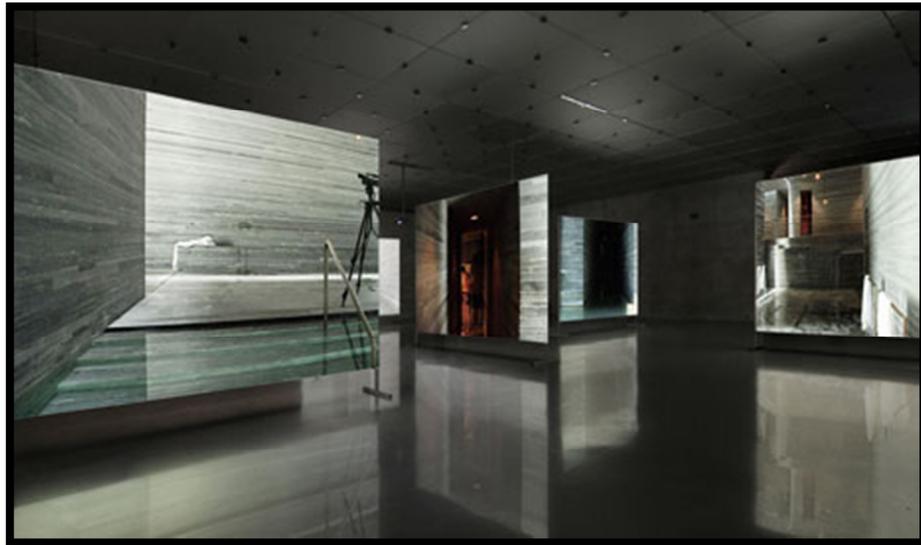


Figura 3: *Termas de Vals, Peter Zumthor 1996.*

Fonte: <http://www.experimentadesign.pt/2009/warm-up/pt/0402.html>

A inovação de tecnologias para os novos materiais como o concreto permite gerar novos elementos que possam assegurar exigências de resistência, rigidez, estabilidade e equilíbrio. A busca de conforto do homem e da economia de energia são aspectos que favorecem o desenvolvimento dos novos materiais na construção civil.

2.2 Luz e Arquitetura

As crescentes necessidades surgidas nos últimos anos, relacionados aos aspectos do espaço construído e a utilização de recursos naturais como a luz na arquitetura, vêm encontrar um compromisso de diversos tipos, dentre as quais os requisitos funcionais, estéticos, ambientais e econômicos devem ser resolvidos na obra arquitetônica de maneira satisfatória.

Segundo Amorim (2007):

Hoje prementes no contexto mundial da arquitetura, pode-se dizer que a luz natural e todas as suas implicações no projeto têm uma importante dimensão, do ponto de vista ambiental, funcional e qualitativo da arquitetura. Incorporar a luz natural no processo de projeto de forma coerente, otimizando seus benefícios e minimizando impactos negativos, torna-se crucial (AMORIM, 2007, p. 57).

Aspectos mais específicos como a quantidade e qualidade da luz no espaço construído como ilustra a *Figura 4*, têm influencia direta na maneira como as coisas são vistas e os impactos que podem acarrear a luz natural como fonte importante no momento de desenvolver ambientes adequados para o homem. Tanto a luz natural quanto a artificial, possuem suas próprias características e diferentes atributos qualitativos que devem ser aproveitados nos projetos arquitetônicos.

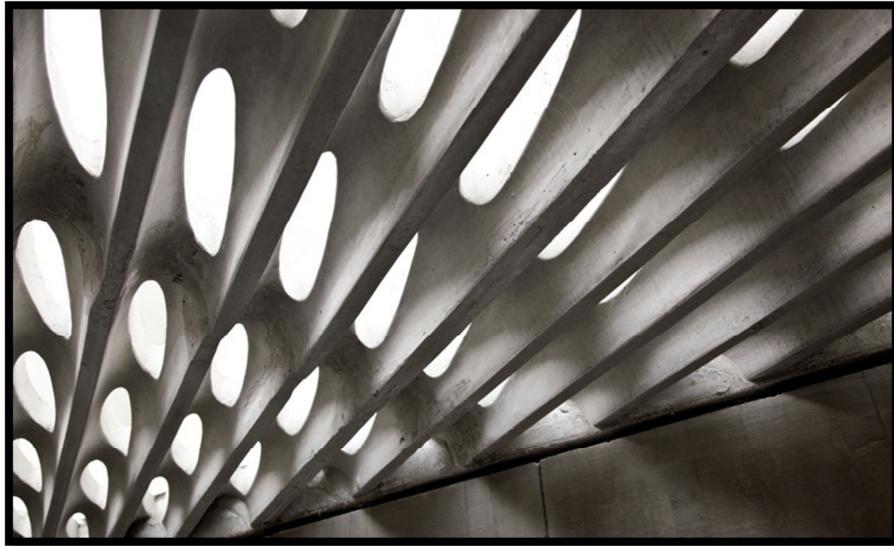


Figura 4: Brad Cloepfil, Museu Clyfford still 2011.
Fonte: <http://adobeairstream.com>

Embora seja importante, a luz natural deixou de ser prioridade em parcela significativa dos projetos de arquitetura ao longo dos anos, graças às melhoras em relação ao sistema de iluminação artificial. Os avanços tecnológicos de meados do século XX, com as lâmpadas fluorescentes e o ar condicionado trouxeram a independência do edifício. Entretanto, mesmo em meio a tantas inovações, torna-se necessário retomar medidas vernáculas em benefício do próprio usuário e do ambiente no qual ele está inserido.

A luz natural aparece aliada à arquitetura, pois proporciona conforto e bem-estar aos usuários, além de ser benéfica para a saúde. É assim, como a luz pode ser utilizado para criar espaços agradáveis que propiciam espaços luminosos, adequados para tarefa visual, aspecto importante da edificação, pois produz iluminação para as atividades, conexão visual como o exterior e luminosidade para o interior. Portanto, a luz não deve empregar-se como simples elemento decorativo, se não como parte estrutural da arquitetura.

A arquitetura do edifício, a forma e os materiais usados também fazem variar a luz natural no ambiente interior como ilustra a *Figura 5*. É importante para o arquiteto poder pré-avaliar qualitativa e quantitativamente a solução de iluminação natural do ambiente interior do seu projeto. Aproveitando suas intrínsecas possibilidades de sugestão para transmitir mensagens ou estados de ânimo determinados como fator capaz de criar cenas. A luz é considerada em diversos aspectos funcionais como limitador e proporcionador de clareamento dos espaços.



Figura 5: O escritório de arquitetura EASTERN Office Design, Slit House.

Fonte: <http://www.designatento.com>

A arquitetura deve proporcionar ao homem condições de conforto ao nível físico, psicológico e social. A relação que esta estabelece com o meio ambiente depende do que o espaço projetado proporciona em termos de calor, luz e som. Portanto, pelo caráter variável e imprevisível, a luz natural, é um dos elementos que contribui em maior medida à expressão arquitetônica. A luz aporta grandes manifestações em tal grau em espaços interiores como em exteriores. Segundo Nouvel (2010):

A luz só existe em virtude da sombra. A questão da luz e da matéria ou o desaparecimento e o vazio geralmente nos leva para o problema do mistério. Através do que você não vê através do que você sentir vontade de descobrir e que não é completamente visível, sombras são um bom meio para criar mistério.

A preocupação relacionada com o consumo excessivo de energia dos edifícios fez surgir à arquitetura sustentável. Compete ao arquiteto compreender as propriedades e características da luz, para garantir desta forma o melhor aproveitamento das entradas de luz

natural e reduzir a utilização de luz eléctrica, contribuindo assim para o melhor desempenho energético e ambiental.

Criar espaços e projetos que utilizem de forma eficiente à iluminação natural, (relacionam-se essencialmente com os valores de luminância¹ disponíveis ao longo do plano do trabalho), tem sido o objetivo constante dos profissionais, através de elementos arquitetônicos e de novas tecnologias.

Segundo Lima (2012), Tadao Ando, arquiteto japonês, possui o entendimento da luz como própria em sua cultura tradicional nipônica, segundo a luz é um fator importante de controle, a qual as potencialidades da luz são apenas reveladas pela sombra. As obras deste arquiteto são um reflexo destes ensinamentos, destacando-se, entre elas, a Igreja da Luz construída em Osaka entre 1987 e 1989 como ilustra a *Figura 6*.

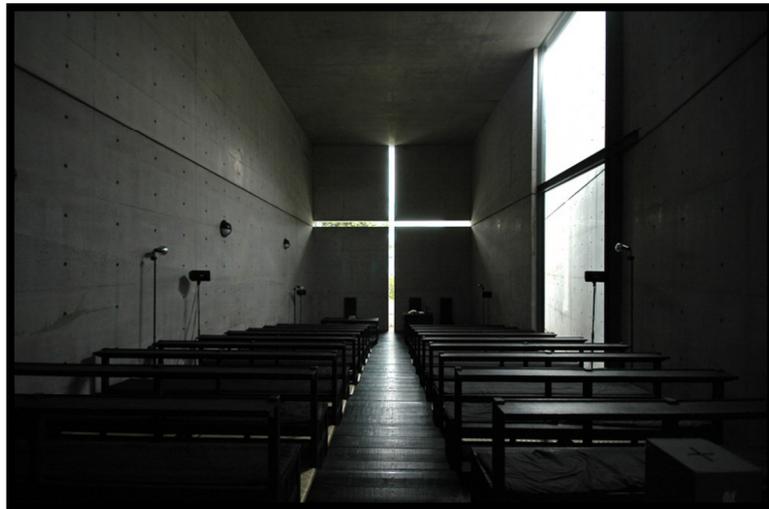


Figura 6: Igreja da Luz. Osaka, Japão (1987 e 1989).

Fonte: <http://teturaarqui.wordpress.com/2011>

O uso racional de energia, o conforto dos usuários e a utilização de materiais adaptados ao clima, são algumas das principais táticas que o arquiteto assume no momento de criar um projeto arquitetônico. Desta forma, surge a necessidade de adotar estratégias e regras para o consumo de energia, conscientes por preservar os recursos naturais, aumentando o uso de sistemas de iluminação eficientes com a finalidade de economizar energia, para melhorar a qualidade da iluminação do ambiente construído.

¹ Descreve a quantidade de luz que passa através ou é emitida por uma dada área, e que incide sobre um ângulo sólido.

Durante a Revolução Industrial a busca da iluminação natural foi incrementada, por meio das inovações tecnológicas (novas técnicas para a produção de vidro). Acompanhando a intenção de ampliar seu domínio sobre a natureza e sobre o espaço geográfico, através da invenção tecnológica, os projetistas iriam se atirar nessa aventura, tentando conquistar a forma, o movimento, o espaço, a luz, a cor e mesmo a expressão e o sentimento, como uma fonte de inspiração, neste sentido a iluminação natural como parte do projeto.

Desenvolvendo diversas obras, destacando a Igreja de Santa Maria, de Marco de Canaveses edificada entre 1994 e 1996 como ilustra a *Figura 7*, o arquiteto português Álvaro Siza Vieira, desenvolve uma visão pessoal sobre a temática da luz, aferrada aos princípios do rigor e sintetismo.

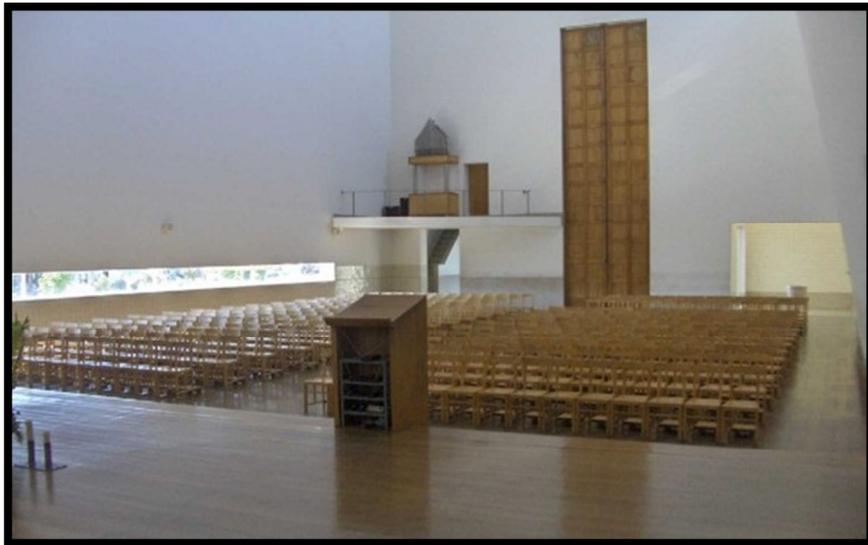


Figura 7: Igreja de Santa Maria de Marco de Canaveses. (1994 e 1996).

Fonte: <http://www.snpcultura.org>

No momento da aplicação da luz nos ambientes construídos, o arquiteto deve considerar como requisito fundamental a iluminação natural proveniente do sol, do céu, pelas nuvens, pela vegetação ou mesmo pelos edifícios que nos rodeiam. O papel fundamental da iluminação natural consiste em proporcionar um ambiente visual interior adequado, permitindo assegurar as necessidades de conforto.

A presença da luz torna os ambientes perceptíveis, proporcionando vantagens fisiológicas, facilita a visão, poupa os órgãos visuais e diminui a fadiga. Arquitetos e designers do século XX continuam aproveitando a luz de maneira efetiva, com uma função prática e menos mística.

Alguns arquitetos como Alvar Aalto, Rafael Moneo, João Filgueiras Lima Lelé, Antonio Gaudí, Soane, Norman Foster, Frank Gehry conseguiram em diferentes épocas, usar a luz natural como complemento em suas obras-mestras, criando espaços arquitetonicamente harmônicos e com iluminação primorosa. Assumindo como um elemento de composição arquitetônica, a luz realça a forma e os contornos permitindo aproveitar os objetos arquitetônicos como um todo.

A arquitetura de Louis Kahn sempre foi associada ao movimento moderno, personificado por seu caráter e a forma de personificar os materiais nos quais reconhecia alma e vontade. Suas obras foram definidas pelo espaço e a luz, um exemplo da maestria no emprego da luz é seu último trabalho o Centro Britânico de Arte da Universidade de Yale concluído em 1977 como ilustra a *Figura 8*. Segundo KAHN (MEKOART, 2011),

"O espaço de um edifício poder-se-ia ler como uma harmonia de espaços iluminados. Cada espaço deve ser definido por sua estrutura e pelo caráter de sua iluminação natural. Ainda um espaço concebido para permanecer a escuras deve ter a luz suficiente proveniente de alguma misteriosa abertura que nos mostra quão escuro é em realidade".



Figura 8: Centro Britânico de Arte da Universidade de Yale (1977).

Fonte: http://www.snpcultura.org/tvb_apontamentos_sobre_o_dialogo_com_os_arquitectos.html

Na arquitetura, a iluminação natural não é simplesmente uma questão estética, mas também econômico-social e ambiental. O aproveitamento desses recursos aponta a solucionar antigos problemas e inovar no ambiente construído por parte dos pesquisadores e profissionais. As fontes de energia proporcionam incentivos de pesquisas e o desenvolvimento de novas soluções para o aproveitamento dessas.

O recente interesse pelas questões ambientais estimulou um retorno ao uso da luz natural na busca de eficiência energética e conforto ambiental em edifícios por parte de projetistas. Na última década, sistemas que priorizam a luz natural como principal elemento que influencia a construção além da estética foram feitos, incluindo componentes e progressos significativos inovadores com novos materiais, que podem ser usados para controlar e redirecionar a luz natural nos ambientes.

2.2.1 A luz e os materiais.

A percepção do espaço construído é possível basicamente pela reflexão da luz pelas superfícies. Esta luz é provida por uma fonte que emite certa quantidade de intensidade luminosa².

Segundo Souza (2010), a luz emitida que incide em uma superfície é chamada luminância³, esta é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte à superfície e sendo percebida pelo observador que não é afetada pela distância ou pela proximidade em relação à superfície, pois depende da quantidade de luz incidente e das propriedades dos materiais.

A luz ao incidir em um material possibilita a interação entre a luz que é absorvida pela superfície; aquecendo-a, refletindo-a ou transmitindo-a através do material. A reflexão da luz incide no material espalhando-se em todas as direções o que acontece em superfícies foscas.

A transmissão da luz por materiais translúcido e transparente pode acontecer, à semelhança do processo de reflexão, de forma difusa ou direta. Estes são materiais que deixam atravessar a luz parcial ou totalmente, permitindo uma visão nítida ou sendo impossível ver com nitidez através deles.

2.3 Translucidez

No processo da evolução industrial, o arquiteto enfrentou problemas construtivos até agora desconhecidos. Com a necessidade de focar as grandes dificuldades que a sociedade propõe, o arquiteto cria ideias por meio de um conhecimento mais acentuado do método

² É definida como a concentração de luz em uma direção específica, radiada por segundo. Representada pelo símbolo I e a unidade de medida é a candela (cd).

³ É uma medida da densidade da intensidade de uma luz refletida numa dada direção.

científico e dos mecanismos e dispositivos tecnológicos, relacionando materiais que ofereçam continuidade espacial entre o interior e o exterior das edificações.

A transparência e translucidez são resultado da evolução e combinação de diversos materiais, melhorando as condições de luminosidade em espaços interiores. É assim, como o concreto translúcido ilustrado na *Figura 9*, começa formar parte dos materiais que estão mudando o modo de ver a arquitetura, transformando lugares antigamente sombrios em espaços iluminados, levando aos arquitetos a inovar e a apresentar inovadoras soluções nos processos construtivos.

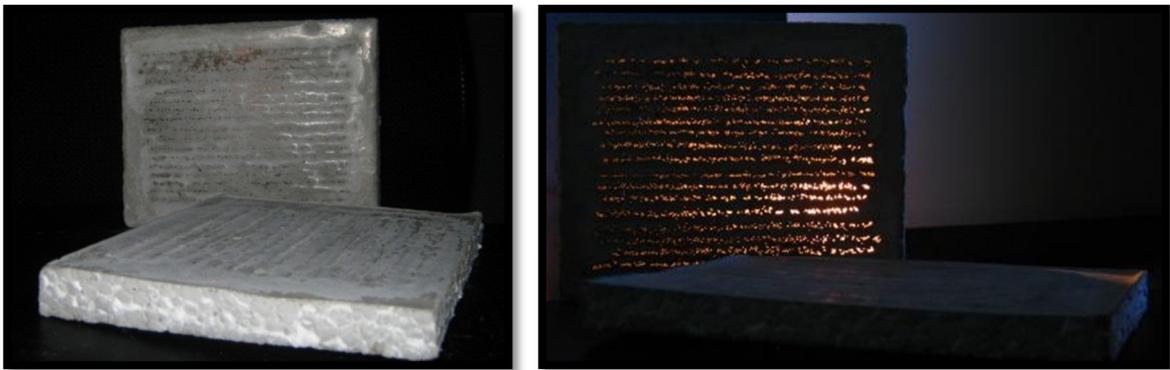


Figura 9: Concreto translúcido (2012).

Fonte: Foto da Autora

A transparência e translucidez têm um relacionamento, mas não compartilham a mesma qualidade. A transparência deixa atravessar a luz e ver os objetos de forma clara e nítida, pelo contrário, a translucidez tem a qualidade de deixar ver os objetos e formas, mas não de maneira clara e nítida através de um material. Com a possibilidade de trabalhar com a luz, os materiais translúcidos e transparentes criam aparências uniformes, permitindo a entrada de luz natural no interior dos ambientes, satisfazendo os requerimentos desejados e a capacidade de refletir e transmitir a luz.

Inovações técnicas dos materiais translúcidos, como vidro, plástico, produtos metálicos ou até concreto, tem sido numerosas nos últimos anos, ampliando o leque de soluções que permitem o controle luminoso e visual. Possibilidades de relacionamento entre o espaço interior e o exterior são agora muito variadas e ricas; oferecendo aos arquitetos um conjunto de soluções amplas para o desenvolvimento de projeto (KALTENBACH, 2008).

2.4 Fibra ótica

Fibra ótica é um filamento de vidro, plástico ou materiais poliméricos, suficientemente transparentes de forma que um feixe de luz incidente na sua extremidade possa ser transportado através deste filamento até a outra extremidade. Este filamento tem espessura variável e podem ser tão fino como um cabelo humano. Transmitindo mensagens em forma de feixe de luz que atravessam eles de um extremo ao outro, aonde o filamento vai (incluindo curvas e cantos) sem interferência.

Portanto, segundo Maldonado e Matos (2003), uma fibra ótica é um duto formado por materiais transparentes para conduzir um feixe de luz visível ou infravermelho através de um trajeto qualquer. Em geral, a fibra ótica é composta por cilindros concêntricos com diferenças de índice de refração, o que possibilita o fenômeno de a reflexão interna total.

A fibra possui no mínimo duas camadas: o núcleo e o revestimento ou casca como ilustra a *Figura 10*, definidos em materiais e espessuras de forma que apresentem índices de refração que possibilitem a reflexão interna da luz. O princípio baseado na transmissão de luz pela fibra ótica é a reflexão interno total; a luz que viaja pelo centro ou núcleo da fibra incide sobre a superfície externa com um ângulo maior que o ângulo crítico, de forma que toda a luz se reflete sem perda até o interior da fibra.

Assim, a luz pode transmitir-se a longa distância refletindo milhares de vezes, evitando perda por dispersão de luz devido a impurezas da superfície da fibra, o núcleo da fibra ótica esta revestida por uma capa de vidro com um índice de reflexão muito menor, as reflexões se produzem na superfície que separa a fibra de vidro e o recobrimento.

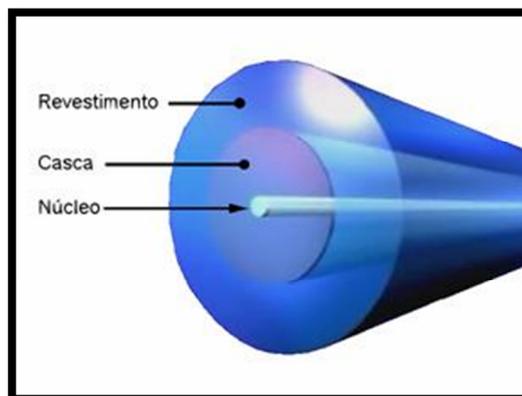


Figura 10: Estrutura cilíndrica básica da fibra ótica.
Fonte: <http://wmepropaganda.com.br/comercial/tec/pagina.php?id=145>

Segundo Figueiredo (2009), as fibras óticas não são mais do que guias de ondas cilíndricas de sílica constituídas por um núcleo concêntrico com uma casca. Por possuírem índices de refração diferentes, sendo o do núcleo superior ao da casca, asseguram a reflexão interna total na fibra o que possibilita a transmissão de luz.

2.4.1 Tipo de fibras óticas (Monomodo e multimodo)

Os dois nomes que abrem este tópico representam os dois principais modelos de fibras óticas existentes atualmente. Eles são diferenciados em vários aspectos, desde o custo de produção até as melhores possibilidades de aplicação.

2.4.1.1 Monomodo

Atender a um sinal por vez. Ou seja, uma única fonte de luz (na maior parte das vezes, laser) envia as informações por enormes distâncias. As fibras Monomodo apresentam menos dispersão, por isso pode haver distâncias muito grandes entre retransmissores.

Teoricamente, até 80 quilômetros podem separar dois transmissores, mas na prática eles são um pouco mais próximos. Outra vantagem das fibras desse tipo é a largura da banda oferecida, que garante velocidades maiores na troca de informações.

Vantagens da fibra ótica Monomodo:

- Permite o uso de apenas um sinal de luz pela fibra;
- Dimensões menores que os outros tipos de fibras;
- Maior banda passante por ter menor dispersão;
- Geralmente é usado laser como fonte de geração de sinal.

2.4.1.2 Multimodo

Fibras multimodo garantem a emissão de vários sinais ao mesmo tempo (geralmente utilizam LEDs para a emissão). Esse tipo de fibra é mais recomendado para transmissões de curtas distâncias, pois garante apenas 300 metros de transmissões sem perdas. Elas são mais recomendadas para redes domésticas porque são muito mais econômicas.

Vantagens da fibra ótica Multimodo:

- Permite o uso de fontes luminosas de baixa ocorrência tais como LEDs (mais baratas);
- Diâmetros grandes facilitam o acoplamento de fontes luminosas e requerem pouca precisão nos conectores;
- Muito usado para curtas distâncias pelo preço e facilidade de implementação, pois a longa distância tem muita perda.

2.4.2 Características da fibra ótica

- A fibra ótica transmite luz fria, pelo que resulta ideal para iluminar objetos sem aumentar sua temperatura. Além disso, evitando sua descoloração.
- Ausência total de risco elétrico, dado que pela fibra somente transmite-se o fluxo luminoso, permitindo realizar com total segurança iluminações subaquático ou de espaços nos que o condutor elétrico poderia resultar perigoso.
- Outra das importantes vantagens do uso da fibra ótica para iluminação é a falta de perturbações elétricas ou eletromagnéticas nos locais iluminados por este sistema, já que existe possibilidade de tomar distância da fonte de luz.
- A fibra ótica apresenta uma cômoda manutenção, dado que uma lâmpada pode ter varias saídas de fibra ótica, ou pontos de luz e pode também estar situada em lugares acessíveis para facilitar sua reposição.
- Ao ser um elemento luminoso de pequeno tamanho, facilita sua inserção em espaços de dimensões reduzidas, à vez que permitem multiplicar a vontade o número de pontos de luz e oferecer uma grande variedade para os designers.
- Ausência de raios UV (ultravioleta). Não desgasta nem envelhece os elementos iluminados.
- A fibra ótica não sofre risco elétrico o qual evita a propagação do fogo. Iluminação com fibra ótica é utilizada com segurança em Ambientes.
- Sem agressão ao meio ambiente. Ajuda ao equilíbrio ecológico.
- Efeitos luminosos. Mudança de cores e movimentos.
- Redução do consumo e manutenção. Possível redução no consumo de energia.
- Flexibilidade e versatilidade de usos. Manipulável e reutilizável.

2.4.3 Iluminação por meio da fibra ótica

É um tipo de fibra ótica que transporta luz. À margem da informação que esta possa conduzir, esta aplicação é importante, já que, devido a suas características, permite-nos com facilidade iluminar zonas especiais submetidas a toxicidades, riscos de incêndio, tais como indústrias petrolíferas, mineras e industriais que trabalham com componentes inflamáveis.

A fibra ótica para iluminação de espaços tem ganhado grande importância, formando parte das obras arquitetônicas modernas, onde se emprega cada vez mais devido a sua característica que permite iluminar em um círculo luminoso, podendo assim ser situada em ambientes como ilustra a *Figura 11*.



Figura 11: Iluminação de espaços com fibra ótica.
Fonte: <http://ufo.jmfprint.co.uk/espanol/applications.html>

Trata-se de uma alternativa ao longo prazo sob as iluminações convencionais que até agora estavam baseadas na fluorescência, neon ou alógenos. A alimentação dos cabos realiza-se por meio de geradores de luz, preparados para transmitir a luz de uma lâmpada especial ao cabo de fibra ótica com a máxima qualidade e aproveitamento luminoso, desconhecendo suas aplicações e seus limites.

Pode se dizer que a fibra ótica transporta luz do sol desde qualquer ponto de um edifício até os lugares mais remotos. O sistema é simples, sua colocação em fachadas ou paredes internas e nas lajes, permite a entrada de luz solar e ser direcionada para qualquer ponto interno.

A viagem da luz é conduzida por meio de capilares em forma de filamentos de ondas geralmente de vidro. No interior da fibra ótica, a luz se refletiu contra as paredes em ângulos abertos assim incide sobre a superfície externa e se reflete ate o interior da fibra, de forma que se poderia falar de avança pelo centro. Portanto, a luz pode ser transmitida a longa distância refletindo milhares de vezes. A iluminação por meio de fibra ótica é atualmente, a que pode proporcionar a luz intensa de todos os tipos. A ideia básica é conduzir a luz procedente de uma lâmpada que se encontra em uma fonte de iluminação, através de um feixe de fibras óticas como ilustra a *Figura 12*.



Figura 12: Iluminação desde uma fonte ate a fibra ótica.
Fonte: <http://www.reformafacil.com.br/iluminacao-para-piscinas>

2.4.4 Tipos de iluminação com fibra ótica

Na iluminação por meio de fibra ótica distingue-se normalmente por duas tipologias de iluminação, a pontual e a linear.

2.4.4.1 Iluminação tipo pontual

Utilizam-se cabos convencionais de fibra ótica para canalizar a luz para o espaço que se deseja iluminar como ilustra a *Figura 13*. Suas aplicações são a iluminação geral ou localizada e a decorativa. O sistema de iluminação pontual precisa um sistema formado por três elementos, que são um gerador de luz com sua lâmpada, um ou vários cabos de fibra ótica e as saídas óticas que distribuem a luz no espaço a iluminar.



Figura 13: Iluminação tipo pontual com fibra ótica.

Fonte: <http://www.jbcasaeconforto.com.br/produtos/iluminacao-fibra-otica/fasa>

2.4.4.2 Iluminação tipo linear

No caso de iluminação linear empregam-se cabos de fibra ótica especial que, além de conduzi-la, emite a luz através de seu revestimento como ilustra a *Figura 14*. Este tipo de iluminação se emprega preferentemente na iluminação de sinalização e publicidade. A iluminação linear precisa só os dois primeiros elementos, um gerador e os cabos de fibra ótica.



Figura 14: Iluminação tipo linear com fibra ótica.

Fonte: <http://lorenaarquiteta.blogspot.com.br/2011/11/bar-volt-sao-paulo.html>

2.5 Tecnologias do concreto

A engenharia usa o concreto em campos muito diversos, em muitos casos sobre ambientes extremamente agressivos. Para se adaptar aos novos e desafiadores usos, o homem

cria uma infinidade de concretos especiais, utilizando diversas variações de cimentos, agregados, adições, aditivos e formas de aplicação.

Com o desenvolvimento de novas técnicas e materiais o homem assume o desafio de criar novos concretos. Segundo Kaefer (1998):

O grande desafio da tecnologia de concreto atualmente parece ser aumentar a durabilidade das estruturas, recuperação de estruturas danificadas e em entender o complexo mecanismo químico e mecânico dos cimentos e concretos. Para isto, uma nova geração de concretos está sendo desenvolvida, métodos tradicionais de execução e cálculo de concreto estão sendo revistos, teorias não lineares e da mecânica da ruptura estão sendo desenvolvidas. (KAEFER, 1998, p. 40).

O concreto como material de maior consumo na construção e execução de processos e projetos construtivos ao redor do mundo, tem se convertido no objetivo geral do desenvolvimento de materiais e técnicas construtivas com o fim de fazer parte de um grupo de novos materiais aos processos de produção.

Assim mesmo, deve-se ter em conta nos processos às reduções de água e energia associado com o meio ambiente sem alterar os níveis básicos. Estes condicionantes são o que estamos conhecendo agora como concretos verdes, respeitosos com o meio ambiente.

Segundo Osorio (2011), no momento de desenvolver um novo concreto, busca-se a utilidade do material estabelecendo desenho do produto com o fim de ingressar novos materiais nos processos de produção. Alguns concretos especiais criados ao redor do mundo têm o objetivo principal de procurar o melhoramento no processo de produção e a contribuição com o meio.

2.5.1 Concretos especiais

Os concretos especiais são aqueles que apresentam características específicas para atender às necessidades das obras onde os concretos convencionais não podem ser aplicados. Eles melhoram as deficiências do concreto convencional ou incorporam propriedades não usuais ao material correntemente utilizado. Alguns principais concretos especiais são:

2.5.1.1 Concreto condutivo

Concreto tem sido utilizado há muitos anos como um material compósito que tem excelentes propriedades mecânicas e de durabilidade para a construção. No entanto, o concreto é um mau condutor elétrico, especialmente sob condições de seca. O novo concreto

que é excelente em propriedades de condutividade tanto mecânica e elétrica podem ter aplicações importantes na indústria, eletrônico, militar e de construção exemplo, para o degelo em estrada com neve. Os métodos tradicionais podem aquecer estradas, mas o custo de instalação é elevado e o processo é complicado.

Concreto condutivo é um composto à base de cimento que contém componentes eletrônicos para atingir uma condutividade estável e relativamente elevada. As aplicações potenciais incluem aquecimento elétrico para degelo de parques de estacionamento, passeios, calçadas, pontes, estradas e pistas de aeroportos, assim como de aterramento elétrico como ilustra a *Figura 15*.

Apesar de que o concreto existe em várias formas durante a maior parte da história registrada, é um material que ainda tem oportunidades para desenvolvimentos interessantes. Ao longo de vários anos, muitos esforços de pesquisa sem sucesso foram feitos para desenvolver concreto que pudesse combinar boa condutividade elétrica, com as propriedades excelentes de engenharia de misturas de concreto normais.



Figura 15: Concreto Condutivo.

Fonte: <http://www.conductive-concrete.unomaha.edu/>

Pesquisadores canadenses desenvolveram o concreto condutivo, produzido pela adição de material carbonáceo que possibilita a produção de concretos com resistividade elétrica muito pequena e resistência à compressão de 30 MPa em 28 dias. Nos países com inverno rigoroso e neve, o concreto condutivo é literalmente “ligado na tomada” elétrica. Quando o concreto condutivo é aplicado sobre pisos externos (como calçadas e rampas de garagem), basta fazer passar uma corrente elétrica pelo material, que logo ele se aquece e derrete a neve nele depositada (WATANABE, 2008, pág. 180).

O concreto condutor é uma solução viável, particularmente quando utilizado em grande volume. Este concreto apresenta vários benefícios como:

Os Benefícios

- Concreto condutor tem excelentes propriedades mecânicas e condutividade elétrica;
- É muito mais leve do que o concreto convencional;
- Ela pode ser produzida facilmente, sem equipamento especial;
- Ele irá reduzir a necessidade de sais e salvar milhões de dólares em custos de remoção de neve;
- Ele é ligado à tomada elétrica aquecendo a calçada para derreter a neve, usando uma corrente alternada (AC) e uma ficha Volt 120;
- Também é seguro para uma pessoa atravessar um caminho de concreto com cobre;
- Também pode ser utilizada para proteger as estruturas da eletricidade estática e raios, e evitando as estruturas de aço e camada de reforço de aço nas estruturas de concreto da corrosão;
- Ele absorve mais de 90% da energia eletromagnética e é mais barato e mais conveniente do que as formas existentes de bloquear a energia eletromagnética.

2.5.1.2 Concreto autocicatrizante

Uma nova geração de materiais dotados de capacidade de cicatrização, sendo capaz de se regenerar sucessivas vezes. O material híbrido possui em sua estrutura interna uma rede microvascular tridimensional que imita um sistema circulatório biológico. Quando o material se quebra, as microcápsulas se rompem e liberam o agente, que então reage com um catalisador distribuído pelo material, fazendo o reparo da área danificada como mostra a *Figura 16*.

Um novo concreto que está em etapa de teste na Universidade Técnica de Delft, na Holanda pelo cientista Holandês Henk Jonkers. Segundo Jonkers (2012),

O concreto auto curativo contém bactérias que produzem calcário e são ativadas pela água da chuva. Os esporos da bactéria adicionada à fórmula do concreto ficam dormentes até serem atingidos pela água da chuva corroendo as estruturas do material. Então, a bactéria, que é inofensiva, produzirá calcário e "curará" as rachaduras causadas pela água.

Quando a peça auto cicatrizante é dobrada além de certo limite, criam-se pequenas fissuras no revestimento. As trincas se propagam através da estrutura até atingir o micro

canal. O agente cicatrizado então se move por capilaridade até a fissura, onde interage com as partículas do catalisador, promovendo a restauração.

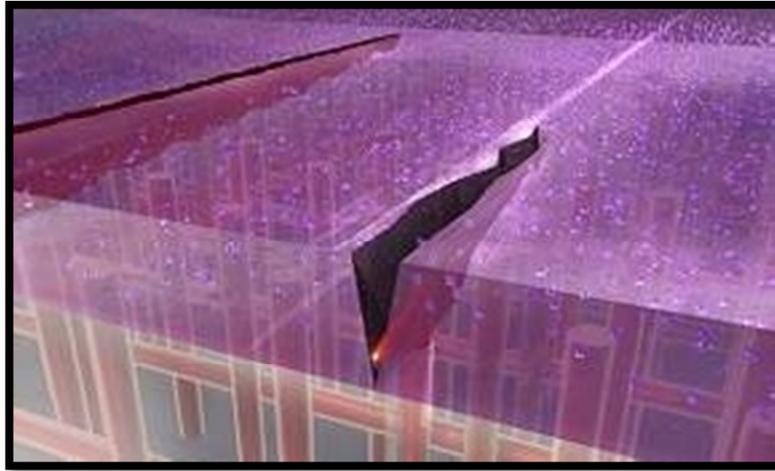


Figura 16: Concreto Autocicatrizante ou autocurativo.

Fonte: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010160070614>

2.5.1.3 O concreto para isolamento térmico e acústico

São concretos cuja densidade é menor do concreto convencional, aumentando assim a eficiência do concreto como isolamento térmico e acústico. Estes concretos são classificados como concretos leves como ilustra a *Figura 17*, com a possibilidade de ser estruturais ou não estruturais (REPETTE, 2011).



Figura 17: Concreto para isolamento térmico e acústico.

Fonte: <http://www.ecopore.com/2013/concreto-celular/>

2.5.1.4 Concretos drenante

Também conhecido como concreto sem agregados finos, concreto poroso ou concreto permeável. Concreto de menor densidade e com vazios interconectados que permitem o percorrer da água como ilustra a *Figura 18*. São concretos com pouco ou nenhum agregado miúdo (areia) e com um mínimo de conteúdo de pasta para unir os agregados e preencher os espaços entre estes agregados. São empregadas para sistemas de drenagem em grandes centros urbanos, coberturas verdes em edificações entre outras (REPETTE, 2011).



Figura 18: Concreto drenante.

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=716478&page=3>

2.5.1.5 Concreto aparente, colorido e branco.

O concreto colorido obtém-se da adição de pigmentos à mistura logo após a dosagem dos outros materiais. Além de ser aplicados para dar um melhor efeito arquitetônico como ilustra a *Figura 19*. Suas cores são duráveis, mas para se ter um bom acabamento, é preciso ter cuidado com a vibração do concreto.



Figura 19: Concreto Colorido.

Fonte: <http://blogdopetcivil.com/tag/lanxess/>

2.5.1.6 Concreto translúcido

É um concreto com adição de fibras óticas, oferece ao material propriedade translúcidas como ilustra a *Figura 20*, mantendo a resistência à compressão típica do concreto estrutural (REPETTE, 2011), e como foi descrito anteriormente é o objeto desta pesquisa.

A utilização de matérias primas empregadas na produção do concreto, tem conseguido mudanças importantes na aplicação no meio, no entanto, a indústria do cimento tem que afrontar desafios importantes, basicamente na eficiência energética, redução das emissões dos gases que produzem o efeito estufa e estruturas com maior durabilidade, mantendo a sustentabilidade e soluções apropriadas na indústria da construção.



Figura 20: *Concreto Translúcido.*

Fonte: <http://io9.com/341675/translucent-concrete-lets-the-light-shine-in>

O concreto translúcido pode ter uma aplicação direta nos prisões, onde se necessita de resistência com a colocação de paredes espessas de concreto e a entrada de luz por meio da fibra ótica, a qual conduz a luz natural na cela dos presos e no interior do ambiente prisional, outorgando-lhe segurança e bem-estar.

O desenvolvimento tecnológico e a posição de vanguarda mundial de nossa arquitetura e vários outros motivos contribuíram para a aceitação nacional e internacional deste concreto. Novas técnicas coincidem com a abundância de construção de edifícios, permitindo aos arquitetos mostrar sua capacidade.

CAPÍTULO III
CONCRETO COM FIBRA ÓTICA (CONCRETO TRANSLÚCIDO).

3. CONCRETO COM FIBRA ÓTICA, (CONCRETO TRANSLÚCIDO).

3.1 Antecedentes históricos

Na importância de inovar e melhorar os espaços com novas tendências na construção, o homem procura espaços transformadores com novos elementos e materiais que tradicionalmente são opacos (concreto), agrega elementos e componentes que transmita luz (fibra ótica), condicionantes que modifica os ambientes, mas que não substituem a técnica de construção tradicional. Foi assim, como na busca frequente do homem de dar novos usos aos materiais tradicionais, levou a experimentar com novas fusões e materiais translúcidos.

A primeira aproximação ao material translúcido foi em 1935 quando o inventor Bernard Long criou um objeto resistente com transmissão de luz e que logo foi patenteada em Canada.

Mas foi só em 1999 que esta combinação entre o concreto e a luz que este revolucionário invento começa a produzir seus primeiros resultados. Quando um arquiteto e professor da Universidade de Huston, Dr. Bill Price de 35 anos e um ex-colaborador de Rem Koolhaas destaca o seguinte:

"Teve uma visão "Eu estava vivendo em Rotterdam", diz, "em uma das torres de iluminação sobre o rio Maas, perto da ponte de Erasmo, de pé em minha varanda contemplando a paisagem urbana pela noite". Perante mim, vi um edifício de concreto com a fachada inacabada, com luz através de todas as perfurações no concreto. De repente vi uma imagem inversa, com as perfurações de sólidos e a luz de concreto deixando entrar no edifício. A visão se estendeu rapidamente através da cena. Todos os edifícios foram construídos com um material que transmite a luz. Pergunto-me si podemos fazer uma cidade totalmente nova desta maneira". (SHULMAN, 2001).

Com a fabricação de uma maquete de um teatro a escala real como ilustra a *Figura 21*, põe-se em marcha seu projeto. Este novo invento mudaria o aspecto de cidades inteiras e começaria a construir edifícios descritos como luminosos em novelas fantásticas futuristas.

Em setembro de 1999 se produziram as primeiras amostras, onde o arquiteto tentou encontrar os materiais que poderiam substituir-se do concreto convencional para assim conseguir a translucidez e manter a composição básica. Mas problemas como resistência a compressão e a tração surgiram, pondo em duvida a possibilidade de obter realmente um material inovador com estas características de translucidez.

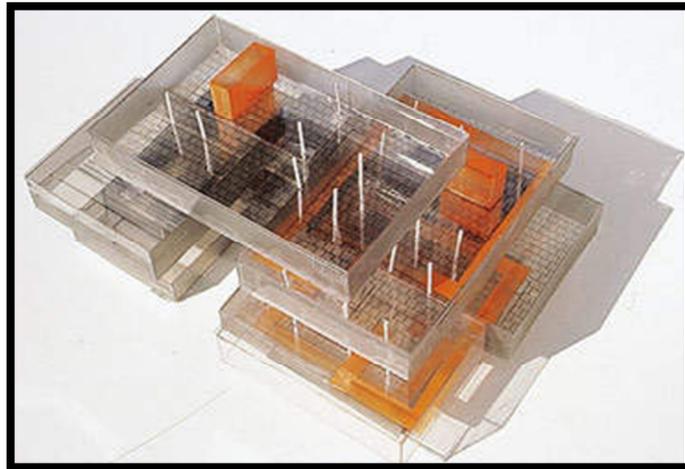


Figura 21: Modelo Bill Price Opacidade.

Fonte: http://www.metropolismag.com/html/content_0401/shulman/

A responsabilidade de criar um novo material e explorar suas aplicações na construção foi o que motivou a Price para projetar, entretanto, o pouco apoio encontrado entre seus colegas, além do alto custo de fabricação do material levou a deixar a pesquisa ficando oculta sem ser mencionada.

Foi então quando em 2001 um jovem arquiteto húngaro de 27 anos chamado Áron Losonczi como ilustra a *Figura 22*, construiu um painel com uma mistura de cimento e fibra ótica obtendo como resultado um novo material que deixava passar a luz. Este novo material tinha a resistência de um concreto convencional, além disso, permitia conduzir eletricidade e iluminar visualizando as formas do exterior (ARMAN, 2004).

Exibindo seu material em exposições de designer em Estocolmo, Eindhoven, Budapest, Colônia, Berlim, Londres, Glasgow y Frankfurt, Losonczi cria um escritório onde consegue patentear e comercializar seu produto. Comercialmente este material é conhecido como Litracon (Light Translucent Concrete). Um novo produto que tem encantado, graças a diversos protótipos e que demonstram sua aplicação em desenhos e arquitetura. Em 2005 é exibido nos Estados Unidos no National Building Museu de Washington como parte da nova arquitetura do cimento obtém o Reddot⁴, importante prêmio para este invento inovador.

⁴ É um dos galardões de designer mais importantes do mundo. Premio para honrar a qualidade de designer e fabricantes reconhecidos em uma cerimônia anual na Alemanha.

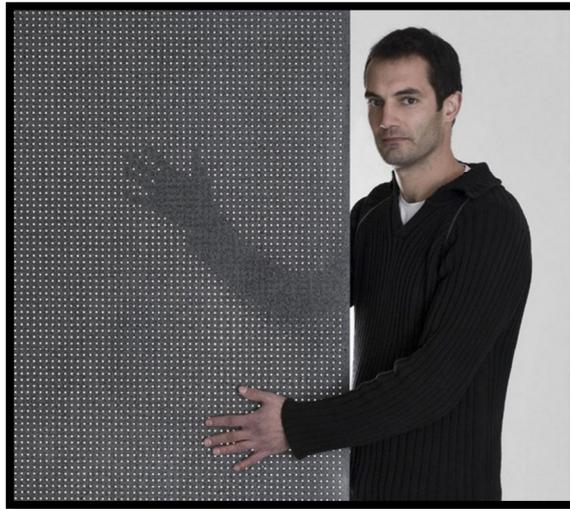


Figura 22: Aron Losonczy 2001.

Fonte: <http://www.archplatforma.ru/?act=1&catg=47&nwid=193>

Posteriormente, muitos outros pesquisadores no mundo trabalham em elementos relacionados com a transparência em materiais sólidos de construção, fazendo propostas de misturas dos materiais que podem ser capazes de deixar passar a luz, logrando as características de transparência que se pode obter se os elementos que se usam para a mistura tem esta propriedade (vidro, plástico) sem diminuir o volume e resistência do material.

O professor de Arquitetura na Universidade de Detroit Mercy, Will Wittig é outro arquiteto que trabalha no tema do concreto transparente. O concreto como material de construção considerado "pesado e monolítico" é o que ele quer aproveitar para convertê-lo em algo mais, concreto translúcido. Segundo Wittig (2005):

"Queria desafiar nossas suposições particulares sobre o que o concreto é ou o que ele poderia oferecer como material translúcido de construção." (GOHO, 2005).

O objetivo era misturar areia de sílice branco com cimento Portland branco e na variação as proporções, obter uma pasta mais fina que de um concreto convencional. Acrescentando a mistura com fios de fibra ótica reforçando o material.

No Museu Nacional da Construção Liquid Stone (pedra líquida) de Washington D.C, Wittig, apresentou uma importante mostra do concreto translúcido e das qualidades do material, se ele fosse feito com o concreto como material de construção e as com fibras óticas plásticas. Depois de uma serie de protótipos, sempre apontando ao melhoramento do painel e

levando a que fossem finos sem perder a resistência do material, Wittig construiu uma forma quadrada de plexiglas⁵ como mostra a *Figura 23* onde esvaziava a mistura.

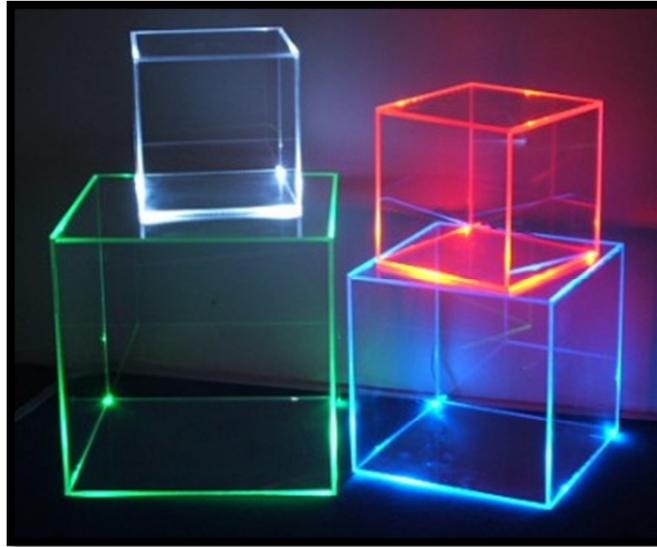


Figura 23: Formas em Plexiglas.

Fonte: jazzrivera.blogspot.com

Os painéis foram concebidos originalmente para uma habitação que Wittig teria projetado faz alguns anos. Segundo Wittig (2005):

"Minha esperança era que os grupos de blocos fossem o suficientemente translúcidos para que em um dia ensolarado, o interior da habitação tivesse a suficiente luz para ler um livro" (GOHO, 2005).

As folhas de concreto translúcido mais fino teriam a capacidade de transmitir aproximadamente uma porcentagem de luz solar, suficiente para criar um esplendor dentro da construção, diz Wittig. Não entanto, as provas de laboratório mostraram que os painéis eram demasiado frágeis para suportar o vento e a chuva, pelo qual se preferiu por não produzir os painéis.

O impacto deste desenvolvimento tecnológico permitiu que arquitetos como Bill Price (Rotterdam, Houston), Will Wittig (Detroit), Francesco Passaniti (París), Sensibile (Detroit), Aron Losonczy (Czongrad), Christoffer Dupont (Copenhague), Luccon (Lustenau), Andreas Bittis (Aachen) e outros começaram com publicar sobre suas experiências com o concreto

⁵ Folha acrílica é ótica transparente, não afetado pela umidade, e oferece uma elevação - força - relação do à-peso. Plexiglás - o acrílico oferece a transmitância clara elevada e pode facilmente calor-ser dado forma sem perda de claridade ótica. A exposição prolongada à umidade, ou mesmo a imersão total na água, não efetuam significativamente as propriedades mecânicas ou óticas deste material proeminente.

com fibras óticas, denominado concreto translúcido. Portanto, a ideia não era perguntar onde, quem e como foi inventado o concreto translúcido, ou importante agora era método e técnicas que poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento deste novo material.

3.2 O Material

Na Roma Antiga, o concreto foi um material cuja fabricação e uso na construção era bem conhecido por suas propriedades de resistência à compressão a qual adquiriam com a mistura de água, cal e a cinza vulcânica existente na época. Posteriormente, a incorporação de diferentes materiais à mistura ajudou na obtenção de distintas propriedades que foram usadas em diversas construções segundo o objetivo de cada uma delas. Textura, cor e expressão arquitetônica são algumas das inumeráveis propriedades que este material oferece na atualidade (MASSAI, 2005).

Este inovador material está composto de membranas, painéis e filtros que jogam com a translucidez e a opacidade de suas superfícies e criam uma nova arquitetura de luz com sombras. São arquiteturas abstratas de pedra e fibras óticas, que incidem na textura da superfície do concreto e na rigidez do material.

Segundo He (2011), a ideia principal do concreto transparente é grande quantidade de fibras óticas utilizadas como elemento transmissor as quais são diretamente dispostas no concreto. Diferentes quantidades de luz podem ser transmitidas pelo concreto dependendo da quantidade de fibra, que são regularmente distribuídas. A fibra ótica é um excelente meio de transmissão de luz de ondas, que tem sido utilizada em instalações de iluminação para projetos arquitetônicos.

Segundo San Martin (2011), e o resultado é uma superfície com aparências que continuam lembrando o concreto comum, mas que surpreende o observador quando é invadido pela luz em um de seus lados e a transporta até o outro. É fantástico poder ver as sombras, quase perfeitas andarem através das paredes.

É um material de construção inovador com características translúcidas que possui a solidez e a resistência do concreto convencional, além de milhares de fibras óticas que incorporadas, permitem visualizar as formas no espaço exterior.

O concreto translúcido como mostra a *Figura 24* é a ideia de integrar o vidro à mistura dos materiais, milhares de fibras óticas que podem ir entre dois microns aos dois milímetros de diâmetros. As fibras são dispostas paralelamente às faces do bloco, após é colocado o concreto simples na forma disposta.

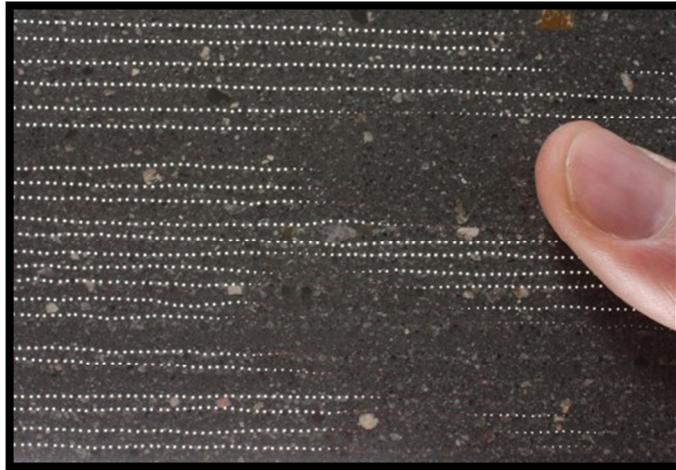


Figura 24: Concreto Translúcido.

Fonte: <http://www.stylepark.com/en/luccon/translucent-concrete>

Os blocos ou painéis pré-fabricados são comercializados em tamanho de 30x60cm, sem perder a propriedade de transmissão de luz e das cores, independente da espessura dos blocos. Uma espécie de cristal fino dentro dos blocos é feito com a mistura das fibras que permitem transferir a luz através da parede, criando efeitos muito interessantes.

Assim, as fibras integram-se ao agregado tradicional do concreto e o resultado é uma superfície com aparências que continua lembrando o concreto comum, mas que surpreende o observador quando é invadido pela luz. A translucidez do material se produz pelas fibras óticas que conduzem a luz por meio de pequenos pontos que iluminam a face do bloco oposto como ilustra a *Figura 25*.

Segundo Zhou (2009), a fibra ótica é um excelente meio para transmitir a luz em forma de reflexão. A fibra ótica tem as vantagens de uma maior ductilidade e boa flexibilidade para um ambiente hostil. Com base nas características mencionadas, as fibras óticas proporcionaram uma nova construção ou material que tem uma aparência transparente e capacidade de avaliação estrutural.



Figura 25: Concreto com fibra ótica.

Fonte: <http://vi.sualize.us/view/6e4d6bbc87fc527e152dca380c6c36c5/>

Em teoria, uma parede poderia ter 20 cm de espessura ou 2 metros de espessura e as características do produto não teriam nenhuma alteração com esta nova tecnologia, já que a transmissão de luz esta dada pelas fibras óticas.

Estruturas autoportantes podem ser construídas com este novo material, já que estudos indicam que a fibra ótica não prejudica a resistência à compressão do concreto. A construção de blocos de concreto translúcido incorpora propriedades de isolamento térmico, de suporte, luz e decoração.

Ensaio produzidos em laboratório podem obter a resistência à compressão para um bloco de concreto com fibra ótica, 70 MPa o que pode ser comparado com um concreto de alta resistência. Considerando que o material concreto translúcido como elemento estrutural ainda não está normatizado, os ensaios realizados indicam que sua resistência não é modificada.

Originalmente, o trabalho da colocação dos fios de fibra ótica no concreto e feito individualmente, o que aumenta o tempo de produção e o custo do material. Novos processos semiautomáticos de fabricação do concreto com fibra ótica são incorporados, sendo o tecido de fibra como ilustra a *Figura 26* uma alternativa de melhoramento em lugar de fios individuais.

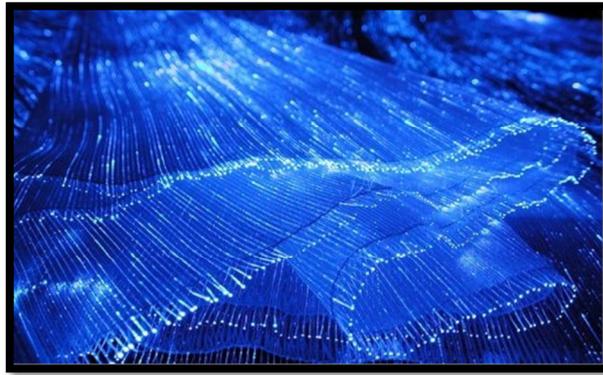


Figura 26: Tecido de fibra ótica.

Fonte: http://lorenaarquiteta.blogspot.com.br/2010_09_01_archive.html

O interessante neste conceito é que as fibras óticas funcionam tanto em luz natural como artificial, garantindo uma ótima produção de imagens. A fibra ótica permite a passagem de grandes quantidades de luz através do concreto. O material se proporciona em blocos e painéis pré-fabricados e tem em teoria as mesmas propriedades que o concreto comum.

Mostra-se o bloco composto de concreto com fibra ótica introduzido em um molde como ilustra a *Figura 27*, com a terminação do processo de cura do material é cortado em painéis da espessura específica e polida na superfície para dar uma expressão plástica com resultados brilhantes.

O material foi exposto no Liquid Stone no Museu Nacional da construção, abrindo variadas possibilidades aos visitantes. O benefício e claro atrativo oferecido pelo concreto com fibra ótica como material para projeto de arquitetura e de interiores, tem seduzido algumas empresas que visualizaram as capacidades do material para diversas aplicações.



Figura 27: Molde concreto com fibra ótica.

Fonte: <http://www.domusweb.it/en/design/transparent-concrete/>

Portanto, está claro que o concreto translúcido é um material com um potencial enorme, este material, contudo, apenas representa alguns das inúmeras possibilidades. Toma-se então a responsabilidade de apresentar o concreto translúcido como matéria para ser exposto em espaços arquitetônicos e públicos como ilustra a *Figura 28*, estações de metrô, iluminação em saída de escadas contra incêndios e as estradas.



Figura 28: Parede fabricada com painéis de concreto translúcido.

Fonte: <http://www.litracon.hu>

O custo do material em m² com relação ao concreto convencional, pode passar a ser cinco vezes maior (aproximadamente 2600 reais), provavelmente devido a 3 fatores:

- Custo do material: Além do custo dos materiais tradicionais, acrescenta-se o custo do novo material a fibra ótica.
- Custo de produção: necessário contar com uma equipe especializada de profissionais dentro do pessoal que estuda e desenvolve o produto, devido há seu pouco tempo no mercado é necessária maior pesquisa. Além de maquinaria especializada para sua produção e fabricação, que permite a ubiquação das fibras de forma ótima para obter o efeito desejado com precisão.
- A denominação ao valor agregado que possui um produto só por ser novo e exclusivo.

A característica inovadora e fascinante deste material para a arquitetura do futuro favorece na criação de novos espaços estéticos e arquitetônicos cheios de luz, pavimentos iluminados, objetos decorativos e mobiliários urbanos. Este inovador material permitirá que os arquitetos inovem com as luzes. Edificações sustentáveis contribuindo na diminuição do

consumo de energia no interior das moradias e escritórios, vantagens que o concreto oferece, ampliando a imaginação do construtor no momento do projetar.

3.3 Propriedades

Ao longo dos anos, diversas técnicas têm sido desenvolvidas com a finalidade de aumentar a eficiência dos concretos. Os esforços atuais concentram-se na evolução das composições com o aprimoramento dos processos e técnicas de produção. Com novas aplicações tanto na composição quanto nos métodos o concreto translúcido pode oferecer a translucidez como principal característica do material.

O material é fabricado com fios de fibras óticas que conduzem a luz de um ponto ao outro em forma de pequenos pontos a partir de uma face iluminada à face oposta; ele oferece boas propriedades na arquitetura melhorando a visão estética do edifício; totalmente favorável ao meio ambiente devido à sua característica de transmissão de luz, por isso o consumo de energia pode ser reduzido. Cabe salientar, que as propriedades do concreto convencional não se modificam ao adicionar uma determinada quantidade de fibras óticas.

3.4 Vantagens e desvantagens

Convém ressaltar, que as vantagens do concreto translúcido superam em muito suas desvantagens, que sem dúvida, constituem objeto de busca de tecnologias adequadas às soluções requeridas. Portanto, o concreto translúcido promete ser uma revolução devido às suas propriedades físicas e químicas, além de sua principal característica, permitir a passagem de luz possibilitando sua utilização em espaços interiores e exteriores com métodos inovadores de construção.

3.4.1 Vantagens

Estudos têm demonstrado que o concreto translúcido tem vantagens em relação ao concreto convencional bem como:

- Capacidade de transmitir a luz de um extremo a outro em diversas condições (cantos ou curvas) sem perder a condição de transmissão como ilustra a *Figura 29*.



Figura 29: Concreto translúcido com fibra dispostas organicamente.

Fonte: <http://www.stylepark.com/en/litracon/litracon>

- Os fios de fibra ótica são dispostos no bloco, paralelamente e com as extremidades expostas nas superfícies que ficarão aparentes, através das quais ocorrerá a transmissão de luz, natural ou artificial.
- Permitir a passagem de uma luz suave e tênue, aproveitando melhor a luz solar.
- O concreto translúcido é mais maleável e impermeável graças à presença das fibras óticas.
- Possível redução de luz artificial, permitindo a diminuição do consumo de energia.
- Pode apresentar pequena absorção de água;
- É fabricado nas cores brancas, cinza, preta, podendo ser produzido em tamanhos, espessuras e cores fora do padrão como ilustra a *Figura 30*.
- Estudos apontam a uma possível redução da permeabilidade, e um peso em volume de 30 % inferior a um concreto convencional.
- Sensação de segurança que aporta o novo material em quanto à iluminação natural em escadas e saídas de emergência.

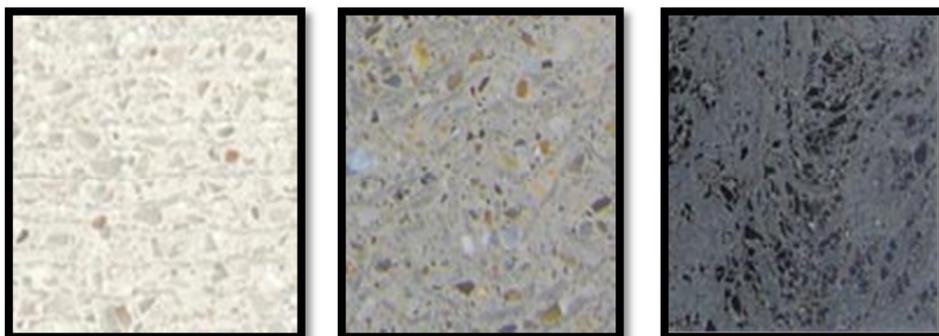


Figura 30: Concreto translúcido em cores.

Fonte: <http://www.litracon.hu/product.php?id=7>

3.4.2 Desvantagens

- O preço ainda gira em torno de 2600 reais o m², sendo mais caro que o concreto convencional.
- Até agora apenas é considerado um produto de alvenaria de vedação, já que não esta reconhecida pela normativa técnica atual, quer dizer que não pode receber cargas, seu uso é exclusivo para decoração apesar de suas vantagens físicas e químicas.
- Mão-de-obra mais especializada o que aumenta o custo do produto no mercado.

3.5 Quantidade de luz

A luz que deixa passar o concreto translúcido depende da quantidade de fios de fibra ótica introduzido neste. Ao ser um material translúcido, deveríamos realizar ensaios para poder quantificar a quantidade de luz que pode atravessar o concreto. A depender da translucidez medida e da dosagem fibra - concreto, serão obtidas as relações ótimas para maximizar a passagem de luz.

Conforme explica o arquiteto e designer de iluminação Igor San Martin, o concreto translúcido oferece diversas vantagens tanto no dia quanto à noite em uma palestra apresentada em Belo Horizonte. Segundo San Martin (2007):

Como o material permite a entrada da luz do sol em áreas comuns das construções, pode ser uma ótima maneira de evitar desperdícios de energia. “Cerca de 45% da energia elétrica de uma casa são gastas com a iluminação. Esse novo material, além de proporcionar modernidade e conforto ao ambiente, também poderá diminuir o valor das contas de luz no final do mês”, lembra ele. Não há limites para os tamanhos e utilizações no LiTracon. (SAN MARTIN, 2007).

O material promete uma revolução na construção e no aproveitamento da luminosidade. Essa tecnologia nos obrigará a ter uma nova visão na maneira de iluminar os espaços.

3.6 Indústrias que fabricam o material, no mundo e no Brasil.

3.6.1 LiTraCon (Hungria)

Em Aachen (Alemanha) uma pequena empresa está trabalhando o concreto de maneira diferente. Acrescentando fibra ótica ao concreto obtém um novo material translúcido

chamado LiTraCon como ilustra a *Figura 31*. Este novo material tem a capacidade de transmitir luz de um lado para outro.



Figura 31: LiTraCon 2001.
Fonte: <http://www.litracon.hu>

Os diâmetros das fibras variam de dois micros a dois milímetros. Assim usando fibras de diferentes diâmetros os designers podem conseguir criar diferentes efeitos de iluminação, sem variar os efeitos de translucidez que apresenta o bloco. Com estes blocos, arquitetos podem projetar e construir variedades de paredes e estruturas.

Características do concreto translúcido Litracon

- Peso volumétrico máximo de 2100 kg/m³
- É impermeável.
- Possui uma maior resistência ao fogo que o concreto convencional.
- A preparação dos concretos se realiza com a maquinaria tradicional.
- A cura é tradicional e não requer de tratamentos térmicos o de laboratório.

3.6.2 Luccon (Alemanha)

Produzido pela companhia Alemanha Heidelberg Cement AG, o Luccon é um produto similar ao LiTraCon, quem decidiu trabalhar outro método de fabricação, reduzindo a quantidade de fibras e empregando fibras mais grossas como ilustra a *Figura 32*. Além, as fibras são justapostas, obtendo como resultado uma linha de luz. O concreto é constituído de agregados de reduzidos diâmetros, o que faz do concreto um material fino em na sua aparência.

Luccon incorpora uma nova tecnologia de concreto translúcido com isolante térmico integrado para o emprego de perímetro de elementos estruturais. Mantendo as características óticas de pedras ambos os lados, e o isolamento situado no meio a modo de painel sanduíche.



Figura 32: Luccon Vener, Kengo Kuma, Tokyo Japan 2009.

Fonte: <http://www.luccon.com/de/>

Blocos e placas pré-fabricados são feitas com o material, com as mesmas propriedades do concreto convencional. São muitas suas possibilidades de uso do material, tanto para arquitetos, designers e projetistas.

3.6.3 Lucem Lichtbeton (Alemanha)

Material translúcido composto de mármore de grão fino, cimento e milhões de fibras que transmitem a luz através do material. Utilizado com fontes artificiais e luz solar para iluminar objetos e pessoas como ilustra a *Figura 33*, Lucem, aparece como sombras mais ou menos fortes dependendo da distância do objeto.

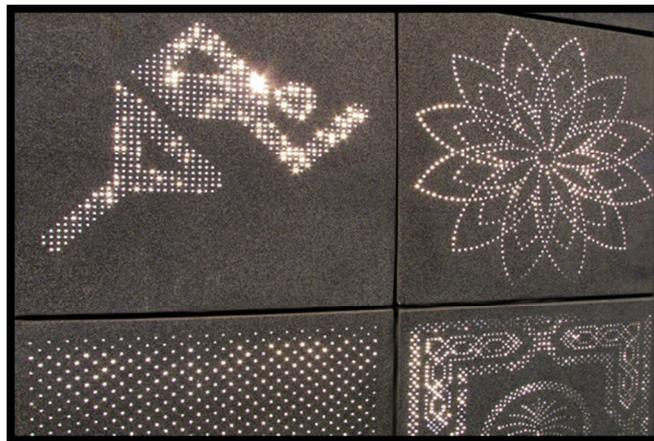


Figura 33: Lucem.

Fonte: <http://www.lucem.de/>

São fabricados elementos de revestimento de paredes, pisos de baldosas, tijolos, mesas e lavabos. O produto tem uma impregnação com mistura de fibra de vidro, cimento e areia a qual o faz impermeável ao calor, o frio e aos raios Ultra Violeta.

3.6.4 Dupont Lightstone (Dinamarca)

Dupont lightStone é uma nova tecnologia concreto e fibra ótica. É um tipo de sinalização digital direta em superfícies como solos, calçadas e paredes expostas no exterior. Com a composição do concreto com as fibras óticas dispostas em uma posição, projeta uma imagem que aparece ao outro extremo. Milhares de pontos de luz fazem parte da emissão da imagem ao vivo detectada na superfície como ilustra a *Figura 34*.

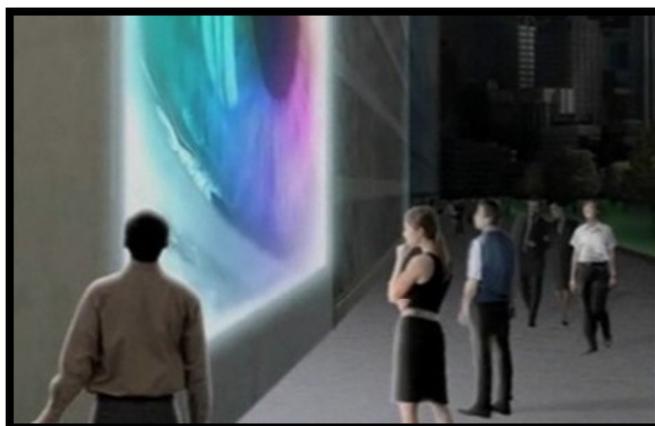


Figura 34: Dupont Lightstone.
Fonte: <http://dupontlightstone.com/>

A utilização do concreto com a fibra ótica surpreende os assistentes que ignoram que a parede é um painel que projeta uma imagem ao vivo. A arquitetura de um edifício pode-se converter numa sinalização estética de imagens.

A pedra de luz como é chamada é utilizada como elemento arquitetônico para informação, publicidade ou imagens de luz no interior e exterior das edificações, além, imagens podem ser projetadas em pisos, fachadas e calçadas, inclusive para sinalização ao vivo em aeroportos, hotéis, clubes, shopping centers e estradas. Dupont Lightstone dá a bem-vinda à era da pedra digital (DUPONT,2006).

3.6.5 Pesquisa sobre o concreto translúcido nas universidades do Brasil.

Dois centros de pesquisa que se tem notícia, já conseguiram desenvolver o material no país. Um deles é o Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual Vale do Acaraú, em Sobral, no Ceará, e outro, o Laboratório de Tecnologia da Construção da UNIVATÉS (Universidade do Vale do Taquari), em Lajeado, no Rio Grande do Sul. O objetivo dos pesquisadores brasileiros é conseguir reduzir o custo de fabricação do concreto translúcido como ilustra a *Figura 35*, ganhando mercado na indústria da construção.

Segundo Tutikian *apud* Santos (2009), estima-se que o bloco custaria ao redor R\$ 200 simplesmente como uma aplicação estética, mas o avanço das pesquisas pode barateá-lo e ampliar seu uso. Além, esclarece:

O valor alto do concreto translúcido se deve ao fato de que ele utiliza fibras ópticas misturadas com concreto autoadensável. São as fibras que garantem luminosidade e transparência ao material. “A opção pelo autoadensável é que ele é uma categoria de concreto que pode ser moldado em fôrmas, preenchendo cada espaço vazio através exclusivamente de seu peso próprio, não necessitando de qualquer tecnologia de compactação ou vibração externa. (SANTOS, 2009).

O processo de fabricação do bloco de concreto com fibra ótica dura entre dois e três dias dependendo do lugar de fabricação sendo relativamente simples. Sua resistência é igual ao concreto comum e para a cura é submerso em água. O processo de fabricação no Brasil é tardio comparado com o processo europeu que está sendo produzido industrialmente.

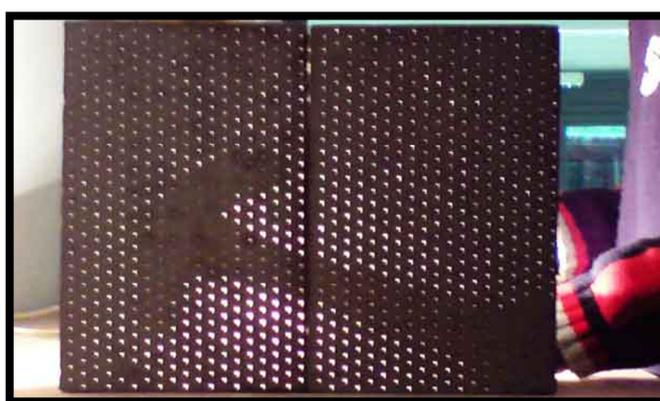


Figura 35: Concreto translúcido Universidade univates.

Fonte: <http://www.piniweb.com.br>

Como resultado dos trabalhos e pesquisas feitos em laboratório da universidade UNIVATES surge à empresa Dosacon (incubadora tecnológica da Univates) fundada desde o início de 2010, e que tem como finalidade o desenvolvimento de materiais e produtos para a

industrialização civil a base de concreto (material composto por cimento, areia e fibra ótica), como ilustra a *Figura 36*, com ênfase na elaboração de produtos sustentáveis.



*Figura 36: Concreto Translúcido fabricado pela empresa Dosacon.
Fonte: <http://dosacon.com.br/>*

3.7 Outros tipos de concreto translúcido

3.7.1 Light Italcementi Group (Itália)

Cimentos com aditivos inovadores é a proposta de I. Light Italcement Group, a qual garante a transparência através do painel. O material de cimento possibilita a passagem da luz em ambas as direções. A união de resina de plástico com o cimento proporciona excelentes propriedades de fluxo da mistura. O cimento possui maior rendimento e transparência que os concretos fabricados com fibras óticas, além do menor custo permitindo a aplicação em grande escala.

Resinas de diferentes cores interagem com a luz natural e artificial, criando iluminação suave, quente, brilhante e clara no interior e exterior do edifício. O cimento transparente como ilustra a *Figura 37*, oferece maior luminosidade em comparação com a fibra ótica, já que os ângulos de incidência de luz da resina são mais amplos.



Figura 37: Primeiros experimentos Italcementi Grupo em 2008.

Fonte: <http://www.italcementigroup.com>

Os painéis fabricados têm as propriedades de um concreto convencional sólido e isolante, além de transmitir a luz naturalmente sem criar fissuras nem pondo em perigo à estrutura do edifício.

3.7.2 Concretos translúcidos Ilum (México)

Criado em 2005 pelos engenheiros mexicanos, Joel Sosa Gutiérrez e Sergio Omar Galván Cáceres, permitem a passagem da luz e melhora algumas importantes características mecânicas, permitindo a passagem da luz através dele sem distorção da imagem.

Segundo Ilum (2012), este revolucionário material tem uma resistência à compressão de mínimo 450 Kg/cm^2 e um peso volumétrico até um 30 % menor do que um concreto convencional permitindo uma economia de energia e uma aparência estética, como ilustra a *Figura 38*, sem precisar de gesso, pintura e verniz.

Este concreto translúcido é um material polimérico, que contém cimento, agregado e aditivos. Permite a passagem da luz, desenvolvendo características mecânicas superiores às do concreto convencional e que comercialmente é conhecido como Ilum.



Figura 38: ILUM 2005.

Fonte: <http://journal3.net/spip.php?article331>

Este é um aditivo para a produção de um concreto que permite a passagem da luz até agora apresentada como fórmula secreta. Além de ter a virtude de introduzir objetos como ilustra a *Figura 39*, luminárias e imagens, até dois metros de espessura sem distorção.

Este produto está sendo utilizado para a construção de plataforma marítima, barragens e taludes já que seus componentes não se deterioram submerso na água. Com uma resistência 15 vezes maior, uma pequena absorção de água e a passagem da luz, este material é único no mundo.



Figura 39: ILUM, com objetos à vista pela transparência.

Fonte: <http://journal3.net/spip.php?article331>

3.8 O concreto translúcido no contexto da arquitetura

3.8.1 Litracon

3.8.1.1 Praça Estocolmo Suécia (2002)

Durante o dia, os blocos que fazem parte do chão como ilustra a *Figura 40*, têm aparência do concreto convencional. No final do dia, os blocos de concreto são iluminados pelas fontes de luz localizadas embaixo dos blocos.



Figura 40: Praça Estocolmo Suécia (2002).

Fonte: Litracon.hu

Quando a escuridão apodera-se da praça como ilustra a *Figura 41* e *Figura 42*, uma grande estrutura de luz em forma de anel ilumina esta nos diferentes pontos. As sombras das árvores em movimento aparecem na parede interior como se o edifício tem sido construído com papel de arroz.



Figura 41: Praça estocolmo, suecia (2002).

Fonte: Litracon.hu



*Figura 42: Praça estocolmo, suecia (2002).
Fonte: Litracon.hu*

3.8.1.2 Guarda-sol em uma casa particular (2004).

Vários blocos do material transmissor de luz foram definidos na janela da sala de jantar da casa de frente para o leste como ilustra a *Figura 43*. Este bloco é iluminado todos os dias pelas brilha de sol da manhã. De noite as luzes interiores se infiltram através dele a partir da direção oposta. Projetado pelo escritório Foldes Arquitetos, Budapeste, num tamanho de 40x120x6cm.



*Figura 43: Casa Budapeste (2004).
Fonte: Litracon.hu*

3.8.1.3 Boutique Montblanc, Japão (2006).

Projetada pela empresa LiTraCon para a boutique Montblanc em Japão, a qual fabricou blocos de concreto translúcido que conformariam a parede de 30 m². Cada bloco é fixado por quatro parafusos em uma estrutura de aço como ilustram a *Figura 44* *Figura 45*. Projetado pelo arquiteto Andreas Weidner, Tóquio Japão, num tamanho de 60x30x3cm.



*Figura 44: Montblanc Boutique – paredes interiores iluminadas (2006).
Fonte: Litracon.hu*



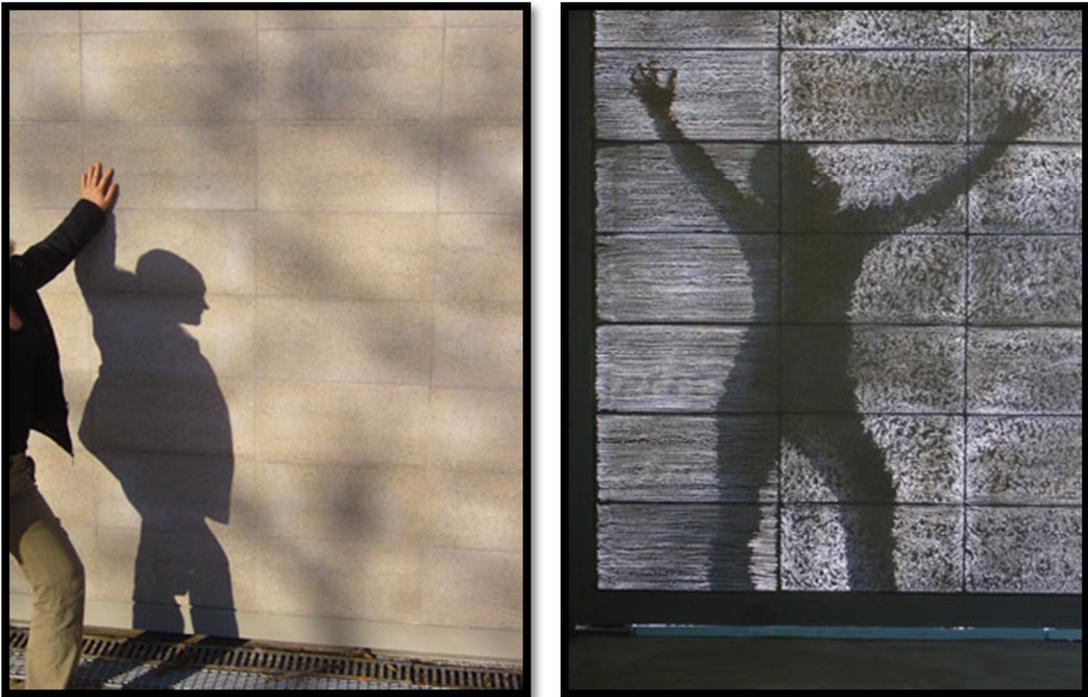
*Figura 45: Montblanc Boutique – paredes interiores iluminadas (2006).
Fonte: Litracon.hu*

3.8.1.4 Museu Cella Septichora (2006)

A porta de duas toneladas de peso fabricada de blocos de concreto translúcido (LiTraCon) como ilustram a *Figura 46* *Figura 47* *Figura 48*, serve como a entrada principal do Museu. Feita de 48 peças ou blocos de 10 cm de espessura, com barras pro-tensão entre os blocos. Os blocos se encontram no marco de aço para poder ser movimentado pela estrutura. Durante o dia, pode-se observar as sombras dos pedestres e os arvores dos ao redor desde o interior do museu. Pela noite, a porta ilumina-se desde o interior. Projetado pelo escritório Bachmann Architects, num tamanho de 361x244x10cm.



*Figura 46: Porta de entrada principal do Museu Cella Septichora (2006).
Fonte: Litracon.hu*



*Figura 47: Porta de entrada principal do Museu Cella Septichora (2006).
Fonte: Litracon.hu*



*Figura 48: Porta de entrada principal do Museu Cella Septichora (2006).
Fonte: Litracon.hu*

3.8.1.5 Memorial de veteranos de Iberville Parish (2008)

O monumento representa não apenas todas as guerras passadas e presentes mas também as guerras futuras. Simboliza quando todas as tardes o sol diminuí e como trai o monumento à vida como estrutura, estas iluminadas desde o interior, assim, como pelo ao redor como ilustra a *Figura 49* *Figura 50*. O monumento é a inspiração detrás dos veteranos de guerra. Construído em Louisiana, EE.UU e projetado pelo escritório Grace & Hebert Arquitetos, num tamanho 60 metros quadrados de blocos de LiTraCon.



Figura 49: Memorial de veteranos de Iberville Parish (2008).

Fonte: Litracon.hu



Figura 50: Memorial de veteranos de Iberville Parish (2008).

Fonte: Litracon.hu

3.8.2 Lucon

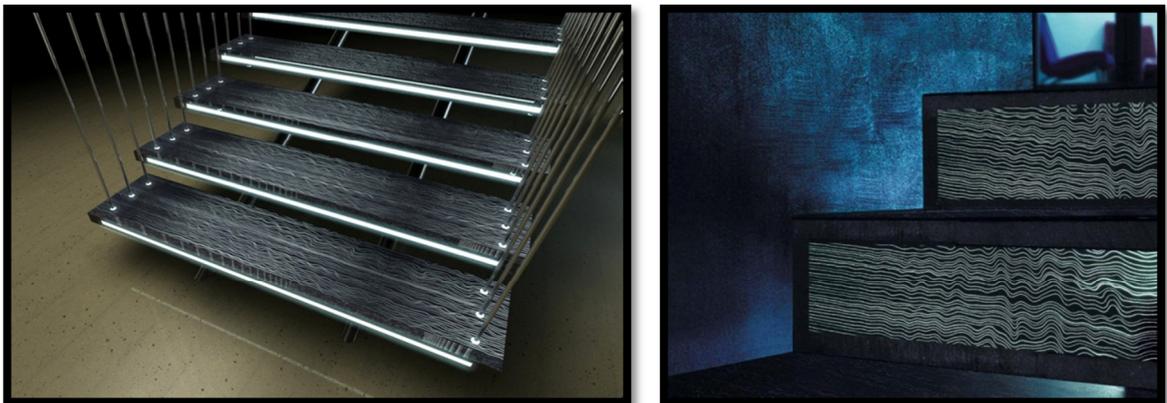
O concreto translúcido Lucon é fabricado em grandes formas com concreto de alta densidade e com cabos de fibra ótica os quais atravessam a massa de concreto. O resultado final tem uma peça de pedra natural e com um único padrão luminoso criado por acaso. Com o corte feito nos blocos podem-se obter variáveis formas e espessuras como ilustram as *Figura 51* *Figura 52* *Figura 53* *Figura 54* *Figura 55*.



*Figura 51: Shopping center SFC Emirados Árabes.
Fonte: Luccon.com/es*



*Figura 52: Bloco fabricado com concreto translúcido.
Fonte: Luccon.com/es*



*Figura 53: Escadas em concreto translúcido.
Fonte: Luccon.com/es*



*Figura 54: Loja JBR Fashion, Marina Walk, Dubai.
Fonte: Luccon.com/es*



*Figura 55: Balcão de Bar fabricado em concreto translúcido.
Fonte: Luccon.com/es*

3.8.2.1 Lucon e o Arquiteto Kengo Kuma (Exposição Tóquio 2009)

O concreto translúcido foi produzido com fibra brilhante, chamado ESKA, são fibras óticas de plástico que atravessam o concreto como ilustra a *Figura 56*, criando espaços misteriosos que combinam a transparência com a solidez do concreto. As vantagens das fibras de plástico em comparação de outros tipos de fibras óticas utilizadas como a fibra ótica de quartzo é que podem ter um diâmetro maior e são fáceis de processar.

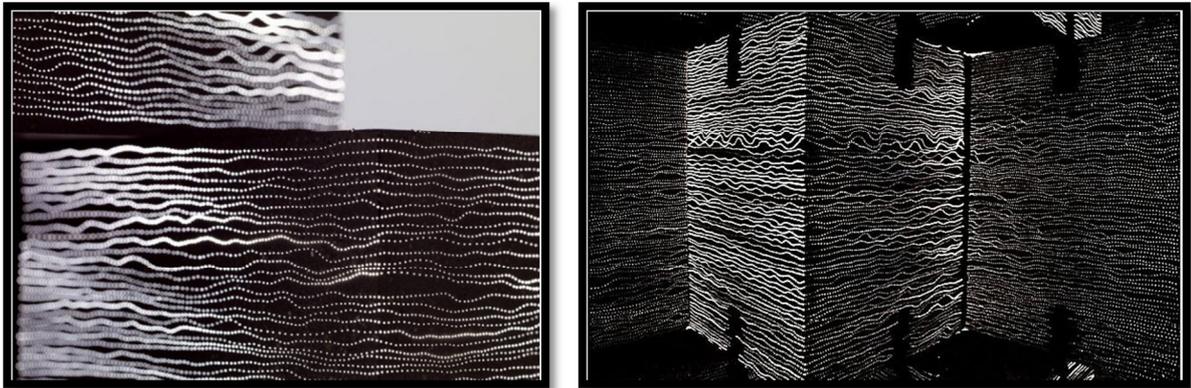


Figura 56: Concreto Translúcido com fibras plásticas ESKA.

Fonte: <http://www.architetturadi Pietra.it/wp/?p=3014>

Para obter o maior benefício das qualidades deste material, o arquiteto Kengo Kuma designou blocos com a forma de uma fatia de bolo como ilustra a *Figura 57*. Orientadas de tal forma que o lado refletivo encontra-se dentro do edifício, a luz que ingressa é amplificada e espalhada até em 1.8 vezes da área da superfície exterior do bloco e transmitida ao interior. Ao projetar a luz, sombras e imagens, oferece novos meios de comunicação por meio do concreto.

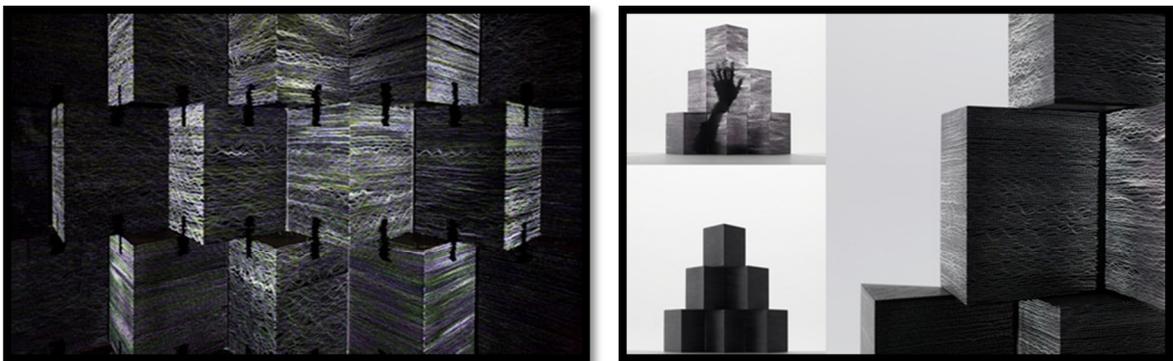


Figura 57: Concreto translúcido, Kengo Kuma – Luccon exposição de Tóquio Com/Fiber 2009.

Fonte: <http://www.architetturadi Pietra.it/wp/?p=3014>

Para o projeto atual, o arquiteto explorou uma nova forma de construção de vedação utilizando materiais que apresentam solidez e ao mesmo tempo deixem ingressar a iluminação como ilustra a *Figura 58* *Figura 59*, permitindo a criação de espaços ambíguos. O material que utilizo era um concreto especial chamado LUCCON, concreto de alta dureza integrado com um grande número de fibras óticas que permitem o ingresso de luz e que faz o material translúcido. Tem uma aparência de uma textura pétrea dura, mas quando é colocada uma luz

detrás do bloco a iluminação passa através das fibras ótica projetando a luz atuando como uma tela.

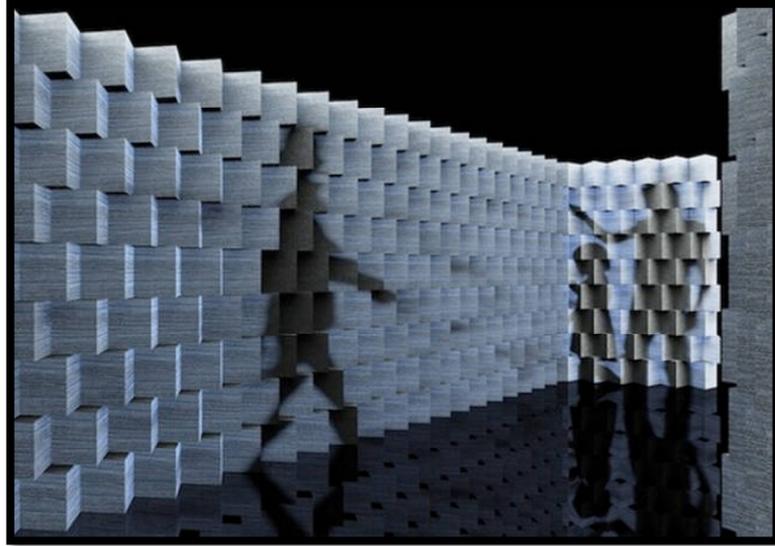


Figura 58: *Concreto translúcido, Kengo Kuma – Luccon exposição de Tóquio Fiber 2009.*
Fonte: <http://noticias.arquired.com.mx/shwArt.ared?idArt=357>]



Figura 59: *Concreto translúcido, Kengo Kuma – Luccon exposição de Tóquio Fiber 2009.*
Fonte: <http://noticias.arquired.com.mx/shwArt.ared?idArt=357>]

3.8.3 Lucem Lightbeton

3.8.3.1 Sede do banco da Geórgia 2011

No final de 2011 a nova sede do banco da Geórgia foi concluída. As remodelações do edifício projetado em 1975 para o ministério georgiano do Road-George, conta com uma serie

de revestimentos de parede feitos em concreto translúcido leve como ilustra a *Figura 60*Figura 61 (Lucem).



Figura 60: A sede do Banco da Geórgia, Tbilisi (2011).
Fonte: lucem.de



Figura 61: A sede do Banco da Geórgia, Tbilisi (2011).
Fonte: lucem.de

3.8.3.2 Signal Iduna, Dortmund

O projeto foi executado como destaque especial na entrada dos elevadores como ilustra a *Figura 62*Figura 63 nas salas de aulas, em forma de painéis fabricados em concreto translúcido da empresa Lucem. O sistema de iluminação foi concebido em cores de tons terra do interior e as placas com LEDS de luz branca quente. Projetado pelos escritório HPP Hentrich-Petschnigg, num tamanho de 120 x 60 cm. Em Espessura: 30 mm Quantidade: 35 metros quadrados.

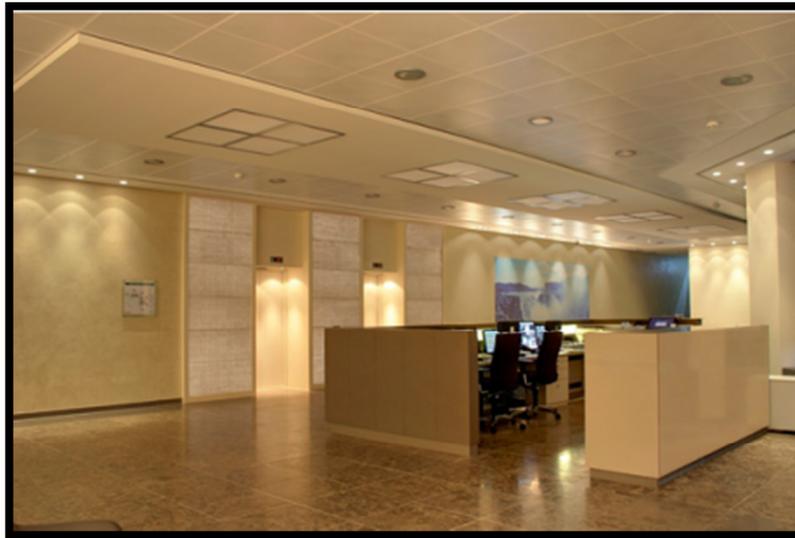


Figura 62: Entrada dos elevadores e nas salas de aulas.
Fonte: <http://www.lucem.de/index.php?id=228&L=0%2C>



Figura 63: Entrada dos elevadores e nas salas de aulas.
Fonte: <http://www.lucem.de/index.php?id=228&L=0%2C>

3.8.3.3 Clínica Genk, Bélgica.

Elegância clássica, móveis de alta qualidade, serviço perfeito no setor privado de saúde. A construção de uma clínica comunitária, com uma grande parede de Lucem concreto translúcido utilizado criativamente como um divisor entre a sala de espera e os escritórios.

A área brilhante na sala de espera leva a um interessante jogo de sombras no lado dos escritórios como ilustra a *Figura 64*. As silhuetas das pessoas são caracterizadas pela parede da passagem. Para a montagem dos painéis, um sistema de encaixe desenvolvido com perfis

de aço verticais. Projetado pelo escritório Buro Bélgica, num tamanho de 100 x 100 cm de espessura 30 mm, quantidade: 30 m².



Figura 64: Sala de espera e escritórios da Clinica Genk, Belgica.

Fonte: <http://www.lucem.de/index.php?id=226&L=1%27>

3.8.3.4 Lucem cubo Rotterdam (2010)

Cubo fabricado em concreto translúcido como ilustra a *Figura 65* para uma área de recreação e espaços urbanos. Cubos de concreto são visíveis na paisagem, que também cercam o verde. Os pontos chave destes cubos de concreto translúcido são marcados pelas passagens do porto até o parque. Ele foi feito com uma iluminação convencional como postes de luz para não prejudicar a passagem da água. Projetado pelo escritório Cuprohaag Lichttechniek, num tamanho de 45x45cm e espessura de 30 mm.



Figura 65: Lucem Cubo Rotterdam 2010.

Fonte: <http://www.lucem.de/index.php?id=230&L=0%2C>

3.8.4 Light Italcementi (2010)

A empresa Italcementi desenvolveu um novo tipo de cimento, que, através da ligação de resinas específicas, permite fabricação de painéis que transmitem a luz: este é o i.light novo produto composto como mostra a *Figura 66*.

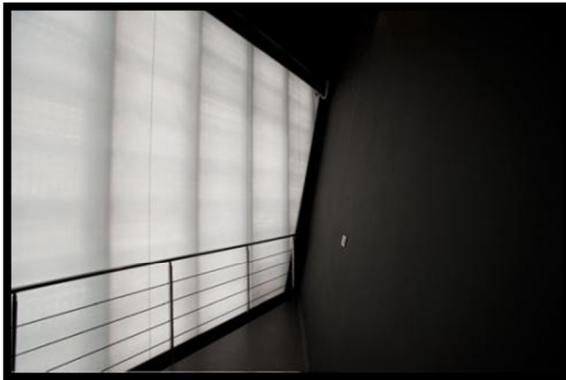


Figura 66: Pavilhão Italiano na Expo Mundial de Shanghai empresa Italcementi (2010).
Fonte: <http://www.italcementigroup.com>

Para atender as necessidades específicas de projeto arquitetônico Italcementi construiu paredes exteriores que garantem transparências como ilustram a *Figura 67*Figura 68, dada pela mistura inovadora de cimento e incrustações de resinas, para criar um painel final que combina a força típica de materiais de cimento com a possibilidade de transmitir a luz do interior do edifício como para o exterior.



Figura 67: Pavilhão Italiano na Expo Mundial de Shanghai da empresa Italcementi (2010).
Fonte: <http://www.italcementigroup.com>



*Figura 68: Pavilhão Italiano na Expo Mundial de Shanghai da empresa Italcementi (2010).
Fonte: <http://www.italcementigroup.com>*

CAPÍTULO IV
PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Ensaios experimentais

O estudo experimental foi dividido em fases, visando verificar a qualidade dos materiais empregados e metodologia de dosagem para o concreto com fibra ótica. Após análise, foram dosados corpos de provas para resistências media desejadas de 30 MPa. Uma vez moldados os corpos de prova, realizaram-se os ensaios para estudar as suas propriedades mecânicas: resistência à compressão, assim como a propriedade do concreto com fibra ótica relacionada à iluminação. A seguir, serão relatadas as diversas fases dos ensaios.

4.1.1 Ensaios dos agregados

Os ensaios usados para os agregados avaliaram a qualidade dos materiais para a fabricação de concreto. O uso destes ensaios possibilitou o melhoramento dos concretos no momento da utilização em projetos arquitetônicos e civis. Para os ensaios dos agregados foram utilizados materiais provenientes da região de Brasília-DF, considerando de grande relevância sua procedência, pois as condições climáticas da região incidem nas características dos materiais. Na qualificação destes materiais, foram efetuados os seguintes ensaios, com os respectivos métodos de execução, discriminados a continuação.

4.1.1.1 Determinação da massa unitária do agregado miúdo em estado solto NBR 7251/1982

O procedimento adotado em laboratório foi à determinação da massa unitária do agregado miúdo em estado solto. Para isso, foi feito a medição da massa de quatro (4) amostras de agregado miúdo dentro de um recipiente de massa e volume conhecidos como ilustra a *Figura 69*.

As amostras de agregado foram lançadas de uma altura constante de 10 a 12 cm em um recipiente dentro de uma bacia até que ficasse completamente cheio. Os excessos de agregado acima da borda do recipiente foram deste modo, rasados com uma régua e o conjunto foi então pesado. A massa do agregado solto é a diferença entre a massa do recipiente cheio e a massa do recipiente vazio.



Figura 69: Determinação da massa unitária de agregados no estado solto.
Fonte: Foto da Autora.

4.1.1.2 Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman NBR 9776/1987

Colocou-se água no frasco de Chapman até marca de 200 cm^3 deixando-o em repouso, para que a água aderida às faces internas do frasco escorresse totalmente, em seguida, introduziu-se, cuidadosamente, 500 gr de agregado miúdo seco no frasco, o qual deve ser devidamente agitado para eliminação das bolhas de ar.

A leitura do nível atingido pela água no gargalo do frasco indicou o volume, em cm^3 , como ilustra a *Figura 70* ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo, apontando para que as faces internas do gargalo estivessem completamente secas e sem grãos aderentes.

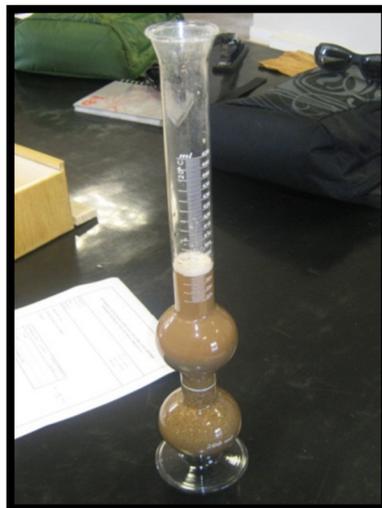


Figura 70: Frasco de Chapman.
Fonte: Foto da Autora.

4.1.1.3 Ensaio de umidade do agregado graúdo pelo método da secagem em estufa

Conhecendo as propriedades dos materiais para o ensaio, procedeu-se a determinar a massa do recipiente vazio, com a ajuda de uma balança e a utilização de três (3) taras de alumínio de aproximadamente 45gr como ilustra a *Figura 71*.

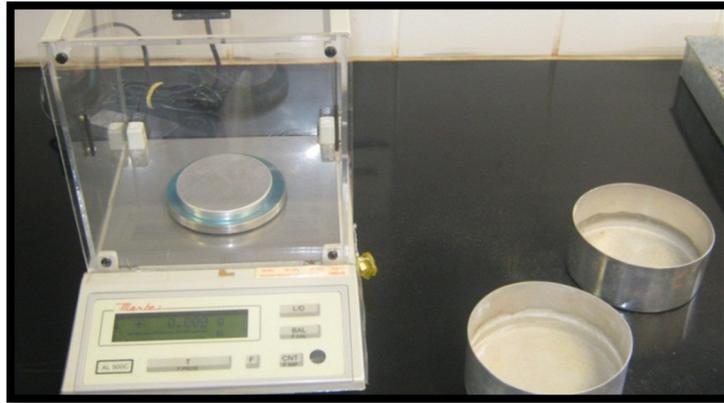


Figura 71: Agregado miúdo, método estufa.
Fonte: Foto da Autora.

Logo depois, encheu-se cada uma das taras com o agregado graúdo e miúdo, para depois pesagem das amostras. Foram tomadas três amostras de agregado miúdo e três amostras de agregado graúdo. A continuação às taras com as diferentes amostras dos agregados os quais foram levadas para a estufa a temperatura de 105 - 100°C, durante 24 horas.

Seguindo com os métodos explicados nas normas brasileiras, foram esperadas 24 horas para a nova pesagem das amostras, as quais são retiradas da estufa e submetidas a nova pesagem. Procedendo com o ensaio são anotados os pesos obtidos das diferentes amostras de agregado, onde por meio da fórmula será expressa a umidade superficial do agregado.

A umidade superficial do agregado graúdo e miúdo é dada pela expressão:

$$1 \quad \%mat. \text{ pulv.} = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \times 100$$

Os resultados não devem diferir entre si de mais do que 0,5 %

4.1.1.4 Determinação da massa específica do agregado graúdo pela balança hidrostática NBR 9937/1987

Inicialmente foi tomada a amostra do agregado graúdo em estado seco, para logo depois pesar 1000 gr do material em uma balança. O material foi levado a uma cesta metálica a qual foi submersa em um balde com água a qual deveria ficar a cesta totalmente submersa.

A cesta metálica estava pendurada da balança como ilustra a *Figura 72* que serviria para pesar a amostra em estado úmido, com isto seria possível determinar a massa específica do agrega em estado seco e úmido. A amostra foi pesada submersa na água, e depois retirada para escorrer e secar os grãos do material com pano úmido para garantir que atinja a condição de agregado saturado com superfície seca. Este ensaio garante que os poros permeáveis da amostra estejam repletos de água.



Figura 72: Balança Hidrostática.

Fonte: <http://www.weiku.com/products-image/5452333/Electronic-Hydrostatic-Balance.html>

4.1.1.5 Determinação da composição granulométrica de agregados para concretos e argamassas NBR 7217/1987

A amostra para o ensaio foi colocada na peneira e pesada na balança, anteriormente tarada conjuntamente com a peneira e sem amostra, logo é colocado o agregado na peneira

com um peso de 1000 g, procedeu-se a anotar os dados obtidos pela pesagem da amostra para depois ser levadas à agitação mecânica.

Tomando as peneiras em ordem crescente como ilustra a *Figura 73* (com tampa e fundo falso encaixado), foram encaixadas as peneiras observando-se a ordem crescente (base para topo) da abertura das malhas. Colocou-se a amostra na peneira superior e se executou o peneiramento, que foi feito manual e mecânico. Cabe salientar a importância de promover a agitação mecânica o manual do conjunto de peneiras por um tempo razoável, para permitir a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grão da amostra.



Figura 73: Peneiras para a determinação da granulometria do agregado. Agitação manual e mecânica.

Fonte: Foto da Autora.

Escovou-se a tela em ambos os lados para limpar a peneira e foi pesada a amostra. Procedeu à verificação da próxima peneira, depois de acrescentar o material passante na peneira superior, até que todas as peneiras do conjunto tivessem sido verificadas. Em seguida foi determinada a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3%.

Para cada uma das amostras de ensaio, foi calculada a percentagem retida, em massa, em cada peneira, com aproximação de 0,1%. As amostras apresentaram a mesma dimensão máxima característica e, nas demais peneiras, os valores de percentagem retida individualmente não diferiram mais que 4% entre si.

4.1.1.6 Determinação do teor de materiais pulverulentos NBR 7219/1987

O material ensaiado foi retirado de uma amostra de areia previamente coletada e devidamente acondicionada de modo a garantir a manutenção das suas características. Tendo em vista que a areia a ser ensaiada tem o diâmetro máximo inferior 4,8mm, coleta-se 1kg desta amostra para o ensaio segundo a NBR 7219/1987.

Após, a pesagem a amostra é colocada na vasilha e recoberta com água em excesso. A amostra na vasilha é então agitada vigorosamente com as mãos de forma a provocar a separação e suspensão das partículas finas (com o devido cuidado reservado a perda de material), parte da água é então cuidadosamente vertida para outro recipiente (água descartável do restante do ensaio) através da peneira de malha 0,075mm (o material retido na peneira é posteriormente recolocado na vasilha).

Este processo de lavagem do agregado com água em excesso e passagem desta água pela peneira de malha 0,075mm é repetida por mais três vezes até que a água não apresente mais nenhum material em suspensão (límpida). O material retido na peneira de malha 0,075mm é recolocado em uma vasilha, onde agregado lavado é então levado à estufa como ilustra a *Figura 74* para a secagem, sendo mexido até que sua coloração denote a total ausência de água.

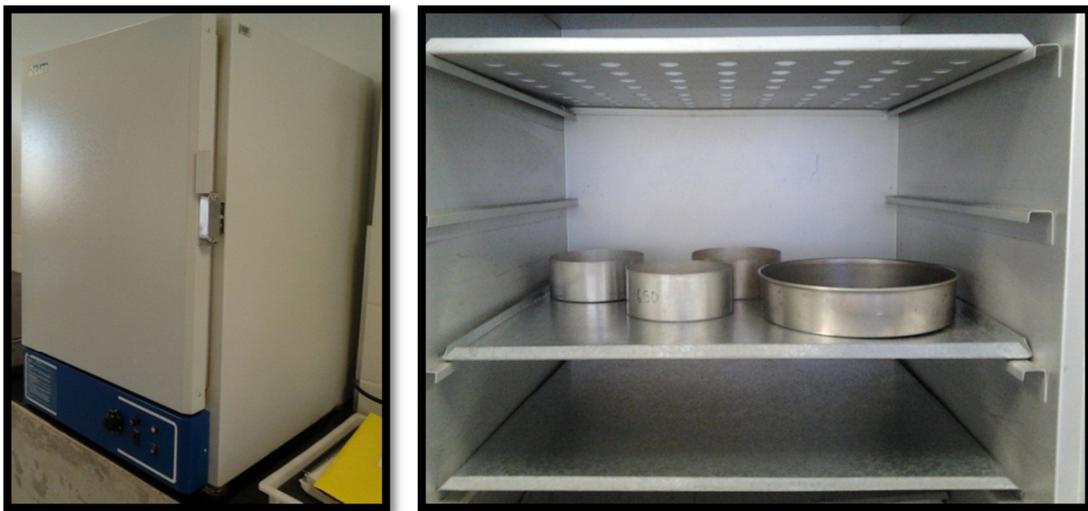


Figura 74: Estufa para determinar o material pulverulento.

Fonte: Foto da Autora.

Seguindo com a norma NBR 7219/1987, os teores de material pulverulento do agregado miúdo devem ser menor ou igual a 3% para utilização em concreto submetido a desgaste superficial e menor ou igual a 5% para os demais concretos.

4.1.2 Cimento Portland: Determinação do tempo de pega NBR NM 65/2003

A pasta de consistência normal deve ser preparada e o enchimento dos moldes para a determinação dos tempos de pega. Considera-se adequado passar uma fina camada de óleo mineral sobre a placa de base e a superfície interna do molde, antes de seu enchimento, de forma a facilitar a operação de retirada da forma do ensaio.

Para prepara a pasta de consistência normal deve-se pesar os materiais para preparação da pasta, a massa de cimento a ser utilizada na preparação deve ser de 500 gr, com a água. Misturar a pasta de cimento e água como ilustra a *Figura 75*. Encher o molde tronco-cônico com a pasta, sem promover compactação. Rasar com uma régua metálica ou com a própria espátula, sem promover compactação.

Passados um tempo mínimo de 30 min após o enchimento do molde, foi colocado com a placa base no aparelho de Vicat, com a Agulha de Vicat para a determinação do tempo de início de pega voltada para baixo e já devidamente zerada.



Figura 75: Batedeira para ensaio do início e fim de pega.

Fonte: Foto da Autora.

Soltar as partes móveis da agulha como ilustra a *Figura 76*, permitindo que a agulha penetre verticalmente na pasta. Ler a indicação na escala quando houver terminado a penetração ou 30s após o instante em que a agulha foi solta, o que ocorrer primeiro. Anotar a

leitura no aparelho e o tempo contado a partir do instante em que a água e o cimento entram em contato.

Limpar a Agulha de Vicat imediatamente após cada penetração e anotar os resultados de todas as penetrações e, por interpolação, determinar o tempo em que a distância entre a agulha e a placa base é de (4 ± 1) mm. A precisão requerida é de 5 min e pode ser garantida reduzindo o intervalo de tempo entre determinações sucessivas à medida que se aproxima o início de pega.

Após realizar as medições descritas acima, deve-se determinação do tempo de fim de pega, utilizando a mesma pasta, e a agulha de Vicat para determinação do tempo de pega final. Substituir a agulha de Vicat para a determinação do tempo de início de pega pela agulha de Vicat para a determinação do tempo de fim de pega, cujo acessório anular facilita a observação exata de penetrações pequenas. Inverter o molde cheio, utilizado, sobre sua placa base, de forma que os ensaios para a determinação do fim de pega sejam realizados na face oposta do corpo-de-prova, que estava originalmente em contato com a placa base.

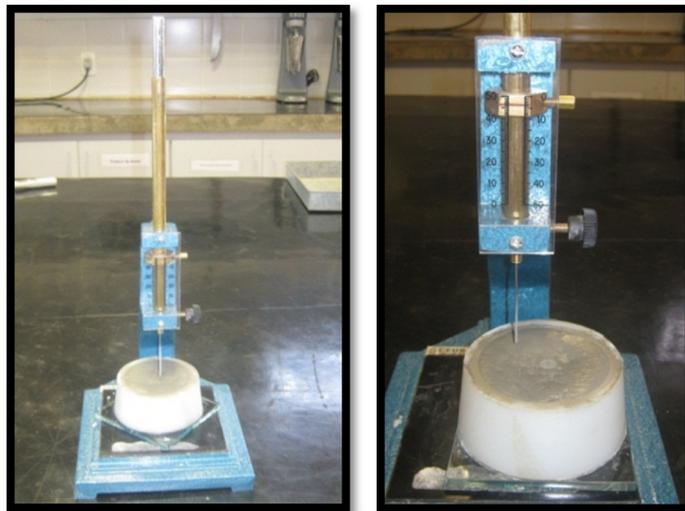


Figura 76: Aparelho de Vicat com sonda Vicat no experimento.

Fonte: Foto da Autora.

O tempo de fim de pega também foi contado a partir do instante em que se lançou a água de amassamento até o momento em que a agulha, aplicada suavemente sobre a superfície da pasta, não deixar impressões apreciáveis. Como o índice de consistência medido para a água de amassamento de 130 ml encontra-se na faixa do índice de consistência normal, então esta será a água de amassamento a utilizar no ensaio de tempo de pega.

4.1.3 O concreto

A importância desses tópicos na atividade decorre da necessidade de se conhecer as especificidades dos materiais constituintes do concreto, a fim de compor, ao final do processo, sua eficiência e necessária dosagem para garantir seu padrão técnico qualitativo. A dosagem do concreto foi executada a partir de misturas segundo materiais usados na região de Brasília – DF, tomando-se o cuidado de pesquisar, para uma determinada relação água-cimento.

Nesta dissertação foi avaliado o comportamento do concreto com adição e sem adição de fibra ótica plástica. A pesquisa estudou as propriedades do concreto produzido com diferentes teores de adição de fibra ótica em um mesmo traço de concreto. O estudo foi proposto com objetivo de avaliar o comportamento dos materiais cimentícios reforçados com fibras.

Nesta fase do trabalho foram feitos ensaios de caracterização dos agregados naturais, granulometria, massa específica e massa unitária. Após esta etapa foi calculado o traço de referência confeccionado com agregado e fibras ótica. A seguinte fase apresentou a confecção dos corpos de prova e posteriormente o rompimento dos mesmos em um período de três, sete, quatorze e vinte e oito dias. Os concretos fabricados com fibra ótica não apresentaram perda na trabalhabilidade, características as quais não afetam diretamente na resistência do concreto produzido.

Para a realização dos ensaios de traço, moldagem e resistência à compressão foram feitos três ensaios de concreto, distribuídos em grupos de moldagens.

No primeiro grupo de ensaios realizado no dia 01 de outubro de 2012, foram moldados dez corpos-de-prova e submetidos ao ensaio de resistência à compressão (3, 7, 14 e 28 dias) fabricando dois corpos-de-prova com adição de fibra ótica e submetida também à prova de resistência à compressão (28 dias).

No segundo grupo de ensaios realizado no dia 25 de fevereiro de 2013 foram moldados seis corpos-de-prova e submetidos ao ensaio de resistência à compressão (3, 7 e 28 dias). Esses concretos não tinham adição de fibra, apenas procurava-se alcançar a resistência adequada para a moldagem do painel de concreto com fibra ótica.

No terceiro grupo de ensaio foi realizado o dia 05 de março de 2013, nos quais foram moldados oito corpos-de-prova e submetidos ao ensaio de resistência à compressão (3, 7 e 28

dias). Nessas amostras de concreto não foi adicionada percentual de fibra ótica, apenas foi feita a mistura para atingir a resistência adequada para a moldagem do painel de concreto com fibra ótica.

Para a execução dos ensaios foram utilizados corpos-de-prova moldados de dimensões 10x20cm. A cura adotada foi do tipo submerso por favorecer o processo de hidratação dos concretos. Para tanto, adotou-se como base a metodologia da NBR 5739/1994. Os corpos-de-prova foram secos ao ar por um período de 24 horas, e depois levados para a câmara úmida esperando o tempo de cura do corpo-de-prova. Durante a execução do ensaio foram anotadas as condições de temperatura no laboratório as quais foram de 24.6°C.

4.1.3.1 Dosagem

A produção do concreto foi realizada no dia 01 de outubro de 2012, 25 de fevereiro de 2013 e 05 de março de 2013. O traço utilizado foi de 30 MPa especificado na *Tabela 1*. Nessa tabela consta toda a informação sobre o traço, como por exemplo:

- Consumo de cimento;
- Quantidade de brita, agregados miúdos e agregados graúdos;
- Quantidade de água;

Tabela 1: Dosagem de concreto simples e armado na região de Brasília - DF.

Fc28 Kgf/cm2	Fator A/C	Traço em peso	Areia para um saco de cimento			Pedra para um saco de cimento		
			Quant. litros	Altura Padiola 45x35cm	Numero De padiolas	Quant. litros	Altura Padiola 45x35cm	Número De padiolas
180	0,74	1:2,89:4,33	115,6	36,7	2	156,88	24,90	4
205	0,68	1:2,62:3,94	104,8	33,27	2	142,75	22,66	4
225	0,64	1:2,44:3,67	97,6	30,98	2	132,97	21,11	4
240	0,61	1:2,31:3,47	92,4	29,33	2	125,72	19,96	4
270	0,56	1:2,09:3,13	83,6	26,54	2	113,41	18,00	4
300	0,52	1:1,91:2,87	76,4	24,25	2	103,99	16,51	4
330	0,48	1:1,73:2,60	69,2	21,97	2	94,20	14,95	4
375	0,42	1:1,47:2,20	58,8	18,67	2	79,71	12,65	4

Fonte: M.C. MORAES (1982).

Inicialmente, foram pesadas as quantidades de cada material na balança. Com a betoneira estacionária limpa e arejada foi adicionado cada um dos materiais, conforme a

seguinte descrição: Metade da quantidade de brita; metade da areia; metade da quantidade de água; foi acionamento a betoneira por aproximadamente 3 minutos até os materiais estar misturados; logo foi desligada a betoneira para adicionar o restante da brita, areia e restante da água. Acionou-se a betoneira mais uma vez para homogeneização.

A continuação, o mistura foi retirado da betoneira é colocado no cone de Abrams para realizar o ensaio de abatimento, ensaio que consiste em medir o grau de trabalhabilidade do concreto, para depois ser colocado respectivamente nos corpos-de-prova.

Importante salientar que a dosagem pode ser definida como uma combinação ajustada e econômica dos constituintes do concreto, que possa ser usada para a primeira mistura experimental com vistas a produzir um concreto que possa estar próximo daquele que consiga um bom equilíbrio entre as várias propriedades desejadas ao menor custo possível.

4.1.3.2 Abatimento ou slump teste

O teste foi executado de acordo com a NBR NM 67/1998, utilizando o Cone de Abrams como ilustra a *Figura 77: Cone de Abrams, ensaio de abatimento.*, que é constituído de um tronco de cone de chapa metálica, semelhante a um funil, com 30 cm de altura, base maior de 20 cm e base menor de 10 cm.



Figura 77: *Cone de Abrams, ensaio de abatimento.*

Fonte: Foto da Autora.

O ensaio foi recomendado para verificar a trabalhabilidade do concreto em seu estado "plástico" buscando medir sua consistência. Todo o procedimento desse ensaio é normalizado

e está descrito na NBR NM 67/1998. (Norma brasileira da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas). Veja abaixo o passo-a-passo para a realização deste ensaio de abatimento:

A amostra de concreto foi recolhida depois da mistura do concreto na betoneira. O cone foi preenchido com a amostra em 03 camadas iguais como ilustra a *Figura 78: Abatimento no cone de Abrams, preenchimento em três camadas.*, aplicando com a haste metálica, 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada a fim de adensá-las.



Figura 78: *Abatimento no cone de Abrams, preenchimento em três camadas.*

Fonte: Foto da Autora.

Após a compactação da última camada, foi retirado o excesso de concreto e alisou-se a superfície com uma régua metálica. Logo depois de alisar a superfície foi retirado o cone, içando-o com cuidado na direção vertical.

O limite para aceitação de deformação da massa depende das especificações do cálculo estrutural, ficando geralmente, entre 8 e 12 cm. Quanto maior a deformação, mais líquido está o concreto, o que pode ser desejado (para melhorar a plasticidade do mesmo) ou não (para não prejudicar sua resistência).

Seguidamente após a retirada do cone, colocou-se o cone invertido ao lado da massa abatida e com auxílio da haste como ponto de referência de altura foi medida a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, obtendo como resultado 13,5 centímetros. O valor obtido determinou a consistência do concreto. Este tipo de ensaio foi determinante para encontrar a medida ideal de trabalhabilidade do concreto como ilustra a *Figura 79.*



Figura 79: Ensaio de Abatimento cone de Abrams.

Fonte: Foto da Autora.

4.1.3.3 Moldagem de corpos-de-prova

Os corpos-de-prova utilizados neste ensaio foram produzidos a partir de moldes cilíndricos de altura de 10x20 cm. Antes de proceder com o preenchimento dos moldes, foi aplicado um desmoldante. Procedeu-se previamente a volver a mistura a amostra para garantir a uniformidade do concreto, logo depois o concreto foi colocado dentro dos corpos-de-prova utilizando uma colher de pedreiro ou concha de seção U.

Ao introduzir o concreto, descolar ao redor da borda para garantir uniformidade dentro dos corpos-de-prova, nivelando o concreto antes de iniciar o adensamento. Após os procedimentos realizados anteriormente rasou-se com a colher de pedreiro a última camada para a nivelção do concreto no corpo-de-prova, foi deixado no local para cura de 24 horas no ar livre, para logo depois ser levados para a câmara úmida até o dia do rompimento.

Por fim, a resistência à compressão do corpo-de-prova foi determinada pelo ensaio padronizado Concreto-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos NBR 5739/1994. Também se estabeleceu os tipos de ruptura apresentadas pelos corpos-de-prova quando sujeitos a compressão, além de definir uma avaliação estatística do desempenho do ensaio. Esta norma apresenta a descrição do método de ensaio pelo qual devem ser ensaiados para a moldagem e cura de corpos-de-prova NBR 5738/2003, como ilustra a *Figura 80*.



Figura 80: Corpo-de-prova 10x20 cm.
Fonte: Foto da Autora.

Foram moldados corpos-de-prova como ilustra a *Figura 81* na quantidade adequada para realização de ensaio de resistência à compressão, sendo testadas duas amostras por idade de ensaio (3, 7, 14 e 28). Todos os resultados individuais encontram-se no capítulo cinco.



Figura 81: Moldagem de Corpos-de-prova.
Fonte: Foto da Autora.

As amostras submetidas à temperatura de 30°C foram mantidas no local onde foi introduzido o concreto, para logo após de 24 horas no ar livre levados para a câmara úmida como ilustra a *Figura 82* até o momento do rompimento. No momento de colocar o concreto nos corpos-de-prova este adquire uma resistência inicial no primeiro dia.



Figura 82: Câmara úmida para corpos-de-prova.
Fonte: Foto da Autora.

No final do ciclo foram realizados ensaios mecânicos para avaliar a resistência à compressão dos corpos-de-prova.

4.1.3.4 Determinação da resistência à compressão

O ensaio foi realizado com corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm. O ensaio de resistência à compressão obedecendo aos procedimentos prescritos pela NBR 5739/1994. Para a realização do mesmo utilizou-se uma prensa universal. A norma citada estabelece a velocidade de carregamento na faixa 0,3 a 0,8 MPa/seg. Antes da realização do ensaio, os corpos-de-prova foram capeados com enxofre, para regularização da superfície, como ilustra a *Figura 83*.



Figura 83: Rompimento de corpos-de-prova, ensaio de resistência à compressão.
Fonte: Foto da Autora.

Os corpos-de-prova foram posicionados na máquina para o ensaio de resistência à compressão, colocando o bloco no centro máquina de maneira que o eixo coincide-se com o centro do bloco de modo que a resultante das forças passe pelo centro. Os pratos de carga foram colocados sobre o bloco para facilitar a nivelção, as quais foram limpas antes de ser colocado em posição de ensaio. O ajuste da distância entre os pratos de compressão como ilustra a *Figura 84* busca facilitar a introdução e o alinhamento do corpo-de-prova entre os pratos, além de fixar o corpo-de-prova na máquina. A carga foi aplicada continuamente, sem choque, até que o corpo-de-prova rompesse.

Cabe salientar que o alto custo da fibra ótica, não possibilitou a moldagem de uma quantidade maior de corpos-de-prova com adição de fibra ótica, o que evidencio a pouca informação oferecida em relação à fibra ótica como material responsável pela resistência do concreto estrutural que foi o fabricado para os ensaios.



Figura 84: Ruptura de corpos-de-prova para ensaio de resistência à compressão.

Fonte: Foto da Autora.

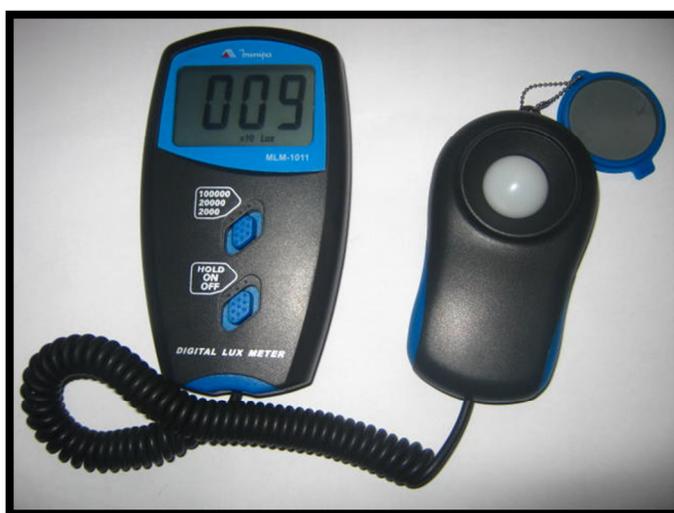
4.1.4 Iluminação

4.1.4.1 Ensaio de luminosidade

Este ensaio pretende demonstrar a transmissão de luz através do concreto com fibra ótica, na busca de uma avaliação quantitativa. A identificação desta avaliação quantitativa pretende determinar o nível de iluminação natural e artificial e a evolução da luz ao longo do dia, em algum mês do ano.

Os ensaios foram realizados o dia 23 de setembro de 2012 e o dia 06 de março de 2013 nos horários 9h, 12h e 15h do dia. Foi medida a intensidade luminosa a céu aberto nos três horários.

Para medir a intensidade luminosa, utilizou-se um luxímetro digital modelo MLM-1011 marca Minipa como ilustra a *Figura 85*. O resultado foi expresso diretamente no painel do luxímetro, sendo que a medição deve ser feita em local com iluminação suficiente. A unidade de intensidade luminosa do dispositivo utilizado é expressa diretamente em lux⁶, que corresponde à unidade de iluminação de uma superfície plana, que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1 lúmen⁷, uniformemente distribuído.



*Figura 85: Luxímetro Digital MLM-1011, Minipa.
Fonte: Foto da Autora.*

4.1.4.2 Medição de luminosidade

As aferições luminotécnicas realizam-se de acordo com a NBR 5461/1991, por meio de aparelho adequado (luxímetro). Para a parte experimental foi trabalhado com painéis de concreto com fibra ótica os quais apresentaram transmissão de luz natural e artificial através do concreto. Com ajuda do luxímetro e de luz dia durante três horários e a utilização de uma lâmpada como iluminação artificial como ilustra a *Figura 86* para a iluminação interior.

⁶ Unidade de iluminação (símb. lx) equivalente à iluminação de uma superfície que recebe normalmente, de maneira uniformemente distribuída, um lúmen por metro quadrado.

⁷ (símbolo: lm) é a unidade de medida de fluxo luminoso.



Figura 86: Lâmpada de escritório.

Fonte: <http://central.avenidafashion.com.br/catalogo/index/amostrar/id/241>

Escolhido o elemento de ensaio (concreto translúcido), foi necessário testar as capacidades que oferece o material de transmissão de luz. Posteriormente, a aplicação de luz sobre o painel, foi desenvolvida com um método de entrada da luz dentro de uma caixa como ilustra a *Figura 87*, a qual evitaria a entrada de luz excessiva e só uma entrada de luz diretamente sobre o painel, com este buscou-se a melhor avaliação da intensidade luminosa do concreto com fibra ótica.

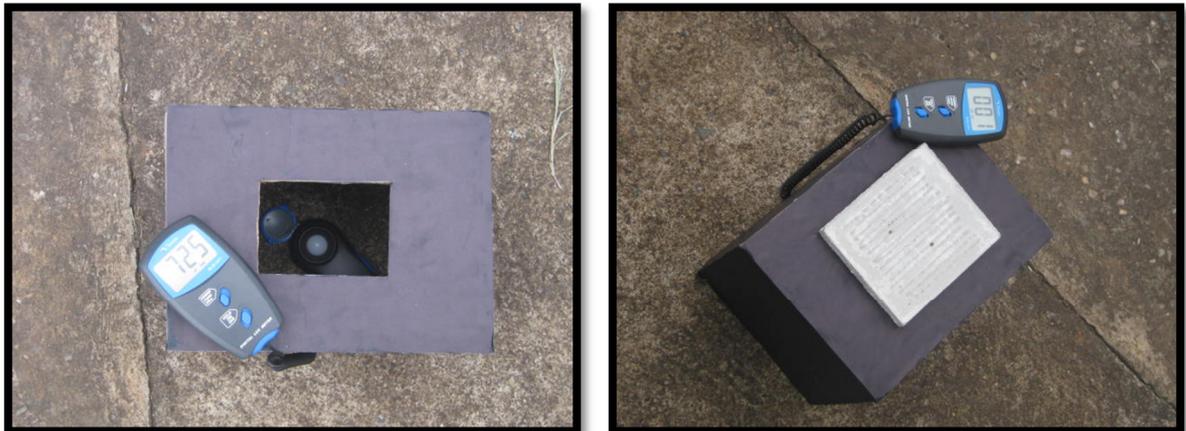


Figura 87: Caixa preta com luxímetro.

Fonte: Foto da Autora.

O dispositivo de leitura do luxímetro foi introduzido na caixa preta como ilustra a *Figura 88* para a leitura de quantidade de lux emitida pelo concreto com fibra ótica, enquanto o painel de concreto com fibra ótica ficou sobre o caixa diretamente exposto à luz, a leitura se produziu no momento em que a luz foi transportada através do painel, o que indicou na tela do luxímetro a leitura final medida em lux que emitiu o concreto com fibra.



Figura 88: Intensidade luminosa de luz solar e artificial.

Fonte: Foto da Autora.

Em seguida obtiveram-se as medidas de intensidade luminosa na tela do luxímetro e anotamos os dados, depois repetimos o procedimento da primeira parte para medir a intensidade luminosa artificial, para retificar as medidas certas de luminosidade no concreto com fibra ótica. Com os dados fizemos umas tabelas com todos os resultados obtidos, os quais serão encontrados no capítulo cinco de resultados.

4.2 Descrição da fabricação dos protótipos de concreto com fibra ótica

Neste processo de estudo procurou-se manter as principais características do concreto como um dos elementos de construção e a incorporação de fibra ótica como material com características de iluminação, os quais fazem parte para o desenvolvimento da pesquisa. Assim, como a metodologia empregada para a fabricação dos painéis de concreto com fibra ótica e as variações que podem levar alcançar melhor as metas proposta nesta dissertação.

A alteração do comportamento é função das características do concreto com a adição das fibras leva ao material a ter exigências específicas para seu controle da qualidade, dosagem e mesmo aplicação, diferentes do concreto convencional. Ao mesmo tempo, as possibilidades de aplicação do material podem ser ampliadas. Para algumas aplicações o concreto com adição de fibras apresenta vantagens sustentáveis e econômicas em relação ao convencional, como é o caso do concreto translúcido.

Para a fabricação de painéis de concreto translúcido, foram empregados fibra ótica com diâmetros da ordem de 0,3, 0,5, e 1 mm como mostra a *Figura 89* e os materiais convencionais para a fabricação de concreto e forma fabricada em isopor.

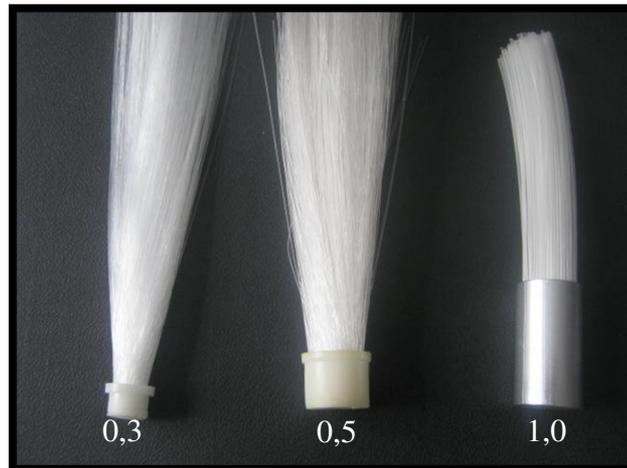


Figura 89: fibra ótica com diâmetros da ordem de 0,3, 0,5, e 1,0 mm.
Fonte: Foto da Autora

4.2.1 Protótipo A

As fibras óticas utilizadas na pesquisa apresentam-se como fibras óticas plásticas. Para o primeiro bloco de concreto, as fibras óticas utilizadas foram de 0,3 mm de diâmetro o que apresentou uma dificuldade no momento da manipulação e a fixada no isopor. Com ajuda do isopor, foram fabricadas pequenas placas onde foram fixadas as fibras óticas, o tamanho das placas foi de 6x6x0,5 com em um tamanho total do bloco de concreto de 6x6x6 cm como ilustra a *Figura 90*.

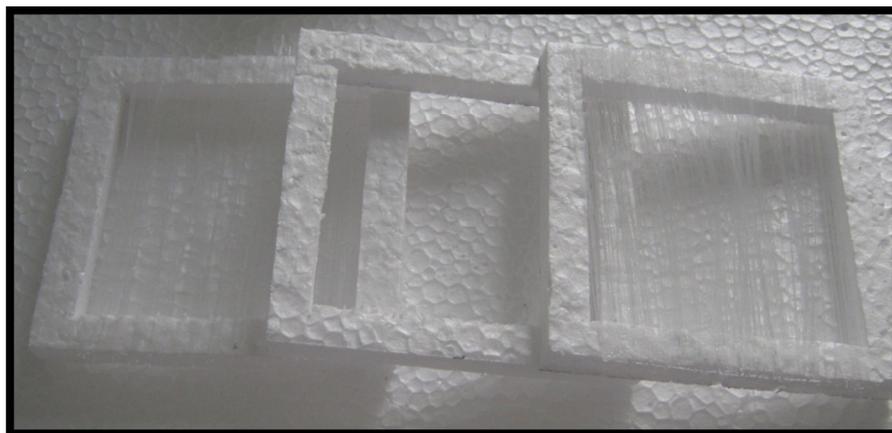


Figura 90: Formas em isopor com fibra ótica fixa.
Fonte: Foto da Autora.

Com as fibras óticas fixadas na forma de isopor, foram unidas as placas fabricadas para obter um só elemento que formar o bloco de concreto. Já unidas as placas de isopor procedeu-se aplicar uma camada de óleo em toda a formas de isopor para logo vaziar a

argamassa. A argamassa foi lançada cuidadosamente pelos espaços laterais que ficaram entre as fibras e a forma de isopor como ilustra a *Figura 91*.

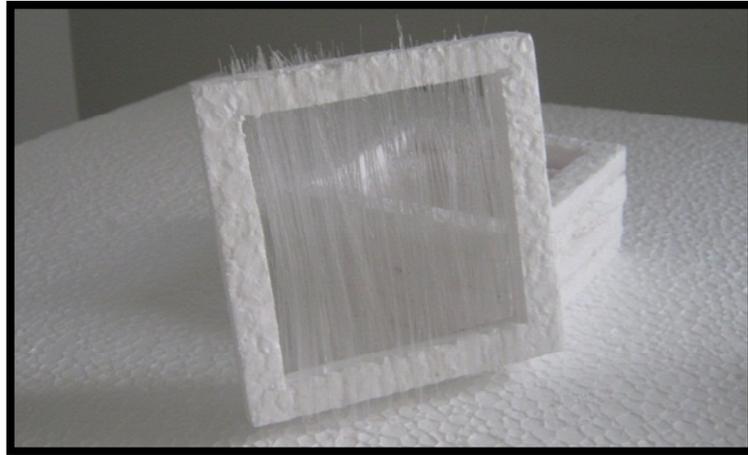


Figura 91: Forma de isopor com fibras óticas em forma de tela.

Fonte: Foto da Autora.

O bloco foi deixado no local para repouso, para depois ser levado para a câmara úmida esperando o tempo de cura. A forma de isopor com o concreto foi tirado da câmara úmida para logo após tirar a forma, e assim, observar os resultados obtidos pela forma fabricada. Retirada a forma do bloco se apresenta como ilustra a *Figura 92*, onde foi visível pouca homogeneidade devido ao traço simples adotado e a forma de isopor fabricada, o que dificultou a mistura dos componentes do concreto e a fibra ótica.



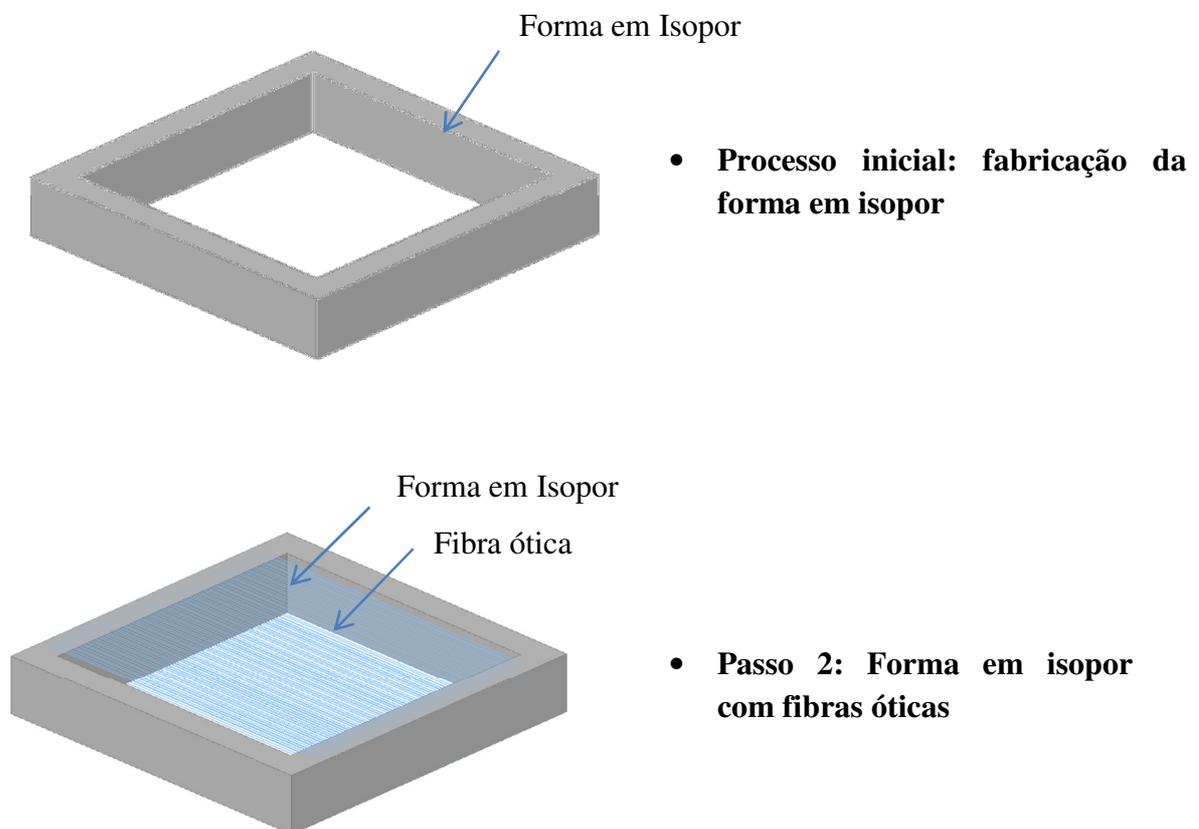
Figura 92: Bloco de concreto com fibras óticas.

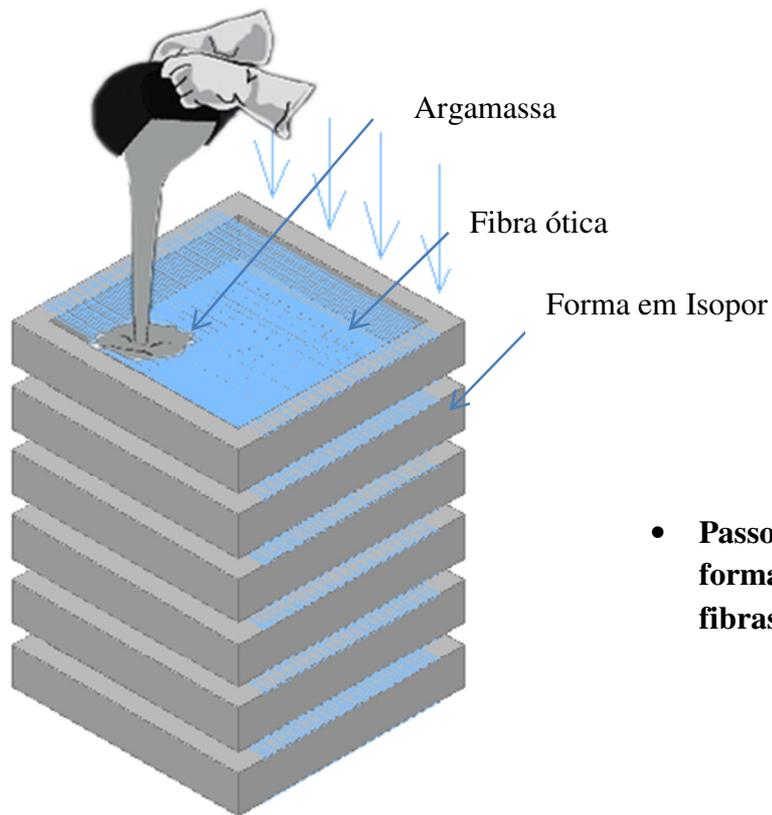
Fonte: Foto da Autora.

Apresenta-se também a exposição das fibras óticas nas faces do bloco, com uma separação evidente das placas que compõem o bloco, determinando pouca resistência do concreto e o aspecto esteticamente rustico. Mas é evidente aparição de fibras nas faces e que tinha como objetivo demonstrar a transmissão de luz através do bloco.

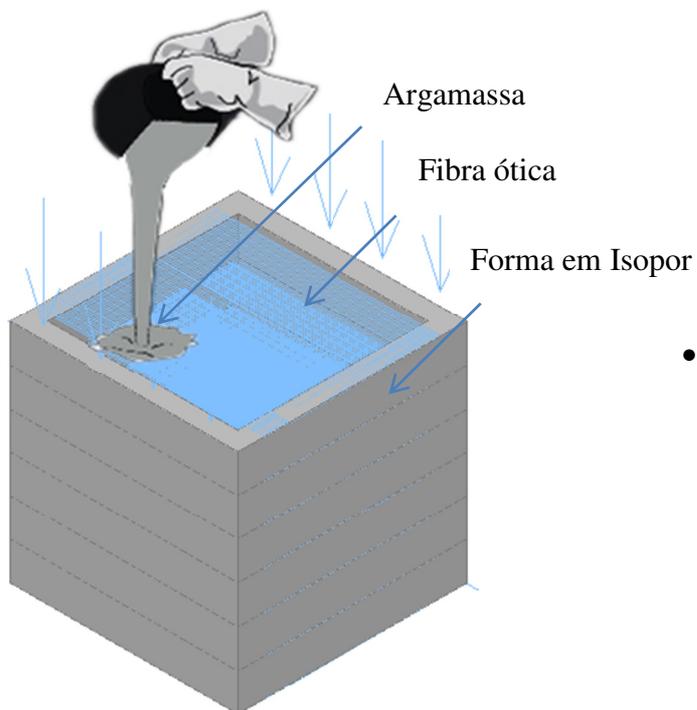
A adição de fibras contínuas em forma de tela dispostas na forma fabricada com isopor evidencia a falha de fabricação do bloco, mas expõe as fibras que transmitem luz o que é possível através do bloco. Uma vez consideradas as dificuldades obtidas na fabricação do primeiro bloco e corrigindo-se o problema, procedeu-se à fabricação do segundo e terceiro painel.

A seguir mostra-se na *Figura 93* o fluxo do processo de fabricação do bloco de concreto com fibra ótica protótipo A.

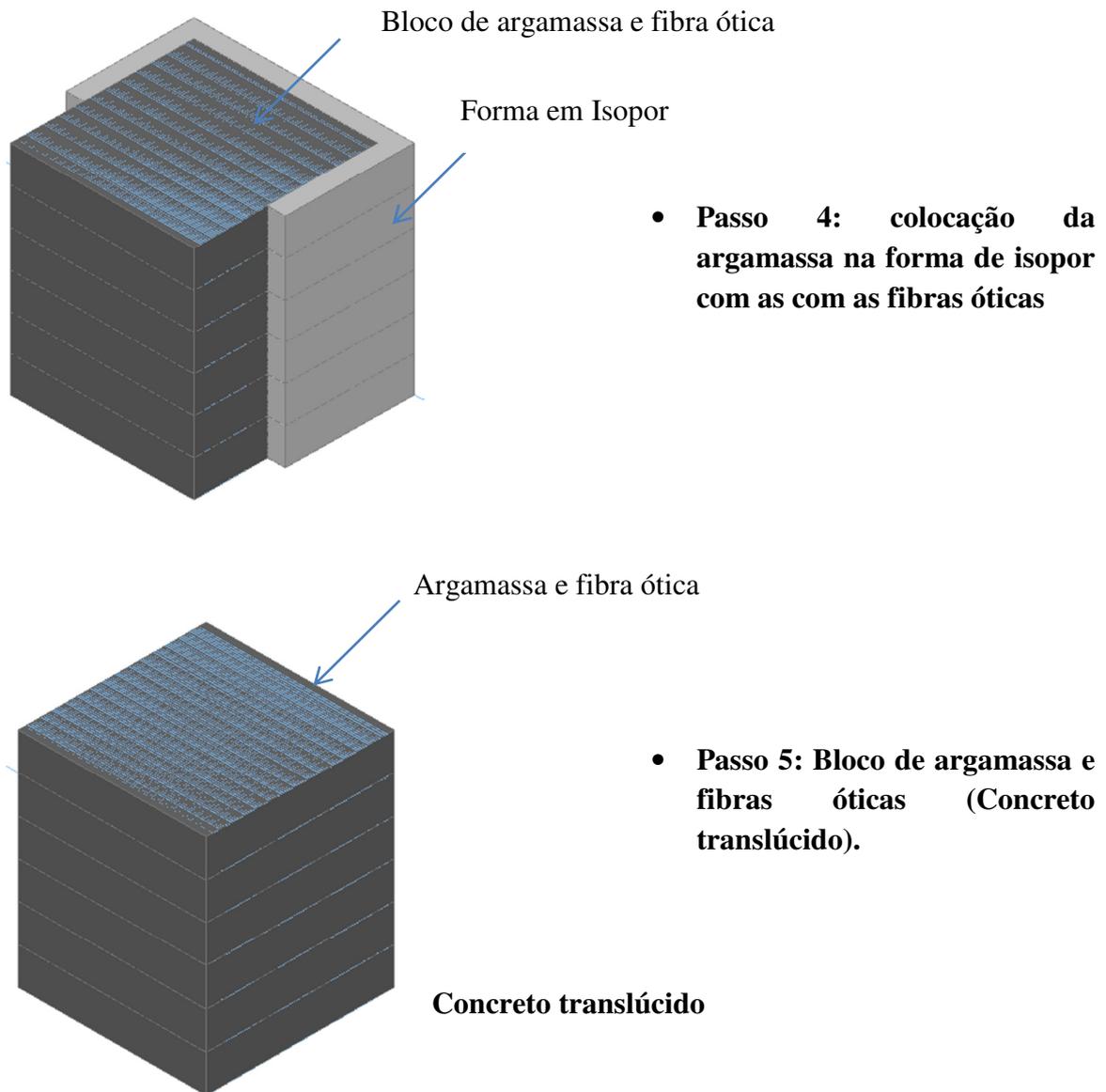




- **Passo 3: Agrupamento das formas em isopor com as fibras óticas.**



- **Passo 4: colocação da argamassa na forma de isopor com as com as fibras óticas**



*Figura 93: Fluxo de processo de fabricação do bloco do protótipo A.
Fonte: Foto da Autora.*

4.2.2 Protótipo B e C

A partir deste desenho de fibras óticas cortadas em um tamanho de 4 cm de comprimento em uma fita adesiva de 11 cm de comprimento como ilustra a *Figura 94* fez possível a conformação de um conjunto de ferramentas uteis para a colocação do concreto e a visibilidade das fibras na forma de isopor.

Para manter a fibra ótica fixa sobre a fita adesiva foi necessário desenvolver um método de colagem para ter estabilidade das fibras no momento do colado na estrutura feita com guias de madeira e na forma de isopor. Considerando-se o tempo de colado da fibra ótica na estrutura, foram desenvolvidas técnicas de aplicação rápida para a colocação na forma de isopor.

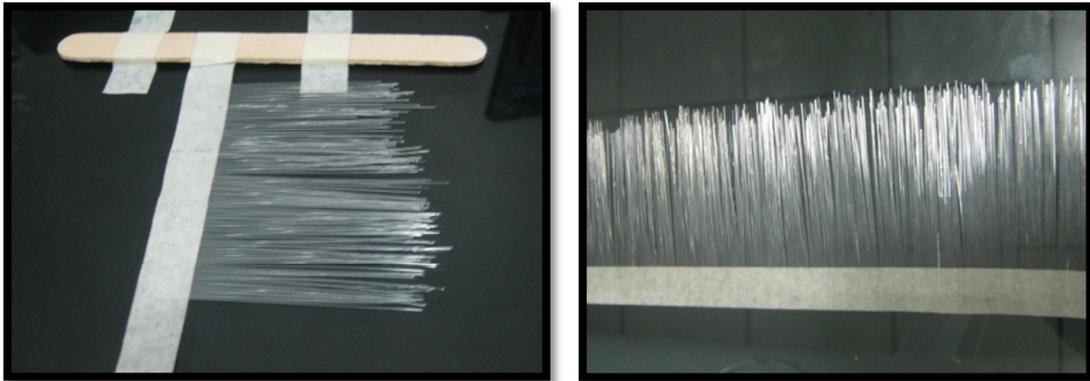


Figura 94: Fita adesiva com fibra ótica.

Fonte: Foto da Autora.

Passado o ponto inicial, a fita com fibra ótica foi fixada em uma estrutura de madeira feita de guias de madeira com ajuda do silicone líquida como ilustra a *Figura 95* a qual serviu como peça fixa para a colocação na forma. Pouco a pouco as fibras óticas encontraram um volume fácil de manipular. Isto levou a facilitar a colocação das fibras óticas na forma, com o intuito de obter um material homogêneo e moldável.

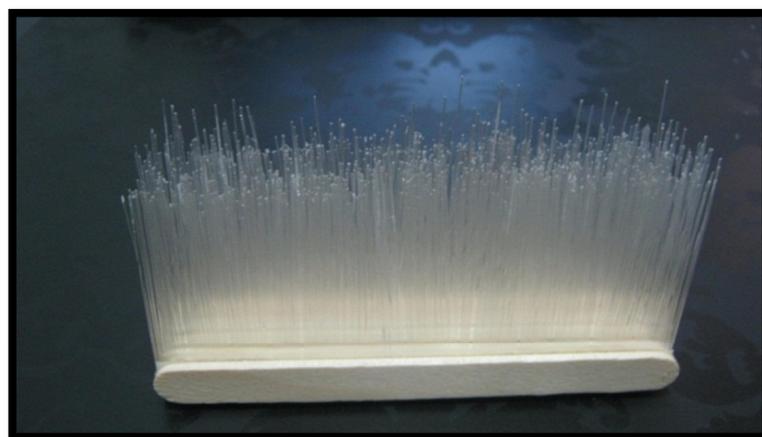


Figura 95: Fibra ótica fixada nas guias de madeira.

Fonte: Foto da Autora.

Para um adequado controle de posicionamento das fibras óticas na forma foi desenvolvido um sistema de vazios na base de isopor, onde foram inseridas as guias de madeira com a fibra ótica já em posicionamento. Considerado um período de colagem das fibras óticas na guia de madeira, foram levadas para a forma fabricada em isopor em um tamanho de 14x11x3 cm e 15x13x1 cm dispostas nas faces da forma, fixadas com silicone líquida, como ilustra a *Figura 96*.

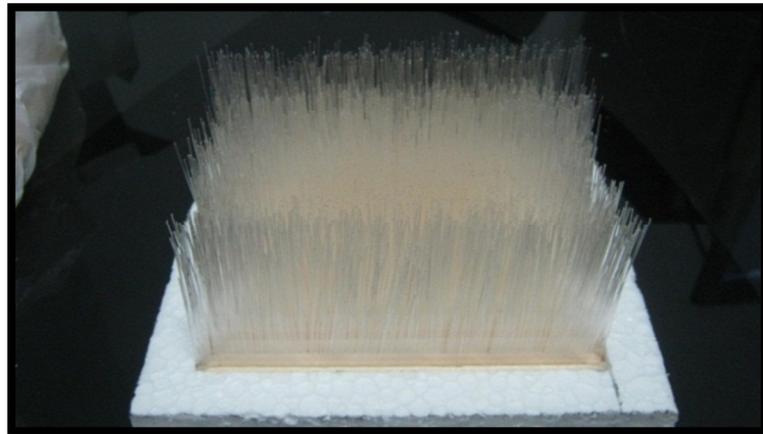


Figura 96: Forma de isopor com fibra ótica fixadas nas guias de madeira.

Fonte: Foto da Autora.

Procedeu-se a fazer a montagem das paredes laterais da forma como ilustra a *Figura 97* para depois comprovar a passagem de luz através da fibra ótica sem a colocação do concreto. Naturalmente, a dosagem da fibra dependeu da dosagem adequada da matriz, dado que a interação entre ambas iria definir o comportamento da mistura. A argamassa foi feita de modo a atender as exigências de trabalhabilidade e de desempenho mecânico especificado para o bloco de concreto.



Figura 97: Forma completa de isopor com fibra ótica pronta para a colocação do concreto.

Fonte: Foto da Autora.

Preparada a forma de isopor com as paredes laterais e a fibra ótica, aproveitando a separação entre as paredes e a fibra, dispõe-se a lançar a argamassa cuidadosamente para não prejudicar nem dobrar as fibras e exercendo pequenos movimentos para que a argamassa se espalhe pela forma até preencher todos os espaços.

Considerando o tempo de cura do painel, foi retirada a forma de isopor. Sendo retirada a forma de isopor, mostra-se como resultado um painel com um acabamento rústico com as guias e fibras expostas como ilustra a *Figura 98*. Portanto, as guias e fibras que ficaram expostas nas faces do painel, foram cortadas e polidas obtendo um resultado final e um acabamento com aparência estética.



Figura 98: Painel de concreto com fibras à vista e guias de madeira.

Fonte: Foto da Autora.

Finalizado a etapa de acabamento do painel, procedeu-se a polir o painel de concreto com fibra ótica para apresentar um acabamento estético e liso como ilustra a *Figura 99* na busca de uma melhor qualidade estética, que pudesse ser aplicáveis em futuros projetos arquitetônicos.



Figura 99: Painéis de concreto com fibra ótica polida e acabada.

Fonte: Foto da Autora.

Na fabricação do painel foram utilizados aproximadamente 15 guias de madeira com fibra ótica, a qual permitiu a transmissão de luz de um extremo ao outro das faces do painel como ilustra a *Figura 100*. Neste painel foram realizados ensaios de luminosidade com o intuito de alcançar as metas propostas por esta dissertação. Observa-se a translucidez desejada, a quantidade de luz que atravessa o painel e a qualidade para iluminar.

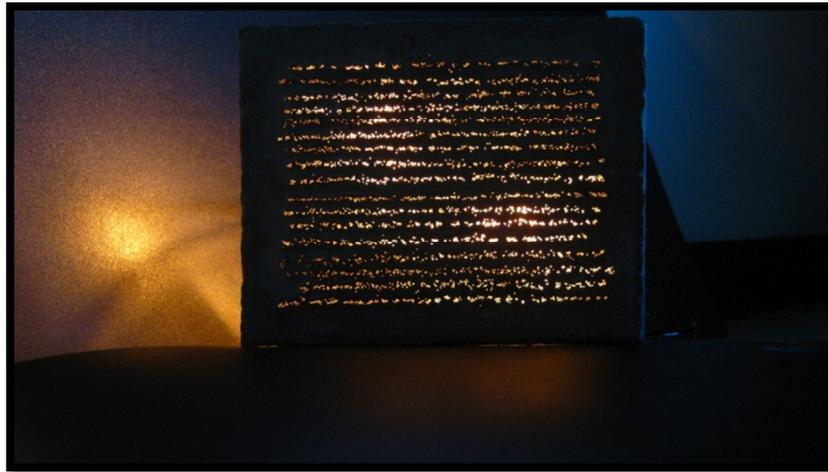
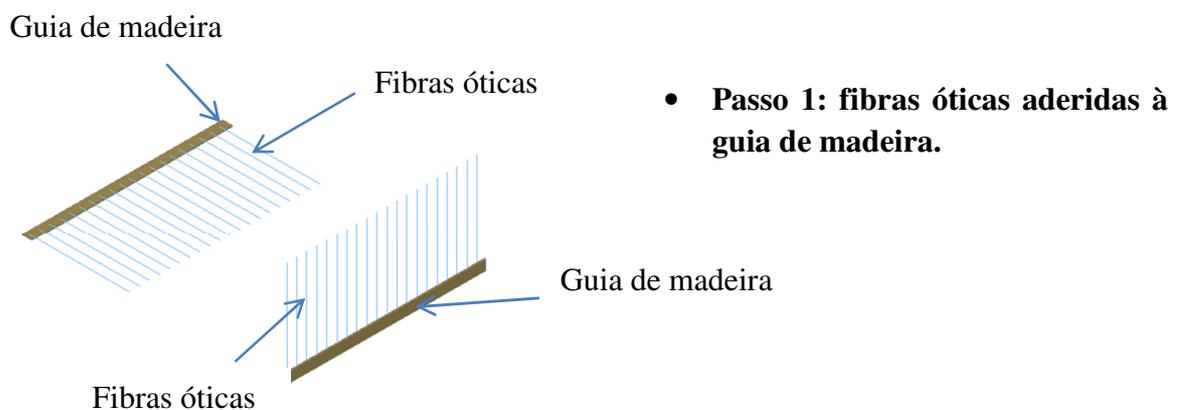
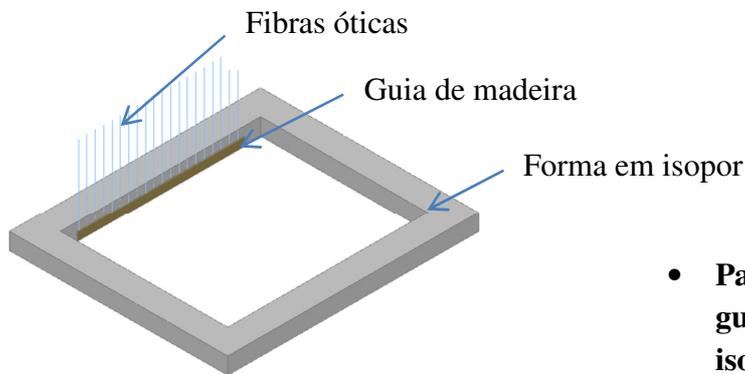


Figura 100: Painel de concreto com fibra ótica, com transmissão de luz.

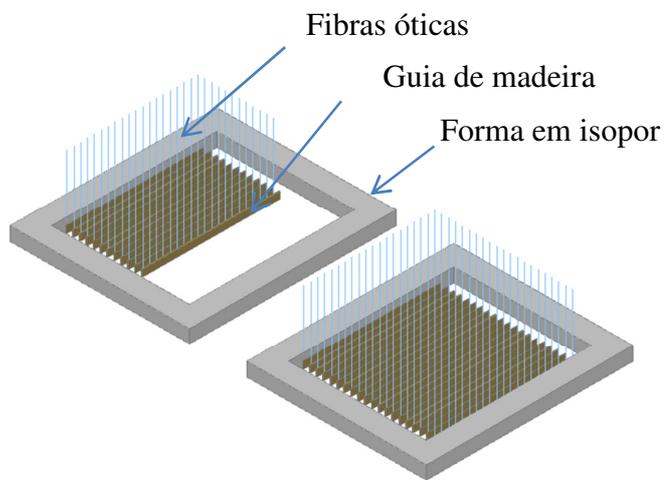
Fonte: Foto da Autora.

A seguir mostra-se na *Figura 101* o fluxo do processo de fabricação do bloco de concreto com fibra ótica protótipos B e C.

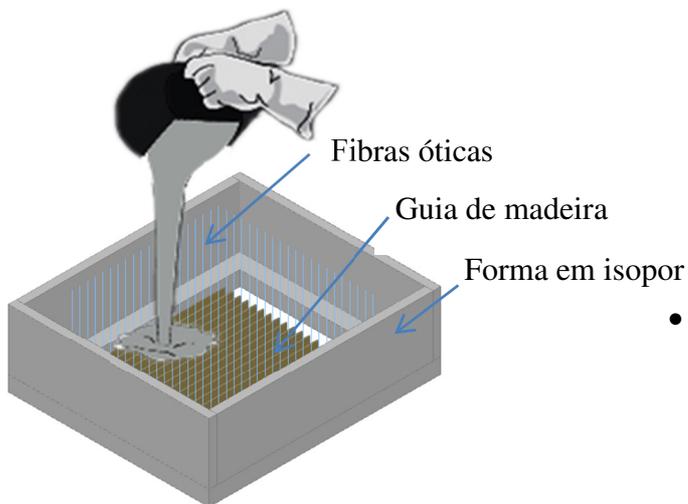




- **Passo 2: fibras óticas aderidas às guias de madeira e na forma se isopor.**



- **Passo 3: Colocação completa das fibras óticas na forma de isopor.**



- **Passo 4: Colocação completa das fibras óticas na forma de isopor com as paredes laterais.**

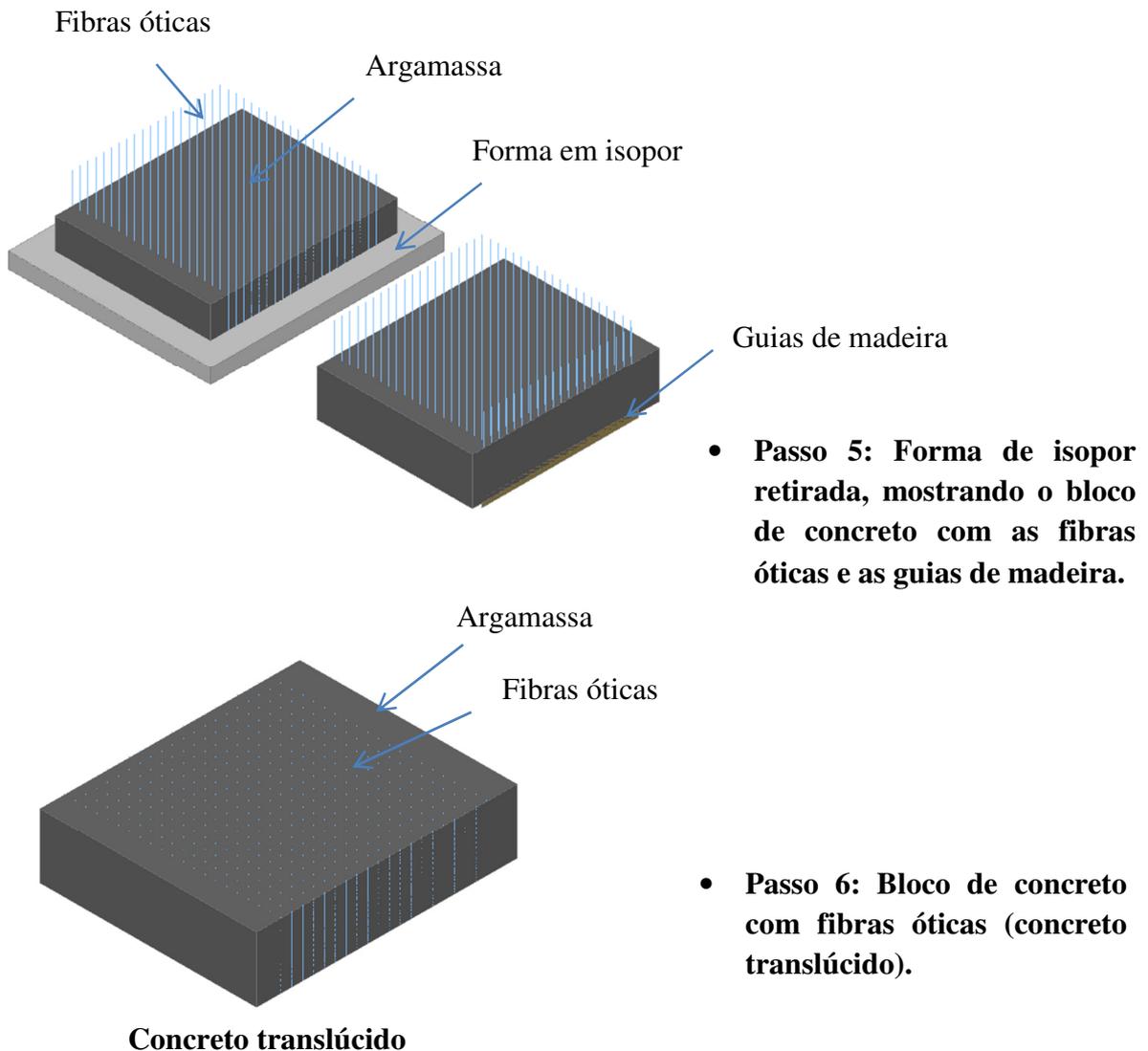


Figura 101: Fluxo de processo de fabricação dos protótipos B e C.
Fonte: Foto da Autora.

4.2.3 Protótipo D

A partir dos protótipos anteriormente mencionados, foi proposto um ultimo protótipo para a fabricação da forma do painel final para a dissertação. Depois de pesquisar métodos de disposição de fibras óticas, propôs-se outro método de fabricação do painel de concreto translúcido que ajudasse a minimizar o tempo de execução e disposição das fibras óticas na forma, para logo depois proceder à colocação da mistura de concreto. Para tanto, foi proposto o método de fabricação do protótipo a seguir:

O bloco de concreto com fibra ótica foi dimensionado em função de cortar placas de 2 cm com a finalidade de que as fibras óticas internas aparecessem nas faces de cada placa cumprindo sua função de fabricação, transmitir luz através do bloco.

Tendo em conta o anterior, foi construída a forma de isopor em um tamanho de 12x7x6cm como ilustra a *Figura 102*. A utilização do isopor para a forma se deu a partir da facilidade de corte e armado e baixo custo de fabricação.

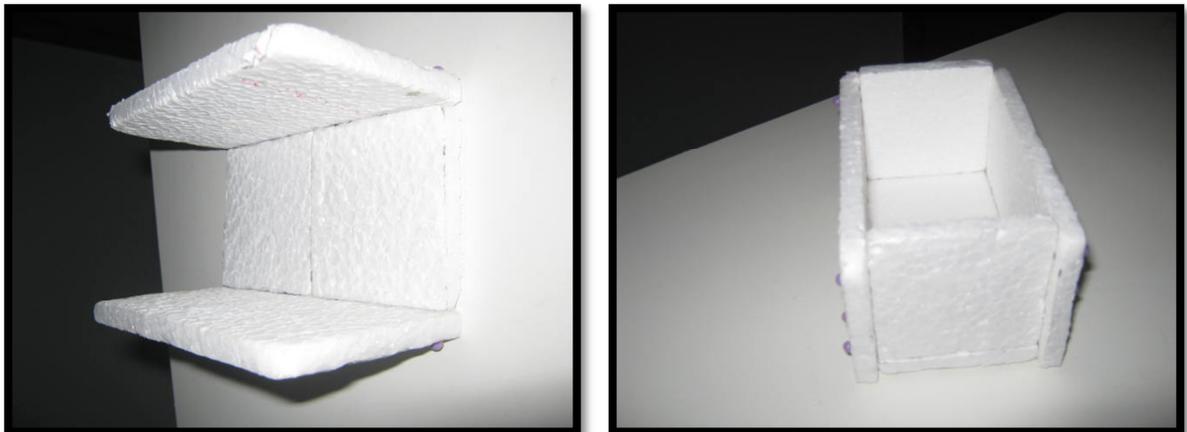


Figura 102: Forma em isopor.

Fonte: Foto da Autora.

Disposta já a forma de isopor em um tamanho de 12x7x6 cm, cortaram-se as fibras em um tamanho um pouco menor da forma como ilustra a *Figura 103* para logo depois fazer a mescla de concreto, neste caso apenas foi utilizada como mistura argamassa de areia e cimento, a qual proporcionou melhor trabalhabilidade pelo tamanho do bloco que se fabricou.



Figura 103: Fibras óticas e argamassa colocada uma acima da outra.

Fonte: Foto da Autora.

Logo depois de fabricada a forma, foi esvaziada a primeira quantidade de argamassa em pequenas proporções o que criou uma série de pequenas camadas entre a mescla e o as fibras óticas. Sucessivamente foram colocadas na forma uma acima da outras em camadas alternas de fibras óticas e concreto até terminar a forma completa como ilustra a *Figura 104*.



Figura 104: Forma de isopor com concreto e fibras óticas.
Fonte: Foto da Autora.

Depois do tempo de cura de bloco de concreto com fibra ótica, o bloco foi cortado em pequenas placas de 2 cm como ilustra a *Figura 105*. Deste modo, podem ser visivelmente notadas as fibras misturadas no concreto.



Figura 105: Bloco de concreto com fibra ótica sendo cortado.
Fonte: Foto da Autora.

As placas de concreto com fibra ótica apresentam a forma como as fibras forma colocadas e expostas nas faces permitindo a entra de luz e a transmissão através do bloco como ilustra a *Figura 106*, sem sofrer nenhum tipo de dano em sua estrutura interna pela maquina de corte.

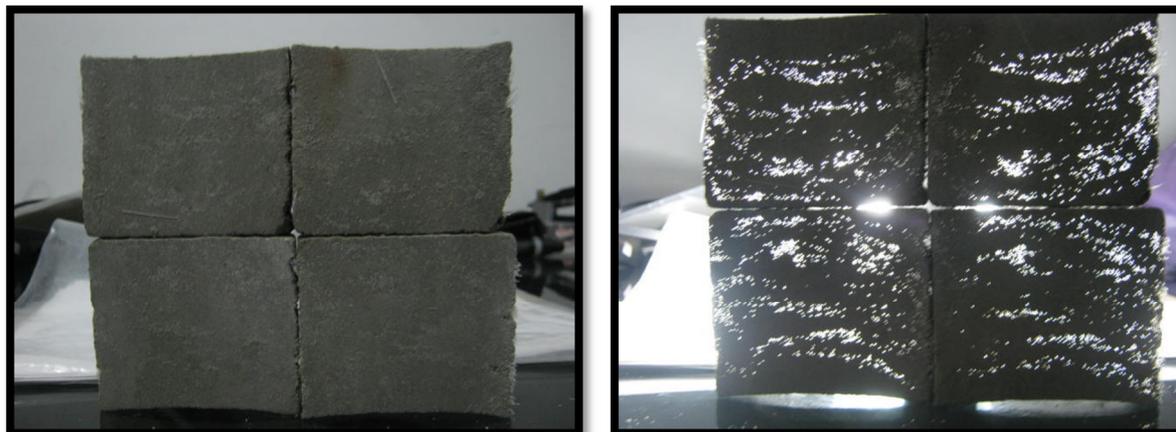


Figura 106: Disposição das placas cortadas demonstrando transmissão de luz através do concreto.

Fonte: Foto da Autora.

O método utilizado para a colocação de fibras permite figuras mais orgânicas e menos alinhadas, a que apresenta outro de acabamento e expressão da passagem de luz, diminuindo os tempos de fabricação do bloco, ao invés das alinhadas e regulares apresentados nos anteriores protótipos fabricados.

4.2.4 Protótipo E

Para a realização do protótipo E de concreto com fibras óticas, empregaram-se materiais e metodologia de trabalhos descritos anteriormente no painel D e que são usados de novo para este protótipo, mas em um tamanho maior. O concreto convencional ensaiado anteriormente nos corpos-de-prova e o qual atingiu a resistência esperada de 30 MPa e a utilização da fibra ótica de 1 milímetro de diâmetro como ilustra a *Figura 107*, foi iniciado a fabricação do protótipo.



Figura 107: Concreto convencional e fibra ótica.

Fonte: Foto da Autora.

Para a mistura dos componentes do concreto foi feita segundo as proporções indicadas na *Tabela 1* para atingir 30 MPa, utilizando-se então um recipiente plástico e uma colher de pedreiro como ilustra a *Figura 108* em lugar da betoneira devido à pouca quantidade de mescla preparada. Para a colocação do concreto com fibra ótica foi fabricada uma forma em madeira de 30x15x15 cm (medidas internamente) como ilustra a *Figura 106*.



Figura 108: Mescla de concreto feito em recipiente plástico e colher de pedreiro.

Fonte: Foto da Autora.

Com a forma já disposta para a colocação do concreto procedeu-se a aplicar óleo evitando que o concreto fique grudado nas faces da forma e facilitar o desmolde do bloco de concreto. Procedeu-se à colocação do concreto na forma fazendo uma pequena camada em uma espessura aproximada de 1 cm para depois sobre o ele colocar a primeira camada de fibra ótica e assim sucessivamente até obter toda a forma cheia de concreto com fibras ótica como ilustra a *Figura 109*.



Figura 109: Forma de madeira com camadas de concreto e fibra ótica.

Fonte: Foto da Autora.

A forma com o concreto e a fibra ótica foram deixadas no local onde foi preenchida a forma, para depois de um dia, ser levada para a câmara úmida onde transcorrido um tempo de cura de 7 dias procedeu-se a retirar da forma, obtendo assim, o bloco de concreto de fibra ótica como ilustra a *Figura 110*.

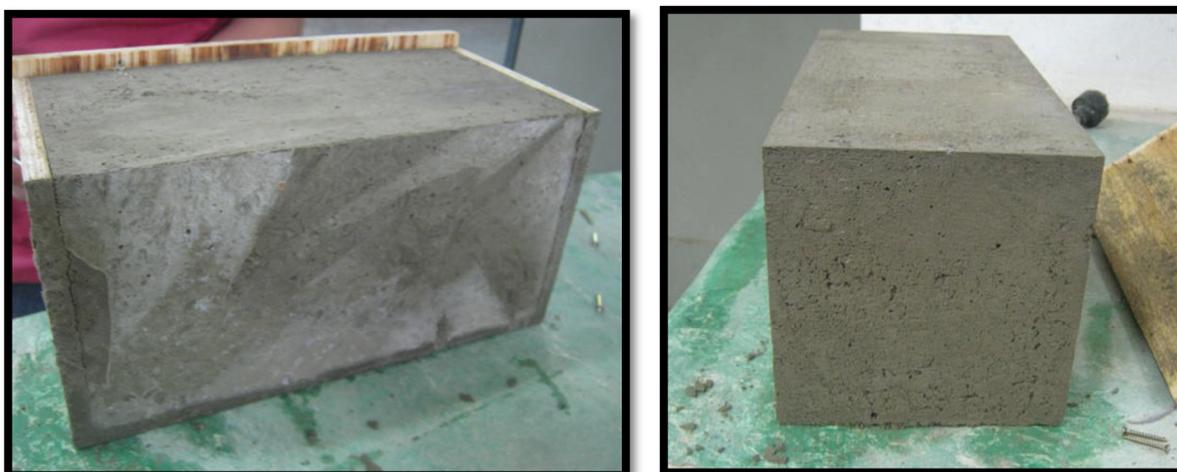


Figura 110: Retirada da forma de madeira.

Fonte: Foto da Autora.

Depois de passados sete dias do tempo de cura de bloco de concreto com fibra ótica, o bloco foi retirado da câmara úmida e levado para a serra universal onde foi cortado em pequenas placas de 2 cm como ilustra a *Figura 111*. Deste modo, podem ser visivelmente notadas as fibras misturadas no concreto.



Figura 111: Corte do bloco com fibras óticas em placas.

Fonte: Foto da Autora.

Procedeu-se então a cortar o bloco de concreto em pequenas placas de 2 cm, obtendo assim, painéis de concreto com fibra ótica; demonstrado que a colocação das fibras foram corretas no concreto e que permitiram a transmissão de luz através da placa cortadas como ilustra a *Figura 112*, sem sofrer nenhum tipo de dano em sua estrutura interna pela maquina de corte.



Figura 112: Painel de concreto com fibra ótica.

Fonte: Foto da Autora

As placas cortadas foram colocadas de forma que criassem um painel como mostra a *Figura 113*. Podemos observar que o painel fabricado oferece uma boa transmissão de luz e projeção de sombras, atingindo assim, seu objetivo principal. O acabamento caracteriza-se pela exposição dos materiais que compõem o concreto, criando uma superfície lisa semelhante a um acabamento em pedra, isto tudo devido ao tipo de corte executado pela maquina. Outra característica a ser destacada, é a propriedade da fibra se misturar com o

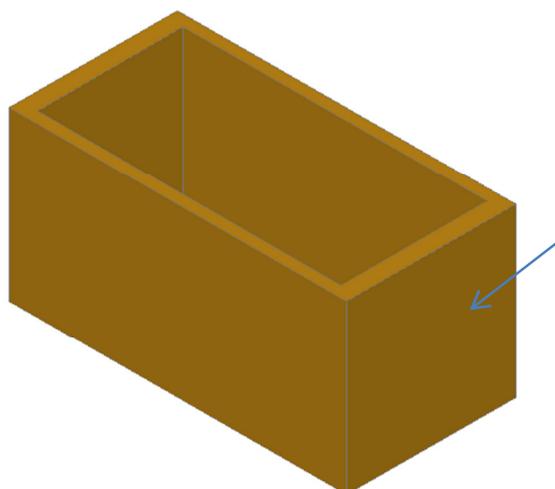
concreto sem ser percebida, proporcionando uma aparência visual ao painel de um concreto convencional.



Figura 113: Painel final de concreto com fibra ótica.

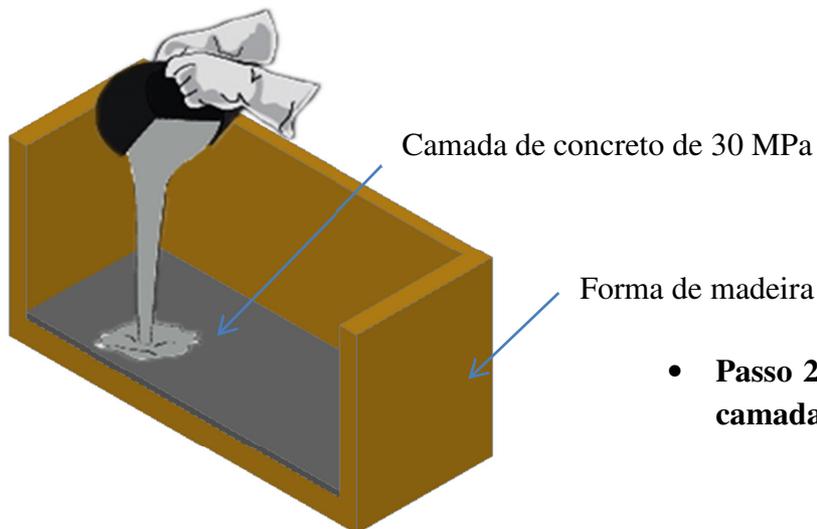
Fonte: Foto da Autora

A seguir mostra-se na *Figura 114* o fluxo do processo de fabricação do bloco de concreto com fibra ótica protótipos D e E.

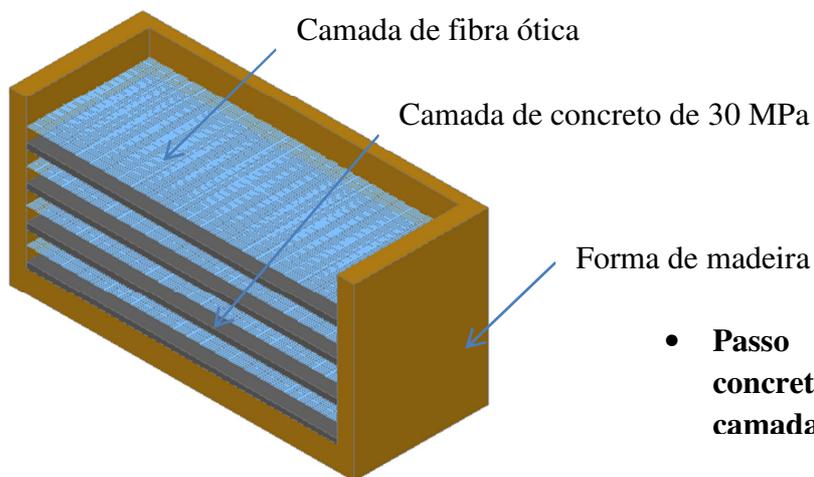


Forma de madeira

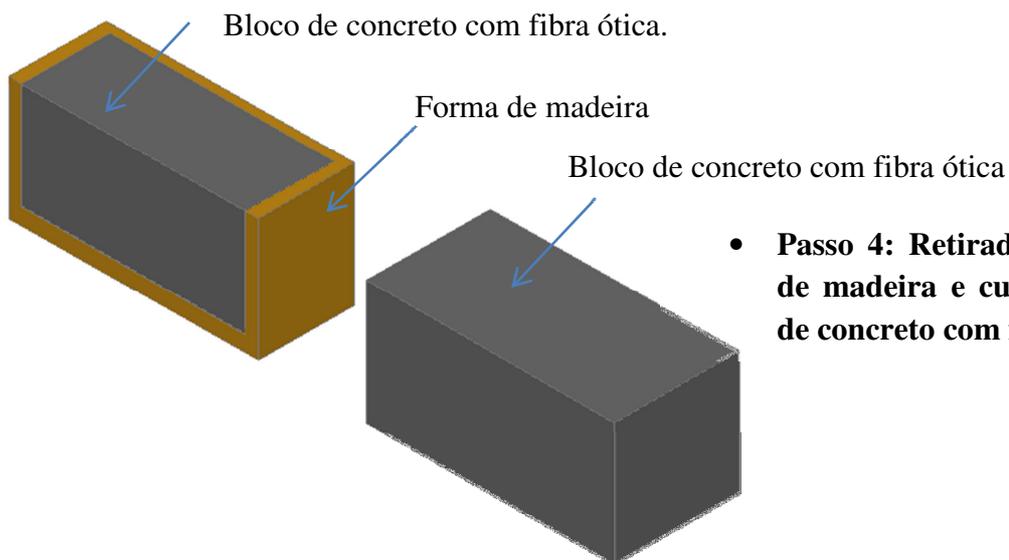
- **Passo 1: Processo inicial da fabricação do concreto com fibra ótica, forma de madeira.**



- **Passo 2: Colocação primeira camada de concreto.**



- **Passo 3: Colocação de concreto e fibra ótica em camadas.**



- **Passo 4: Retirada da forma de madeira e cura do bloco de concreto com fibra ótica.**

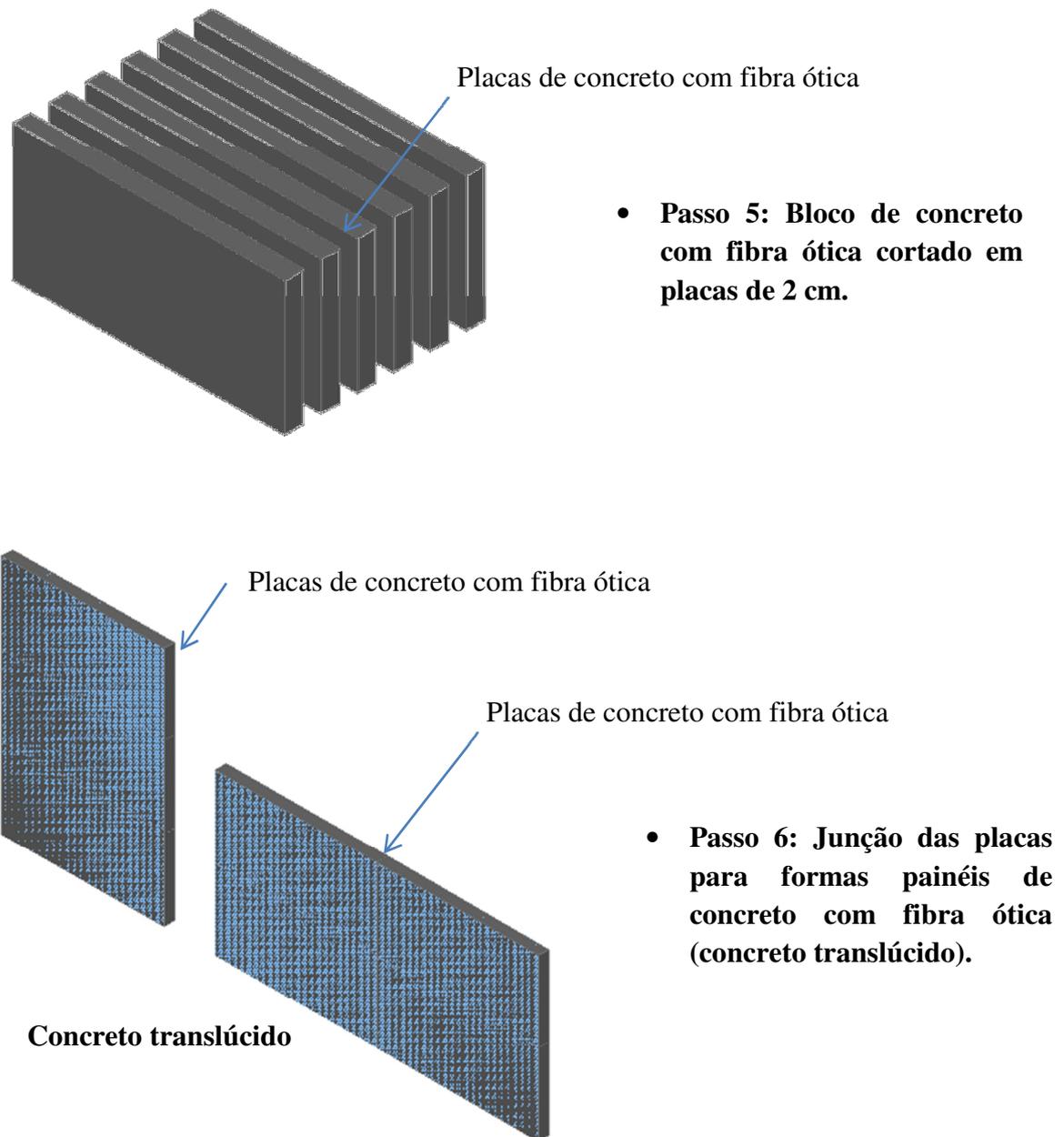


Figura 114: Fluxo de processo de fabricação do bloco dos protótipos D e E.

Fonte: Foto da Autora.

CAPÍTULO V
ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

5.1 O concreto

A ideia básica de realizar vários ensaios em corpos-de-prova consistiu em encontrar um resultado satisfatório para concretos estruturais com e sem fibra ótica. Portanto, é de suma importância analisar todos os problemas que foram encontrados e como eles levaram a adequar métodos e técnicas para o melhoramento dos traços marcados pelo orientador.

As Tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentaram os resumos dos resultados encontrados a partir dos ensaios de resistência à compressão efetuada nos corpos de prova. Foram feitos quatro conjuntos de ensaios para concreto convencional e concreto com fibra ótica, considerando que os dois primeiros traços não atingiram a resistência esperada, e o terceiro e quarto conjunto atingiram o resultado esperado.

São apresentados os resultados na idade de três dias, sete dias, catorze dias e vinte e oito dias. Na idade de três dias de cura, obtendo como resultado uma baixa resistência à compressão dos corpos de prova. Para esta idade de ensaio estabelecida a resistência à compressão deveria ser de 15 Mpa em media, o que determinaria uma falha no momento de fazer o ensaio.

5.1.1.1 Resultado de ruptura de corpos-de-prova – conjunto um com adição de fibra

Na Tabela 2 são apresentados os resultados experimentais dos ensaios de compressão do concreto, realizados com corpos-de-prova com tamanhos de 10x20cm, moldados no dia 01 de outubro de 2012.

Tabela 2: Resultados dos ensaios conjunto um com adição de fibra ótica - corpos-de-prova.
Fonte: Foto da Autora.

01 de Outubro de 2012.					
Corpo-de Prova	Data Moldagem	Data Rompimento	Idade (Dias)	Peso (grama)	Tensão (MPa)
Nº 1	01/10/2012	04/10/2012	3	3388,9	3,44
Nº2	01/10/2012	04/10/2012	3	3447,5	3,33
Nº3	01/10/2012	08/10/2012	7	3455,3	5,30
Nº4	01/10/2012	16/10/2012	14	3500,0	10,7

Nº5	01/10/2012	16/10/2012	14	3500,2	9,64
Nº6	01/10/2012	29/10/2012	28	3432,6	9,91
Nº7	01/10/2012	29/10/2012	28	3540,0	10,9
Nº8	01/10/2012	29/10/2012	28	3525,9	8,59
Nº9	01/10/2012	29/10/2012	28	3404,0	8,40
Nº10 (fibra ótica)	01/10/2012	29/10/2012	28	3501,9	10,1
NBR 5738					
NBR 5739					

Importante salientar que devido aos problemas no início do traço e a mistura dos materiais, os resultados previstos e a resistência nos corpos-de-provas para um concreto de 30 Mpa não foram atingidos como ilustra a *Figura 115*. Pode-se pensar que o cimento pode ser o responsável na hidratação da mistura obtendo uma perda de resistência, já que o cimento perdeu a hidratação o que resulta na formação de pedras o que prejudica a ligação entre os materiais.



Figura 115: Resultado da tração feito no laboratório de materiais.
Fonte: Foto da Autora.

Observou-se que com a adição de fibras óticas como ilustra a *Figura 116* as características do concreto não mudaram, contudo pode-se observar uma perda na trabalhabilidade, apesar de ser possível o seu manuseio, porém com bastante dificuldade. Isto, por que o concreto não apresentou um teor de argamassa satisfatório, não preenchendo bem os seus vazios.



Figura 116: Resultado da mistura de concreto com fibra ótica.

Fonte: Foto da Autora.

O traço do concreto fabricado mostrou pouca trabalhabilidade, este fica evidenciado na *Figura 117*. Pode ser percebido que não atingiram a resistência desejada no primeiro tempo de cura do concreto (três dias), o que motivou ao replanejamento de fabricação de novos corpos-de-provas como objetivo de alcançar a resistência do concreto.



Figura 117: Corpos de prova, ensaio de resistência à compressão.

Fonte: Foto da Autora.

Foi verificado que no corpo-de-prova com fibra ótica como ilustra a *Figura 118*, não houve nenhuma mudança quanto ao ganho ou perda da resistência (compressão), isso demonstrou que a fibra não muda as características mecânicas do corpo-de-prova em um traço de 30 MPa. Nesse caso, a hipótese que levantamos é que provavelmente o tamanho das fibras no corpo-de-prova não foram o suficientemente compridas para ajudar no melhoramento da

resistência. Este comportamento comprova que quando se trabalha com teores de fibra abaixo do volume crítico, não se tem nenhum ganho expressivo na resistência.



Figura 118: *Corpos de prova com fibra ótica.*

Fonte: Foto da Autora.

Para ter uma melhor representação do que poderia acontecer se ao concreto fosse adicionada fibra ótica, foi necessário fazer novos corpos-de-prova, para se puder verificar se a resistência do concreto é atingida ou a fibra ótica interferira na resistência do concreto.

Nenhuma conclusão sobre a falta de resistência à compressão dos corpos de prova de concreto estrutural pode ser tomada, enquanto não sejam ensaiadas as diferentes possibilidades que pode oferecer adição de fibra ótica ao concreto. A conclusão, no caso, é apenas continuar na busca de soluções aptas para demonstrar que o concreto com fibra ótica é uma solução viável para a construção de espaços arquitetônicos.

5.1.1.2 Resultado de ruptura de corpos-de-prova – conjunto dois sem adição de fibra

Foram fabricados novos corpos-de-prova com as mesmas especificações e traços para concreto de 30 MPa. Na *Tabela 3* são apresentados os resultados experimentais dos ensaios de compressão do concreto do conjunto dois, realizados com corpos-de-prova com tamanhos de 10x20cm, moldados no dia 25 de fevereiro de 2013.

Tabela 3: Resultados do ensaio conjunto dois sem adição de fibra ótica - corpos-de-prova.
Fonte: Foto da Autora.

25 de Fevereiro de 2013.					
Corpos-de Provas	Data Moldagem	Data Rompimento	Idade (Dias)	Peso (grama)	Tensão (MPa)
Nº 1	25/02/2013	28/02/2013	3	3841,0	6,5
Nº2	25/02/2013	28/02/2013	3	3805,5	6,3
Nº3	25/02/2013	04/03/2013	7	3848,5	11,0
Nº4	25/02/2013	04/03/2013	7	3851,0	11,5
Nº5	25/02/2013	25/03/2013	28	3863,8	19,3
Nº6	25/02/2013	25/03/2013	28	3848,3	18,6
NBR 5738					
NBR 5739					

A *Tabela 3* apresenta os resultados dos corpos-de-prova sem fibra ótica, mostra-se que no terceiro dia o corpo-de-prova não alcançou a resistência à compressão que atingiria nesse tempo de cura, evidenciando um cimento pouco hidratado, o qual prejudicou consideravelmente nos resultados, além de baixa trabalhabilidade como ilustra a *Figura 119*, dificultando o processo de cura do corpo-de-prova.



Figura 119: Pouco incremento da trabalhabilidade do concreto.
Fonte: Foto da Autora.

O processo de mistura do concreto e a baixa resistência atingida, levou a fabricar um novo grupo de corpos-de-prova, com a utilização do mesmo traço (30 MPa) utilizado nos anteriores ensaios, mas mudando ao cimento Portland CPII por o utilizado inicialmente cimento CPIII. Nos anteriores ensaios foi utilizado cimento Portland CP III (alto forno),

apresentando maior impermeabilidade e durabilidade, baixo calor de hidratação, resistente a sulfatos; mas é particularmente vantajoso em obras de concreto-massa, assim como alta resistência à expansão devido à reação álcali-agregado, em mudança foi utilizado cimento Portland CP II Z32RS⁸ (Resistência a sulfatos). A continuação será apresentada o resultado obtido com a mudança de cimento.

5.1.1.3 Resultado de ruptura de corpos-de-prova – conjunto três sem adição de fibra

Na *Tabela 4* são apresentados os resultados experimentais dos ensaios de compressão do concreto do conjunto três sem adição de fibra ótica, realizados com corpos-de-prova com tamanhos de 10x20cm, moldados no dia 05 de Março de 2013.

Tabela 4: Resultados do ensaio conjunto três sem adição de fibras - corpos-de-prova.

Fonte: Foto da Autora.

05 de Março de 2013.					
Corpos-de Prova	Data Moldagem	Data Rompimento	Idade (Dias)	Peso (grama)	Tensão (MPa)
Nº 1	05/03/2013	08/03/2003	3	3744,3	21,0
Nº2	05/03/2013	08/03/2003	3	3787,9	20,9
Nº3	05/03/2013	12/03/2013	7	3814,0	26,7
Nº4	05/03/2013	12/03/2013	7	3756,7	25,7
Nº5	05/03/2013	19/03/2013	14	3783,0	30,9
Nº6	05/03/2013	19/03/2013	14	3810,3	30,2
Nº7	05/03/2013	02/04/2013	28	3761,7	34,1
Nº8	05/03/2013	02/04/2013	28	3812,8	34,2
NBR 5738					
NBR 5739					

Para as cargas de ruptura à compressão, obteve-se um melhor resultado utilizando-se cimento Portland CP II como ilustra a *Figura 120*, seguido pelo resultado obtido na tabela

⁸ S é um composto de cimento puro e pozolona, que confere ao produto uma menor permeabilidade. Esse cimento é de uso geral na construção civil, indicado também para uso em áreas subterrâneas, marítimas e redes de esgotos devido a sua grande resistência a meios agressivos.

acima que mostra o resultado aos três dias de cura do concreto, onde alcança a resistência à compressão maior de 15 MPa.



Figura 120: Resulta do traço de concreto com mudança no cimento.
Fonte: Foto da Autora.

5.1.1.4 Resultado de ruptura de corpos-de-prova – conjunto quatro com adição de fibra

Na *Tabela 5* são apresentados os resultados experimentais dos ensaios de compressão do concreto com fibra ótica, realizados com corpos-de-prova com tamanhos de 10x20cm, moldados no dia 01 de Abril de 2013.

Tabela 5: Resultados do ensaio conjunto quatro corpos-de-prova com adição de fibra ótica.
Fonte: Foto da Autora.

08 de Abril de 2013.					
Corpos-de Prova com adição de fibra ótica	Data Moldagem	Data Rompimento	Idade (Dias)	Peso (grama)	Tensão (MPa)
Nº 1	01/04/2013	08/04/2013	7	3700,6	16,4
Nº2	01/04/2013	08/04/2013	7	3737,1	17,9
NBR 5738					
NBR 5739					

Nos corpos-de-provas moldados observou-se que com a adição de fibras óticas como ilustra a *Figura 121* as características do concreto não mudaram, contudo pode-se observar uma perda na trabalhabilidade, apesar de ser possível o seu manuseio, porém com bastante dificuldade. Isso se deve a que o concreto não apresentou um teor de argamassa satisfatório, não preenchendo bem os seus vazios.



Figura 121: *Corpo-de-prova de concreto com fibra ótica.*
Fonte: Foto da Autora.

Concluiu-se, que a melhora nos resultados na *Tabela 4* obtidos nos corpos-de-prova sem adição de fibra, aconteceu pela mudança de cimento no momento da mistura para o concreto de 30 MPa e que facilitou o ganho de resistência no momento do rompimento na prova de resistência à compressão. Portanto, a grande influência dos materiais utilizados na fabricação do concreto pode alterar notavelmente as características mecânicas de um bom concreto.

5.2 Intensidade luminosa

São apresentados os resultados experimentais dos ensaios de intensidade luminosa medidos em lux x 1, dos painéis de concreto com fibra ótica em percentagens de 4%, 6% e 8%. As medições foram feitas nos horários de 09h00min da manhã, 12h00min do meio dia e 15h00min da tarde realizada o dia 06 de Março de 2013 no painel B e C (4% e 6%) e o dia 16 de abril de 2012 nos mesmo horário no painel D.

5.2.1 Resultado experimental de iluminação natural no painel B e C.

Na medição realizada o dia 06 de Março de 2013, na *Tabela 6*, observou-se que a quantidade de luz que atravessa o painel de concreto com fibra, tem um aumento de luz em proporção à quantidade de fibra que foi de um 4% e 6% com o qual está fabricado o painel. Também, observou-se um aumento significativo durante os diferentes horários do dia, tendo significativo aumento no 12h00min dia.

Tabela 6: Resultado intensidade luminosa natural painéis B e C, concreto com fibra ótica.

Fonte: Foto da Autora.

Quarta feira 06 de Março de 2013.							
Painel com adição de fibra ótica	FACES	HORARIO	%transmissão luz	HORARIO	%transmissão luz	HORARIO	%transmissão luz
		09h00min da manhã	702x1 lux	12h00min do meio	1557x1 lux	15h00min da tarde	725x1lux
4%	Regular	030x1 lux	4%	177x1 lux	11%	028x1 lux	4%
	Irregular	029x1 lux	4%	163x1 lux	10%	027x1 lux	4%
8%	Regular	054x1 lux	8%	613x1 lux	39%	031x1 lux	4%
	Irregular	037x1 lux	5%	519x1 lux	33%	030x1 lux	4%

Cabe ressaltar que as medições foram feitas a céu meio encoberto de nuvens e o sensor do luxímetro dentro da caixa preta como ilustra a *Figura 122* no capítulo quatro de ensaio, mas que a intensidade luminosa a céu aberto pode alcançar entre os 800 e 1100 lux x 100 no dia, e que as medições feitas foram medidas em lux x 1.

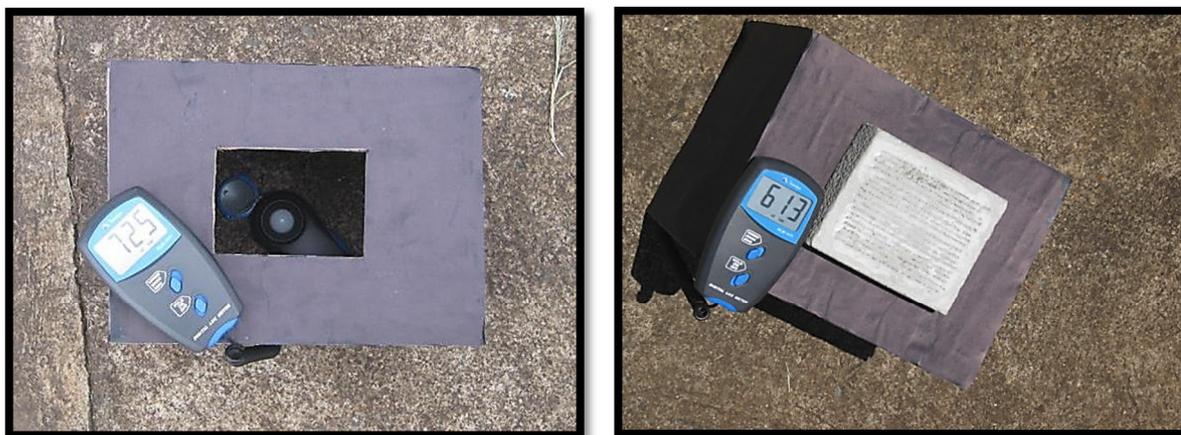


Figura 122: Caixa preta com luxímetro para medir a intensidade luminosa.

Fonte: Foto da Autora.

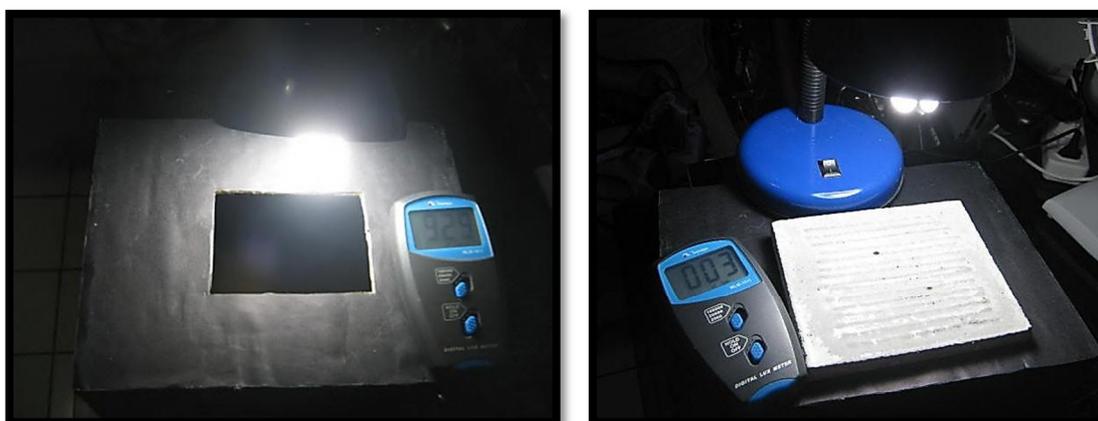
5.2.2 Resultado experimental de iluminação artificial no painel B e C

Nas medições feitas com iluminação artificial o dia 06 de março de 2013, na *Tabela 7* observou-se que não há um incremento considerado na quantidade de luz que atravessa o painel de concreto com fibra.

*Tabela 7: Resultado intensidade luminosa artificial nos painéis B e C.
Fonte: Foto da Autora.*

Quarta feira 06 de Março de 2013.			
Iluminação Lâmpada fluorescente (noite)			
Painel com adição de fibra ótica	Faces	Medição em LUX	% transmissão de luz
			623x1 lux
4%	Uniforme	023x1 lux	4%
	Não uniforme	023x1 lux	4%
8%	Uniforme	031x1 lux	5%
	Não uniforme	031x1 lux	5%

Notou-se que a quantidade de fibra adicionada ao painel de concreto foi só de um 4% e que a quantidade de luz que atravessa o painel é de 003 lux x1 como ilustra a *Figura 123* o que demonstra que a quantidade de fibra em porcentagem não equivale em igual quantidade à entrada de luz, este fator tem mais que a ver com o tipo de iluminação utilizada.



*Figura 123: Resultado da intensidade luminosa do painel de concreto com fibras óticas.
Fonte: Foto da Autora.*

5.2.3 Resultado experimental de iluminação natural no painel E

Na medição realizada no dia 16 de Abril de 2013, na *Tabela 8*, observou-se que a passagem de luz do painel D não apresenta maior percentual de luz que os painéis B e C. Apesar de possuir um tipo de fibra de maior diâmetro e sua disposição entre as fibras é maior a passagem de luz não foi aumentada. Também, observou-se um aumento significativo durante os diferentes horários do dia, tendo significativo aumento no 12h00min dia.

Tabela 8: Resultado intensidade luminosa natural no painel E, concreto com fibra ótica.

Fonte: Foto da Autora.

Terça feira 16 de Abril de 2013.						
Painel com fibra ótica	HORARIO	%transmissão luz	HORARIO	%transmissão luz	HORARIO	%transmissão luz
4%	09h00min da manhã	1560x1 lux	12h00min do meio dia	989x100 lux	15h00min da tarde	240x10 lux
6%	080x1 lux	3%	515x1 lux	1%	050x1 lux	2%

Note-se que no último experimento de iluminação, foi necessário fazer uma abertura maior na caixa como mostra a *Figura 124* para que fosse aproveitada a maior quantidade de fibra distribuída no painel e assim poder permitir a maior passagem de luz.

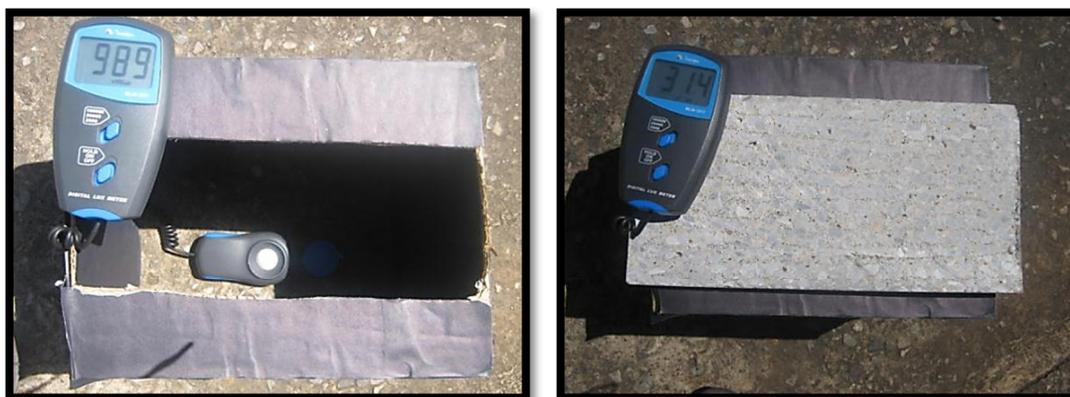


Figura 124: Caixa preta com maior abertura a céu aberto.

Fonte: Foto da Autora.

5.2.4 Resultado experimental de iluminação artificial no painel E

Nas medições feitas com iluminação artificial o dia 16 de abril de 2013, o resultado apresentado na *Tabela 9*, mostra a percentual de luz e a quantidade de fibra com que foi

fabricado o painel, equivalente no mesmo valor. Apesar de apresentar maior diâmetro na fibra ótica e maior distribuição entre as fibras.

Tabela 9: Resultado intensidade luminosa artificial no painel E, concreto com fibra ótica.

Fonte: Foto da Autora.

Quarta feira 16 de Abril de 2013.		
Iluminação Lâmpada fluorescente (noite)		
Painel com fibra ótica	Medição em LUX	% transmissão de luz
		582x1 lux
4%	024x1 lux	4%

O último teste de iluminação artificial como mostra a *Figura 125*, foi feito com o intuito de fazer uma comparação na intensidade de luz, tanto natural como artificial, possibilitando demonstrar que existe uma vantagem aparente com relação à aplicação do material em espaços onde a luz natural se apresenta continuamente, sendo aproveitados como uma alternativa de diminuição do consumo de energia.

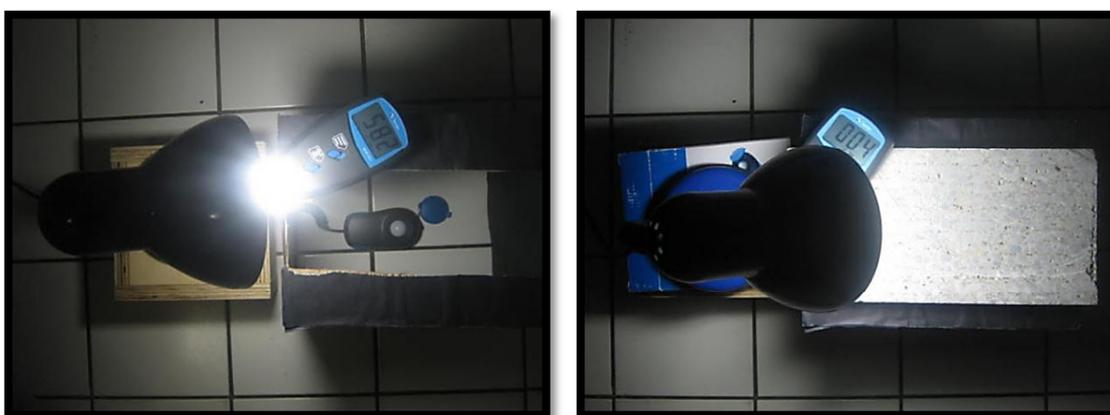


Figura 125: Resultado da intensidade luminosa em espaços fechados utilizando luz artificial.

Fonte: Foto da Autora.

Sobre o processo de fabricação e os resultados acima referidos nas *Figuras e Tabelas*, pode-se destacar que os ensaios feitos nos painéis de concreto com fibra ótica, a transmissão de luz esteve presente em todos os protótipos, incremento a iluminação de um espaço fechado onde o painel fosse construído. Alguns dos benefícios que poderia oferecer este sistema de construção, qualidade visual e estética nos espaços ao permitir a projeção de sombras e qualquer tipo de objeto além da transmissão de luz.

CAPÍTULO VI
CONCLUSÃO E SUGESTÃO

6. CONCLUSÃO E SUGESTÃO

A partir dos ensaios feitos no laboratório foi possível conhecer os materiais e propriedades que compõem o concreto translucido, analisando suas características individuais e evidenciando a valor de cada componente na mistura. Desta primeira análise, foi possível perceber a importância do concreto como elemento construtivo, e como pode ser modificado na busca de um rendimento eficiente em sistemas construtivos.

A partir dos dados levantados, foram trabalhados diversos métodos de obtenção do material, com processo de colocação e distribuição das fibras. Os resultados obtidos demonstraram a aplicabilidade do concreto com fibra ótica, tanto na parte estrutural e a transmissão de luz, bem como a possibilidade de melhorias dos sistemas construtivos.

Os resultados obtidos até o presente momento indicam que podem ser fabricados painéis de concreto com fibra ótica, desenvolvendo parâmetros como a resistência à compressão e a transmissão de luz que revelaram a eficiência no uso tanto estrutural como para a composição da arquitetura.

Pode-se concluir desta dissertação que a forma, disposição e colocação das fibras óticas no concreto, podem influenciar diretamente na trabalhabilidade do concreto, e que, portanto, devem fazer parte da especificação de produção do concreto. Desta forma, é necessário ajustar a proporção entre as quantidades.

Pode-se concluir que a incorporação de fibras ótica no concreto convencional é uma possibilidade viável, pois os estudos mostraram a transmissão de luz e ao mesmo tempo conservar as propriedades do material, deste modo pode ser aproveitado em função da estrutura e da iluminação, em regiões como alta incidência de sol durante grande parte do ano.

Importante ressaltar que, a disposição da fibra no concreto deve esta exposta nas faces para permitir o contato da luz com os fios, requerendo cuidado especial de posicionamento e habilidades. É por isso, que o mau emprego e desconhecimento do produto acabaram por colocar as fibras óticas numa situação delicada e indevida em alguns protótipos fabricados. Portanto, deve-se procurar uma fração volumétrica ideal de fibras, que proporcione um adequado controle de fissuração, uma boa trabalhabilidade durante o processo de mistura para obter um material homogêneo e moldável.

Após todos os testes realizados ao longo da pesquisa, chegou-se a concluir que este material pode oferecer alternativas estruturais e também como elemento iluminador dos espaços, ampliando as possibilidades de projetar edifícios ou construções com expressão estética compatíveis com o meio ambiente.

Temos assim, que a colocação das fibras além de contribuir para uma mudança na expressão estética do concreto, também poderia ajudar a reduzir ligeiramente o consumo de energia nas edificações trazendo benefícios para o meio ambiente e projetos de construção civil.

É importante aproveitar as novas descobertas referentes às tecnologias dos concretos, para enriquecer o concreto com fibra ótica como novo material dentro de um leque de concretos tecnológicos. Além disso, a moderna tecnologia vem contribuindo para produção de concretos com diferentes funções a partir do método tradicional, conseqüentemente possibilitando a construção de edifícios iluminados.

O material proposto, inicialmente permitira a geração de novas alternativas melhorando as propriedades do concreto para a construção de elementos de alvenaria e espaços públicos, integrando a iluminação e conforto luminoso, como meio de complemento do elemento estrutural que contribuíram ao rápido e contínuo desenvolvimento de metodologias de fabricação de materiais de construção.

A fabricação dos protótipos de concreto com fibra permitiu que se estabelecesse uma base sólida para o acolhimento como elementos que possibilitam a construção em espaços arquitetônicos e espaços públicos. Além de facilitar a escolha deste material inovador compatível como o meio ambiente, na economia de energia.

Com relação ao que foi exposto no desenvolvimento da dissertação, é grande a potencialidade de aplicação do concreto com fibras óticas nas mais diversas obras. Entretanto, ficou evidenciado que existe pouca informação, já que o material é recente e inovador, existindo grande demanda de informações técnicas sobre o concreto e suas técnicas construtivas.

Por último, o concreto com fibra ótica é um material com qualidades extraordinárias, as quais ainda estão sendo aperfeiçoadas com o avanço da tecnologia dos materiais, e indispensável na concepção arquitetônica. Existe um leque de possibilidades de construção

com o concreto, mas é necessário aprofundar o conhecimento para ter capacidade de tomar as decisões corretas no momento da sua escolha tendo em vista o seu propósito, para tirar o máximo proveito possível das suas propriedades. Além disso, conferimos que é de extrema importância compreender as propriedades dos materiais que o compõem para que os seus resultados sejam otimizados.

A transmissão por meio da fibra ótica fez que a luz passasse através das paredes de concreto, comprovado em todos os protótipos fabricados, desta forma foram visíveis através das faces às silhuetas projetadas de diversos objetos quando expostos a uma fonte de luz. Deste modo, pode ser percebida uma possível junção entre o espaço externo e interno, criando um mesmo conjunto, oferecendo uma qualidade especial às superfícies onde o material seja aplicado.

Baseado nos resultados das provas de iluminação feitas, o painel de concreto com fibra ótica poderia ser útil nas zonas onde tem incidência de luz como um ótimo complemento para iluminação de espaços onde a entrada de luz é leve.

Nesta perspectiva, é possível concluir também que o concreto com fibra ótica como material de construção terá, nas próximas décadas, um futuro cada vez mais promissor, uma vez que a versatilidade arquitetônica, aliada à durabilidade crescente, possibilitará a realização e o desenvolvimento de qualquer projeto idealizado segundo os critérios mais futuristas da arquitetura contemporânea.

SUGESTÕES

Espera-se que o presente trabalho constitua uma contribuição técnica para a divulgação e a correta aplicação deste material.

Sugere-se fazer ensaios para medir a resistência à tração do concreto com fibra ótica para explorar todas as propriedades físicas do material.

Uma pesquisa para identificar a disposição destes materiais para o desenvolvimento de projetos construtivos integrados. Além disso, buscar ideias de como possibilitar o acesso de informação sobre novos materiais desenvolvidos e métodos de construção ao processo de projeto ainda nas etapas iniciais, e quando devem ser tomadas decisões para o melhor aproveitamento dos materiais.

Percebe-se que ainda há necessidade de aumentar o conhecimento sobre as propriedades dos materiais de construção, para que se possa expandir a faixa de utilização de novos elementos que contribuam na construção. No entanto, os resultados aqui apresentados depõem a favor da incorporação desse tipo material na produção de concretos.

Os métodos sugeridos na dissertação deverão ser pesquisados em profundidade para que nenhum aspecto seja descartado. Outros métodos poderão ser utilizados desde que atendam aos objetivos de cada etapa de fabricação.

Caso seja continuado o processo de desenvolvimento deste elemento de construção no futuro, deverá ser possível transformá-lo em um elemento suficientemente completo para ser utilizado no cotidiano. Métodos manuais ou mecânicos devem ser escolhidos em função de realizar estruturas de concreto com fibra ótica com maiores dimensões, de formas mais simples e em menor tempo.

Na mistura do concreto com fibra ótica, a fibra representa uns dos componentes de alto custo e de maior dificuldade no momento da compra, especialmente pela escassez de distribuidores, por esta razão surge a inquietude de encontrar novos elementos que se adaptem às especificações do concreto translúcido e que a sua vez diminuam o custo da mistura, sem desmelhorar a qualidade do material.

Convém desenvolver um futuro trabalho sobre a utilização do vidro como agregado do concreto, na busca de determinar as qualidades que pode trazer como elemento translúcido e poder assim, incorporar alternativas para criar concretos translúcidos.

Recomenda-se fazer um estudo aprofundando das propriedades das fibras óticas, expondo-as a diversas provas, sejam físicas, químicas ou mecânicas, com o intuito de aproveitar melhor as características; além de fazer um estudo minucioso com o percentual de fibra ótica no concreto e como influencia na transmissão de luz e na resistência do concreto.

A análise das características mecânicas do concreto com fibra ótica mostra um panorama alentador, pois suas capacidades permitem pensar na utilização deste material na construção de edifícios tanto em alvenaria de vedação como estrutural. Este estudo contribui na tecnologia do concreto, não apenas como um material estrutural, mas também como um elemento multifuncional no campo da construção, assim, a sua aplicação poderia ser feita no projeto de mobiliário, em projetos de ambientação de espaços e na construção civil.

CAPÍTULO VII
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOCELLA, Alfonso. **Pedras artificiais, Transparente/translúcido**. Blog Architettura di Pietra. 21 de Abril de 2006. Disponível em: <http://www.architetturadi Pietra.it/wp/?p=186> Acessado em setembro de 2012.

AMORIM, C.N.D. **Illuminazione naturale, Confort Visivo ed Efficienza Energetica in Edifici Commerciali**: Proposte Tecnologiche e Progettuali in contesto di clima Tropicale. Tese (Dottorato di Ricerca in Tecnologie Energetiche e Ambientali per lo Sviluppo) – Centro Studi Interuniversitario sui Paesi in via di Sviluppo, Università degli Studi di Roma La sapienza, 2002.

_____. **Diagrama Morfológico parte I: Instrumento de análise e projeto ambiental com uso de luz natural**. PARANOÁ: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Brasília: FAU UnB, v. 6, n. 3, p. 57-76, 2007.

ARMAN, Beatriz. **Transparent concrete LiTraCon Domus..** A design report. 10 Novembro 2004. Disponível em: <http://www.domusweb.it/en/design/transparent-concrete/>. Acessado em 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5461. **Iluminação** Rio de Janeiro, Dezembro 1991.

_____. NBR 5738. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, Dezembro 2003.

_____. NBR 7217. **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, Agosto 1987.

_____. NBR 7219. **Determinação do teor de materiais pulverulentos**. Rio de Janeiro, Agosto 1987.

_____. NBR 7251. **Agregado em estado solto – Determinação da Massa unitária da areia**. Abril 1982.

_____. NBR 9776. **Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.** Rio de Janeiro, março 1987.

_____. NBR 9937 **Determinação da massa específica do agregado graúdo pela balança hidrostática.** Rio de Janeiro, Agosto 1987.

_____. NBR NM 53. **Agregado Graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, Julho 2003.

_____. NBR NM 65: **Cimento Portland: Determinação do tempo de pega.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 67. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR NM 248. **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, Julho 2003.

_____. NBR 5738. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, dezembro 2003.

_____. NBR 5739. **Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, julho 1994.

BENAVIDES, Gabriela. **Letras Libres, “Arquitectura y Transparencia”**, La confianza en el futuro, en la tecnología y en los nuevos materiales convirtió al vidrio en la panacea de la arquitectura donde la transparencia, (27 de Oct. de 2008), Disponível em: <http://www.letraslibres.com/revista/artes-y-medios/arquitectura-y-transparencia>. Acessado em 2011.

BITTIS, Andreas. **Translucent Concrete.** Dezeen magazine. 17 de December 2007. Disponível em: <http://www.dezeen.com/2007/12/17/translucentconcrete-by-andreas-bittis/>. Acessado em 2011.

CARLOS, T.B.; LAUTERT, A. G. **Análise das propriedades físicas intrínsecas ao concreto translúcido**. Resumo. III Salão Internacional de ensino, pesquisa e extensão (SIEPE). Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, Uruguaiana, Brasil 2011.

CELIS, Gabriela. **Una recopilación de innovaciones**. Construcción y tecnología em concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. 2009. Disponível em: <http://www.imcyc.com/revistacyt/feb11/mejor.htm>. Acessado em 2012.

DOSACON. **Bloco Translúcido**. Brasil, 2010. Disponível em: <http://dosacon.com.br/> Acessado em fevereiro de 2013.

DUPONT, Christoffer. **Enter the digital stone age**. Dupont lightstone. 2006. Disponível em: <http://dupontlightstone.com/index.html>. Acessado em 2012.

FASTAG, Alejandro. **Design and manufacture of translucent architectural precast panels**. Artigo fib Symposium Session 4-2: Environment, pag 1-10. Prague 2011.

FIGUEIREDO, Joana. **Sensores de fibra óptica para uso avançado em compósitos poliméricos**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Física, Universidade de Aveiro. 2009.

FRITZ, Susanne. **Concreto em Arquitetura (1): um material tanto estigmatizada e célebre**. Architoni, the independent for architecture and design. New and trends. Suíça. Disponível em: <http://www.architonic.com/ntsht/concrete-in-architecture-1-a-material-both-stigmatised-and-celebrated/7000525>. Acessado em Fevereiro de 2012.

GARCIA, Lugo. **La juventud y los materiales**. Construcción y tecnología. Revista, artigo pág. 34-37. Enero 2007.

GOHO, A. **Concrete National. Bright future for ancient material.**, de Science news online. 01 de Janeiro de 2005. Disponível em http://www.phschool.com/science/science_news/articles/concrete_nation.html Acessado em 27 de Agosto de 2011.

HART, Sara. **Concrete Gets Glamorous in the 21st Century**. Bold invention overtakes steady progress as new concrete products create startling opportunities for architectural expression. Architectural Record. 2012. Disponível em:
<http://archrecord.construction.com/resources/conteduc/archives/0501edit-4.asp>. Acessado em 2012.

HE, Jianping.; ZHOU, Zhi.;OU, Jinping. **Study on Smart Transparent Concrete Product and Its Performances**. Paper. The 6th International Workshop on Advanced Smart Materials and Smart Structures Technology. ANCRiSST2011. Dalian, China. July 25-26, 2011.

HERMETO, Carlos F. **Tecnologia de materiais de construções**. Monografia. Construções rurais e ambiência. Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. 2000.

IBRACON. **Concreto: Ciência e Tecnologia. Volume II**. Geraldo Cechella Isaia (Editor) 2011.

I.LIGHT. italcementi Group. **The new transparent cement**. Research and Innovation. Disponível em:
<http://www.italcementigroup.com/ENG/Research+and+Innovation/Innovative+Products/i.light/>. Acessado em Janeiro de 2012.

ILUM. **Concretos translúcidos**. Disponíveis em: www.ilum.com.mx Acessado em 2012.

INGENIERIA DE MATERIALES USB – Cali. **Uma mirada diferente a través de los materiales – Concreto Translúcido**. Artículo Blog, My Opera. Colombia. 14 de Julio de 2010. Disponível em:
<http://my.opera.com/materialesusb/blog/> Acessado em Setembro de 2012.

JONKERS, Henk. **Ciência aposta em materiais que se autoconsertam: autoconserto concreto**. 2012. Disponível em:
http://www.guiacachoeiro.com/?d=page/ciencia/visualiza_not_ciencia&id=6778. Acessado em 24 Abr. 2013.

KAEFER, Luis. **A evolução do concreto armado**. Concepção, Projeto e Realização das estruturas: aspectos históricos. 1998.

Disponível em: <http://www.lem.ep.usp.br/pef605/HistoriadoConcreto.pdf>. Acessado em 2012.

KALTENBACH, Frank. **Materiales Translúcidos**. Editorial Gustavo Gili SL. España. 2008.

Disponível em: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=307308>.

Acessado em Janeiro de 2012.

LIMA, J. **Igreja da Luz / Tadao Ando**. Arquitetura. Disponível em

<http://teturaarqui.wordpress.com/2011/02/02/igreja-da-luz-tadao-ando/>. Acessado em 05 de Março de 2012,

LITRACON. **Light Transmitting Concrete**. 2001-2011 Disponível em:

<http://www.litracon.hu>. Acessado em 2009.

LUCCON 2006-2011 Disponível em:

<http://www.luccon.com/es/>. Acessado em 2011.

LUCEM LICHTBETON. 2011. Disponível em:

<http://www.lucem.de/> Acessado em 2011.

LUGARCERTO. **Concreto translúcido**. Artigo (notícia). Minas Gerais. 14 de setembro de 2008. Disponível em:

http://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2008/09/14/interna_noticias,27637/index.shtml Acessado em janeiro de 2013.

MALDONADO, Edison; MATOS, Dinaldo de Castilho. **Aspectos fundamentais da Tecnologia de fibras ópticas**. Centro Universitario São Camilo. 2003. Disponível em:

www.teleaulas.com.br. Acesso em janeiro de 2013.

MARTÍNEZ, Maria Cruz. **Hormigón translúcido con fibra óptica**. Proyecto final de carrera. Escuela Técnica de Ingeniería de edificaciones. Universidad Politécnica de Valencia. España, junio 2011.

MASSAI. **Hormigón: Ideas concretas e iluminadas. Tecnología en hormigón:** Noticias de arquitectura, diseño, construcción y CAD. CONSTRUCCIÓN. Octubre 19, 2005.

Disponível em:

http://www.todoarquitectura.com/v2/noticias/printer_friendly.asp?IDNews=%202909.

Acessado em 2009.

MEKOART. **Louis Kahn.** de Reciklar. 18 de agosto de 2011. Disponível em:

<http://reciklart.over-blog.es/article-louis-kahn-88346684.html>. Acessado em 2011.

MONCAYO, Leonardo J. **Desenvolvimento e avaliação de argamassa translúcida com fibra ótica polimérica.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

MORAES, Marcelo da Cunha. **Concreto Armado.** Livro, Editora: Mcgraw-hill. 1982.

NAVARRO, Daniela. **Desarrollar una nueva generación de hormigón para la construcción,** México. 30 de junio de 2006. Disponível em:

<http://www.ciudadtijuana.info/zona01/2006/junio/concretos.html>. Acessado em 2011.

NOGUEIRA, Beatriz. **O emprego do concreto armado na arquitetura de fortaleza.** Artigo. Anais do 48 congresso Brasileiro de Concreto. IBRACON. Setembro/2006.

Disponível em: <http://www.arquitetura.ufc.br/novo/wp-content/uploads/2010/12/O-emprego-do-concreto-armado-na-arquitetura-de-Fortaleza.pdf> Acessado em 2011.

NOUVEL, J. **Revista el croquis.** p. 23. 04 de fevereiro de 2010.

OSORIO, Jesús David. **Tendencias de la tecnología del concreto: Tipo de concreto.** Argos. 360 grados em concreto. 2011. Disponível em:

<http://www.360gradosblog.com/post/2011/10/20/Tendencias-de-la-tecnologia-del-concreto-tipos-de-concretos.aspx>. Acessado em 2012.

PAMPULHA. **Concreto translúcido.** Artigo (noticia). O tempo Online. O seminário de Belo horizonte. Belo Horizonte. Disponível em:

<http://teste.otempo.com.br/jornalpampulha/noticias/?IdNoticia=1180> Acessado em Janeiro de 2013.

PCA, Portland. **Light Transmitting/Translucent Concrete**. Hormigón vaciado de concreto en una luz decorativos. Cement Association. architectural & Decorative Concrete.

Disponível em:

<http://www.cement.org/decorative/translucent.asp> Acessado em fevereiro de 2012.

PRADO, Andrés. **Investigación concreto translucido**. Artículo, Blog Praga + Arquitectos. 3 de Diciembre de 2007. Disponível em:

<http://pragarq.blogspot.com.br/2007/12/blog-post.html> Acessado em dezembro de 2012.

REPETTE, W. L. **Concretos para fins Especiais e de última Geração**. Concreto: Ciência e Tecnologia. Volume II. Geraldo Cechella Isaia (Editor). IBRACON. 2011.

RIBEIRO, Raquel de Macedo. **Concreto aparente: uma contribuição para a construção sustentável**. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais escola de engenharia, Fevereiro/2010.

ROE, Alysha.; O'CALLAGHAN, Michael. **Translucent concrete: Old concept/New technology**. L.A. Structures + materials. Assignment 02_Material research. April de 2012.

ROMANO, Cezar Augusto. **Apostila de Tecnologia do concreto**, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, departamento acadêmico de construção civil, engenharia de produção civil, 2004.

RTBot. **Hormigón Translúcido**. Información, videos, noticias e imagines sobre hormigón translúcido 2012. Disponível em:

http://www.rtbody.net/translucent_concrete. Acessado em 2012.

SALAZAR, Jorge Hernán. **Luz natural em la arquitectura contemporânea**. Argos. 360 grados em concreto. Disponível em:

<http://www.360gradosblog.com/post/2011/09/30/Luz-natural-en-la-arquitectura-contemporanea.aspx>. Acessado em Janeiro de 2012.

SAN MARTIN, Igor. **Concreto translúcido – Igor San Martin**. Artigo. Revista GRUPPO, Arquitetos e Associados. Setembro de 2007. Disponível em:

<http://www.gruppoarquitetos.com.br/noticias/noticia.aspx?noticia=14>

Acessado em Março de 2012,

_____. **Concreto Translúcido, uma revolução na arquitetura e iluminação**. Artigo. Revista Lume Arquitetura, Ed. 29, São Paulo 2011.

SANTOS, Altair. **Concreto Translúcido pode ir além da estética**. Novas tecnologias, sobre concreto. Artigo. Massa Cinzenta. 18 de novembro de 2009. Disponível em;

<http://www.cimentoitambe.com.br/concreto-translucido-pode-ir-alem-da-estetica/>

Acesso em Abril de 2011.

SHULMAN, K. **An idea hatched in the research department of OMA promises to transform the nature of buildings**. Disponível em X-Ray Architecture. Abril de 2001.

Disponível em: http://www.metropolismag.com/html/content_0401/shulman/. Acesso em Agosto de 2011

SOUZA, Denis Flores de. **Iluminação Natural e Artificial em Bibliotecas da UNICAMP: Diagnóstico e Recomendações**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo. 2010.

TOLEDO, Beatriz Guimarães. **Integração natural e artificial: Métodos e guia prático para projeto luminotécnico**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2008.

UMAÑA, Juan David. **El concreto sirve ahora para iluminar**. Artículo, Periódico El Colombiano. 24 de septiembre de 2011. Disponível em:

http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/E/el_concreto_sirve_ahora_para_iluminar/el_concreto_sirve_ahora_para_iluminar.asp Acessado dezembro de 2012.

URIBE, L. M. J. **Desenvolvimento e avaliação de argamassa translúcida com fibra ótica polimérica.** Florianópolis: UFSC, 2010. Dissertação (mestrado em engenharia civil), Programa de Pós-graduação em engenharia civil, Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

VELÁZQUEZ, Laura. **Los nuevos materiales de construcción no se utilizan en forma conveniente.** Información para el aprendizaje Gaceta Universitaria. Innova. Universidad de Guadalajara. 4 de Marzo de 2002.

VILLANUEVA, C.R. **Algunas observaciones sobre el desarrollo actual de la arquitectura latinoamericana.** Imprenta Nacional Caracas, (1958).

WATANABE, P. S. **Concretos Especiais – Propriedades, Materiais E Aplicações.** Relatório Final De Pesquisa. Faculdade De Engenharia. Departamento De Engenharia Civil, Unesp - Campus De Bauru/Sp. Universidade Estadual Paulista. Pág. 181. 2008.

WITTING, Will. **Concrete is Translucent.** Alumni Newsletters. University of Detroit Mercy. April 2005. Disponível em:
<http://www.udmercy.edu/alumni/newsletters/fall04/nautilus/wittig.htm>. Acessado em 2011.

ZHOU, Zhi et al. **Research and development of plastic optical fiber based smart transparent concrete.** Paper. Smart Sensor Phenomena, Technology, Networks, and Systems. Edited by Norbert G. Proc. of SPIE Vol. 7293 Pág. 1-6. 2009.

ANEXO I

ENSAIOS EM LABORATORIO (TEORIA)

Ensaio em laboratório (Teoria)

Iluminação

Ao construir os painéis de concreto com fibra ótica é necessário além dos ensaios feitos ao concreto, fazer ensaios para quantificar a luz que pode passar através do painel do concreto. Este tipo de ensaio depende de quantidade de fibra ótica que é introduzida no concreto. Este tipo de ensaio depende de três variáveis para garantir uma boa passagem de luz através do concreto:

- Disposição da fibra ótica no concreto;
- Quantidade de luz e fibra ótica no concreto;
- Método de avaliar a luz.

Disposição das fibras ótica no concreto.

A disposição das fibras óticas depende do método de fabricação do bloco de concreto translúcido. O material é uma mistura de concreto com fibras óticas, que misturadas no concreto se tornam um componente do material como um agregado; as fibras óticas também podem ser dispostas em fileiras, de modo transversal às duas faces do bloco. Segundo Moncayo (2010):

Empresas como LITRACON e LUCCON usam tecidos que são inseridos no concreto alternadamente nos moldes em intervalos de aproximadamente 2mm a 5mm. Camadas menores ou mais finas permitem que uma maior quantidade de luz passe através do concreto (MONCAYO, 2010. Pág. 64).

O processo de fabricação do concreto translúcido é relativamente simples, tendo cuidado no método de colocação das fibras óticas. As fibras deverão ser inseridas de modo que os fios fiquem expostos nas duas faces da forma e fiquem fixos, para logo depois ser colocada na mistura de concreto, assim a mescla pode ser espalhada distribuindo-se entre os espaços deixados pelas fibras colocadas, até a forma ficar totalmente cheia. Logo depois o processo semelhante com qualquer tipo de concreto.

Assim, a versatilidade que tem o material permite que sejam criados outros tipos de disposições inimagináveis que darão como resultados concretos que permitam projetar detalhes diferenciados para fachadas, destacando logotipos de empresas e iluminação de ambientes, dispensando o uso excessivo de lâmpadas.

Quantidade de luz e fibra ótica no concreto.

Segundo Acocella (2006) a quantidade de luz que passa através dos painéis é determinada pela alteração diversa de proporções percentuais entre os componentes do concreto ou por variação progressiva de um dos elementos do ciclo de produção. A iteração dos experimentos envolve o teste e verificação dos resultados.

Já que nos encontramos de frente a um concreto, cuja principal característica é a translucidez, um dos ensaios importantes a realizar é a quantidade de luz que é possível que passe de uma face iluminada à face oposta não iluminada.

Segundo Martínez (2011):

A quantidade de luz que deixa passar o concreto translúcido depende da quantidade de fibra ótica que atravessam o concreto. Poder-se-ia dizer que é uma percentagem translúcida, quando a quantidade de fibra ótica que atravessa o concreto e, portanto, a quantidade de luz que deixa passar. Portanto, falaríamos de um concreto translúcido aos 30%, quando estivesse constituído por um 30% de fibra ótica e 70% de concreto, e desta forma deixara passar um 30% da quantidade de luz que incidisse sobre o concreto. (MARTÍNEZ, 2011. Pag. 40).

Método de avaliar a luz

Um dos objetivos desta dissertação, e avaliar a luz natural e artificial que transmite o painel de concreto translúcido, segue-se a análise da fabricação dos painéis de concreto translucido avaliando a quantidade de iluminação, recolhe-se também, o número de informação e detalhe possível, sendo essencial obter os elementos projetados, como imagens e a memória descritiva do elemento fabricado.

Logo da análise destes elementos é indispensável efetuar ensaios, de maneira a observar o comportamento da fibra e a transmissão de luz natural e artificial no painel de concreto translúcido. Depois de selecionado o objeto de estudo procede-se ao seu registo fotográfico e ao levantamento do material utilizado para a fabricação do painel.

Para a avaliação quantitativa das condições mínimas de iluminação natural e artificial é necessário efetuar medições de luminância que permitem calcular o fator luz-dia. Complementa-se com o levantamento e registo da hora do dia que foi efetuada a medição, e a temperatura do dia em que foram tomadas as amostras.

Materiais do concreto

Segundo Hermeto (2000) o concreto é um material de construção resultante da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), agregados (pedra e areia) e água. Logo após a mistura o concreto deve possuir plasticidade suficiente para as operações de trabalhabilidade, transporte e lançamento em formas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre aglomerante e água.

A qualidade do concreto fresco ou endurecido depende das características dos materiais utilizados. Variações destas características ou substituições de materiais por outros, por qualquer razão que seja, deverão ser conhecidas em tempo hábil para que se procedam às correções necessárias na mistura ou nos procedimentos, a fim de que as propriedades finais não sejam alteradas.

Na tentativa de compreender o comportamento do concreto com fibra ótica, foi preciso fazer um estudo dos materiais que compõem a mistura de concreto, para tanto, foram relevantes diversos ensaios da brita, areia e o cimento. Os ensaios de caracterização dos materiais e do concreto foram realizados seguindo as recomendações das Normas Brasileiras (NBRs), no Laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário UNICEUB e no Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM do Departamento de Engenharia Civil da UnB.

Como o estudo do concreto translúcido é bem recente e existem poucos resultados sobre a resistência e composições de traço do material, buscou-se através desta dissertação comprovar o comportamento e a aplicação do concreto com fibra ótica como elemento estrutural arquitetônico, além de aproveitar tais propriedades como a resistência e transmissão de luz para serem aplicadas em espaços arquitetônicos. A seguir serão apresentados os materiais que compõem a mistura de concreto e sua caracterização para a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica.

Agregados

Entende-se por agregado, o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de arquitetura e engenharia. Os agregados desempenham um importante papel nas argamassas e concretos, quer do ponto de vista econômico, quer do ponto de vista técnico e exercem influências benéficas sobre algumas características importantes, como retração, aumento da resistência ao

desgaste, entre outros sem prejudicar a resistência aos esforços mecânicos, pois os agregados de boa qualidade tem resistência mecânica superior à da pasta de aglomerante.

Devido à importância dos agregados dentro da construção civil, vários são os ensaios necessários para sua utilização, que servem para definir teor de umidade a composição, granulométrica, a absorção de água, pulverulento, modo de finura.

A composição granulométrica é o ensaio que se deve realizar aos agregados para determina se o agregado será graúdo ou miúdo (tamanho do grão) segundo procedimento NBR 7217/1987. É a composição granulométrica quem determina a característica do agregado. Através de uma série de peneiras como ilustra a *Figura 126* é possível descobrir a composição granulométrica (agregado miúdo menor de 4,75mm e o que for maior será graúdo).



Figura 126: peneiras para determinar o tamanho do agregado.

Fonte: <http://www.splabor.com.br>

Agregado miúdo

Segundo Romano (2004):

O agregado miúdo normal ou corrente, a areia quartzosa o pedrisco resultante do britamento de rochas estáveis, com tamanhos de partículas tais que no máximo 15% ficam retidos na peneira de abertura de malha quadrada igual a 4,8mm. Devem-se distinguir para o material sob a forma de agregado miúdo, duas espécies de massa específica: massa específica real e massa específica aparente. (ROMANO, 2004, pag.41)

Massa específica real: é a unidade de volume da massa, excluindo vazios permeáveis e os vazios entre os grãos. Sua determinação é feita através do picnômetro, de balança hidrostática ou pelo frasco de chapman segundo procedimento **NBR 9776/1987**.

Massa específica aparente: é o peso da unidade de volume, incluindo-se os vazios contidos nos grãos. É determinada preenchendo-se um recipiente de dimensões bem conhecidas com agregado deixando-o cair de uma altura de 10 a 12 cm segundo procedimento **NBR 7251/1982**. É também chamada de unitária, sendo útil para a conversão das argamassas a concretos, em reação de peso para o volume. A areia, no estado solto, apresenta o peso unitário em forma de $1,50\text{kg/dm}^3$.

Teor de umidade

É a relação da massa de água absorvida pelo agregado que preenche total ou parcialmente os vazios, e a massa desse agregado quando seco. Sua determinação é feita, principalmente por meio da secagem em estufa; método do fogareiro; método do speedy; frasco de Chapman; outros. De acordo com o teor de umidade, podemos considerar o agregado nos seguintes estados:

- Seco em estufa, na qual toda umidade, externa e interna, foi eliminada por um aquecimento a 100°C ;
- Seco ao ar, quando não apresentam umidade superficial, tendo, porém, umidade interna, sem estar, todavia, saturada;
- Saturado, superfície seca, quando a superfície não apresenta água livre, estando, porém, cheios dela os vazios permeáveis das partículas dos agregados.
- Saturados, quando apresenta água livre na superfície.
- O teor de umidade no estado saturado, superfície seca, é o que se denomina *absorção*.

O teor de umidade é expresso pela quantidade da água que contém o agregado no momento dado. Quando tal quantidade se expressa como percentagem da amostra seca (na estufa), denomina-se percentagem da umidade, podendo ser maior ou menor que a percentagem de absorção. Os agregados geralmente encontram-se úmidos, e variam com o estado do tempo, reação pela qual se deve determinar frequentemente o conteúdo de umidade, para depois corrigir as proporções da mistura do concreto.

Granulometria

È a proporção relativa, expressa em percentagem, dos diferentes tamanhos de grãos que constituem o agregado. A composição granulométrica tem grande influência nas propriedades futuras das argamassas e concretos. A composição granulométrica é determinada através de peneiras **segundo procedimentos NBR NM 248/2003**.

Dimensão máxima dos agregados

È a abertura da peneira em que ficará retido o agregado em uma percentagem igual ou imediatamente inferior a 5%. As areias são classificadas de acordo com seu módulo de finura em muito grossa, grossa, media e fina.

Impurezas orgânicas

São materiais indesejáveis que estão presentes nas areias e que devida sua origem orgânica exercem ação prejudicial sobre a pega e o endurecimento das argamassas e concretos. A verificação das impurezas orgânicas da areia é feita através de comparação da amostra de agregado miúdo, misturado com uma solução de hidróxido de sódio, e de uma solução padrão de ácido tânico.

Teor de material pulverulento

È medido a partir de partículas de argila que contém o agregado. Apresenta-se como a proporção de vazios de areia, assim como, da otimização da operação de misturas e da quantidade de água de amassamento utilizada na argamassa ou concreto.

A argila, reduzida em pó muito fino, contribui para preencher os vazios da areia e influi para que o cimento envolva melhor os grãos de areia, ligando-os mais fortemente entre si. Se a argila forma uma película envolvendo cada grão e não se separa durante a mistura, sua ação é altamente prejudicial, ainda que se encontre em pequena proporção.

A argila pode ser eliminada por lavagem. Esta operação, se por um lado pode eliminar as impurezas, por outro, pode retirar os grãos mais finos da areia, aumentando o índice de vazios, o que resultará em menor resistência da argamassa.

Agregado graúdo

Segundo Romano (2004):

O agregado graúdo é o pedregulho natural, seixo rolado ou pedra britada, proveniente do britamento de rochas estáveis, com um máximo de 15% passando na peneira de 4,8mm. Os agregados devem ser provenientes de rochas estáveis, isto, inalteráveis sob a ação do ar da água ou do gelo. As britas no Brasil são obtidas principalmente pela trituração mecânica de rochas de granito, basalto e gnaisse. As pedras britadas são classificadas pelas dimensões de seus grãos. (ROMANO, 2004, pag.45)

A separação é realizada por peneiramento no local de produção. Uma classificação de acordo com suas dimensões nominais é dada a seguir **segundo procedimento NBR NM 248/2003**, sendo dimensão mínima a abertura da peneira que corresponde uma percentagem retida igual ou imediatamente superior a 95%.

Massa unitária: É o volume aparente do agregado, incluindo os vazios entre os grãos. Sua importância decorre na dosagem de concretos, da transformação de traços em peso para volume e vice-versa. O grau de umidade não afeta o agregado nem provoca o fenômeno de inchamento.

Massa específica: O conceito de massa específica é relacionado às partículas que constituem o agregado. É, portanto, afetado pelas características das partículas, que sejam densas e impermeáveis, quer sejam completamente porosas.

A massa específica aparente é o peso em volume de umidade dos grãos, incluindo os poros permeáveis e impermeáveis, e excluindo os vazios entre os grãos.

Massa específica real é obtida por meio da redução do pó do material, eliminando o efeito dos vazios impermeáveis. Na tecnologia do concreto, é importante conhecer, o espaço ocupado pelas partículas, existentes em elas.

Granulometria

A análise granulométrica dos agregados graúdos é realizada por meio de peneiras, num tamanho de malha 4,8 mm da série normal. O módulo de finura será a soma das percentagens de grãos retida nas peneiras dividida por 100.

Índice de boa qualidade

Devem ter grãos resistentes, duráveis e inertes, sem conter impurezas que prejudiquem o endurecimento do aglomerante apresentando boa composição granulométrica. Tendo-se em

vista ser a resistência a função característica do concreto o agregado graúdo deve ter resistência maior que a argamassa e características que não a prejudiquem.

O cimento

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece com ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento Portland não se decompõe mais. Uma das características fundamentais no momento de escolher um determinado tipo de cimento é a durabilidade que este vai oferecer ao concreto isto segundo as especificações técnicas do fabricante, obrigando a um conhecimento avançado do tipo de obra que será realizada e do ambiente onde esta exercerá sua função.

O cimento é, sem dúvida, o principal componente do concreto visto que é o único elemento ativo do mesmo, com exceção de alguns tipos de rocha consideradas potencialmente reativas que, por questões óbvias, são indesejáveis no preparo do mesmo. Portanto, pode-se dizer que o cimento é o principal responsável pela transformação da mistura dos materiais componentes dos concretos e das argamassas no produto final desejado (uma laje, uma viga, um revestimento).

Os cimentos diferenciam-se de acordo com as adições que lhe são feitas no processo de moagem. Depois de misturado com água e agregados, como areia, pedra ou cal, o cimento dá origem a concretos e a argamassas, cujas características e propriedades dependem da qualidade e das proporções de cada material adicionado. Para cada aplicação, há um tipo de cimento específico, de acordo com as suas peculiaridades. Por isso, é importante escolher corretamente o tipo de cimento a ser utilizado em cada obra e contar sempre com o auxílio de profissionais legalmente habilitados.

Portanto, é de fundamental importância utilizá-lo corretamente. Para isto, é preciso conhecer bem suas características e propriedades, para poder aproveitá-las da melhor forma possível na aplicação que se tem em vista. O bom armazenamento do cimento garante a conservação de sua boa qualidade, evitando possíveis alterações em suas propriedades que possam ocasionar problemas nos concretos com eles fabricados.

Nos dias atuais aproximadamente o 18% de todo o cimento consumido no Brasil é do tipo CP III e a tendência futura é que esse percentual, tanto para o CP III, com cerca de 18% e

para o CP IV, com cerca de 12%, cresçam ano a ano, pois além das características especiais e o uso para toda e qualquer obra, ambos são cimentos ecologicamente corretos, pelo menor uso de clínquer⁹ e, conseqüentemente, menor emissão de CO₂ e preservação das jazidas.

Os cimentos ecologicamente corretos, são compatíveis com toda etapa da obra, é um cimento de uso geral. Mas pouca gente sabe que o CP III e CP IV cimentos ecologicamente corretos são mais resistente, estável e impermeável em relação ao cimento comum, pois seu processo de hidratação ocorre mais lentamente. E, como demora mais para curar, o CPIII previne fissuras térmicas. Tais características o tornam ideal para fundações, lajes e pilares.

O cimento utilizado no programa experimental foi o cimento Portland CPII (resistência a sulfatos) e CP III (alto forno), estes cimentos apresentam maior impermeabilidade e durabilidade, baixo calor de hidratação, resistente a sulfatos; mas é particularmente vantajoso em obras de concreto-massa, assim como alta resistência à expansão devido à reação álcali-agregado. Estes cimentos podem ter aplicação geral em argamassas de assentamento, revestimento, argamassa armada, de concreto simples, armado, protendido, projetado, rolado, magro e outras.

Aliás, este tipo de cimento é utilizado para diversas obras de infraestrutura, tais como barragens, peças de grandes dimensões, fundações de máquinas, pilares, obras em ambientes agressivos, tubos e canaletas para condução de líquidos agressivos, esgotos e efluentes industriais, concretos com agregados reativos, pilares de pontes ou obras submersas, pavimentação de estradas e pistas de aeroportos.

Os cimentos Portland CPII e CPIII fez parte dos materiais analisados nos ensaios de laboratório, e na fabricação de concreto, pois cumpre com as características procuradas para a fabricação do painel de concreto com fibra ótica.

A água

A água é um dos componentes da reação química que faz com que o cimento se torne rígido. A água faz também com que a massa seja fluída, preenchendo os vazios entre os

⁹ Definido como cimento numa fase básica de fabrico, a partir do qual se fabrica o cimento Portland, habitualmente com a adição de sulfato de cálcio, calcário e/ou escória siderúrgica. **Clinker:** é a designação dada ao aglomerado de cascalho e pequenas rochas, de dimensão e forma irregulares, em geral exibindo arestas vivas, que se forma à superfície e por vezes na base de escoadas de lava, sendo mais frequente nas escoadas basálticas.

agregados. Na fase de mistura, o controle da quantidade de água é um item de fundamental importância para se obter o máximo de resistência para um determinado traço de concreto.

O volume de água presente no concreto é um dos principais fatores que influi na consistência, no intuito de tornar o concreto mais plástico. A evaporação da água por calor ou vento, modifica a consistência do concreto, tornando o material impróprio para uso. O emprego de águas não potáveis e não recomendadas pela prática pode criar problemas a curto e longo prazo.

A qualidade da água tem o seu papel: impurezas contidas na água podem interferir na pega do cimento, comprometer a resistência do concreto ou provocar o aparecimento de manchas na superfície, como também, resultar em corrosão de armadura. Por esses motivos, deve-se considerar a adequação da água usada.

O concreto

Dosagem

É o proporcionamento entre cimento, areia, água e pedra. A dosagem consiste, em determinar as quantidades de material dentro das proporções estabelecidas no laboratório, tendo como finalidade a obtenção de propriedades previamente estabelecidas e atingir as tensões indicadas para o concreto.

A percentagem de cada matéria-prima na mistura depende essencialmente da composição química dos materiais e da composição que se deseja obter, quando terminado o processo de fabricação. Para se proceder à dosagem é necessário exprimir o traço ou composição do concreto, o que pode ser feito de diversas maneiras, tendo em vista o método a ser usado para determinar as quantidades.

A mistura ideal tem por objetivo a obtenção de um sistema homogêneo onde todos os componentes do concreto estejam em contato entre si. Para o concreto encontrar-se e boas condições de homogeneidade, a sua composição deverá ser a mesma em qualquer ponto da massa, e também ter a integridade, isto é, a mistura deve ser tal que todas as partículas sólidas estejam em contato com a água de amassamento.

Como elemento adicional à dosagem do concreto foi introduzido a fibra ótica como um novo elemento necessário para atingir o objetivo desta dissertação. Portanto, os processos

experimentais apresentados visam demonstrar os resultados obtidos nos diversos ensaios e assim possibilitar suas análises.

Abatimento ou slump teste

A consistência do concreto é um dos principais fatores que está relacionada com suas próprias características, conforme modificamos o grau de umidade que determina a consistência, alteramos também suas características de plasticidade.

Modificando a proporção de água adicionada ou empregando aditivos, sua plasticidade é alterada, variando a deformação do concreto perante esforços. Sendo a que a trabalhabilidade é uma propriedade que oferece o concreto recém-misturado e que determina a facilidade e a homogeneidade com a qual o material pode ser utilizado.

O ensaio do abatimento do concreto, também conhecido como Slump Test, é realizado para verificar a trabalhabilidade do concreto em seu estado plástico, buscando medir sua consistência e avaliar se está adequado para o uso a que se destina.

Moldagem de corpos-de-prova

È um dos principais fatores que deve ser observados quando da utilização do concreto se refere é sua resistência mecânica. Para tanto, são necessários testes que comprovem a resistência do concreto aplicado em sua obra. Estes testes são realizados em corpos-de-prova, colhidos no local da obra, que podem ser tanto prismáticos, para testes de resistência à flexão, como cilíndricos, para ensaios de resistência à compressão. **Segundo procedimento NBR 5738** há meios de se colher estes corpos-de-prova no campo da experimentação como elemento importante na hora de fabricar concreto.

Contudo, não se deve perder de vista a qualidade do concreto. É por isso que se fazem testes com corpos-de-prova representativos do concreto, cuja moldagem e acondicionamento são tão importantes quanto à execução dos ensaios.

Determinação da resistência à compressão

O concreto é um material que resiste bem aos esforços de compressão e possui resistência muito baixa à tração. Sua resistência à tração é da ordem da décima parte da resistência à compressão.

A resistência à compressão é uma das propriedades que tem o concreto pela qual é mais valorizada. Como definição, é a capacidade de um dado material de suportar uma dada tensão sem chegar à ruptura. No caso do concreto, a resistência à compressão caracteriza-se como a capacidade do mesmo absorver tensões que agem de forma a comprimir a peça.

Determinação da resistência à compressão de concreto com fibra ótica. A influência das fibras na resistência à compressão do concreto não é algo fácil de determinar. Diversos são os fatores que implicam variações nos valores de resistência do concreto. A quantidade de água e cimento, características físicas e químicas dos agregados e aditivos, o adensamento, a temperatura, são alguns dos fatores que interferem na resistência do concreto.

O ensaio avaliará o estado endurecido a resistência à compressão do concreto produzido com fibra ótica. Estes ensaios foram úteis para caracterizar a propriedade de resistência de corpos-de-prova frente aos esforços de compressão, devido à incorporação das fibras óticas no concreto, como parte da estratégia de mudanças nas propriedades do concreto, reconhecendo as falhas no momento da fabricação e a utilidade no meio que vai ser empregado.

Segundo Losonczi *apud* Arman (2004), os resultados da prova de compressão foram melhores do que um concreto convencional. A presença de fibras não altera significativamente o comportamento do material, pelo contrario aumenta ligeiramente a resistência. É a qualidade e a percentagem de elementos usados que faz diferença.

As fibras distribuem-se de forma homogênea dentro da massa do concreto oferecendo certa isotropia e aumentando suas prestações frente ao impacto, flexão, tração, fissuras. Estes concretos reforçados com fibras têm aberto um novo campo de aplicações ao serem representativos para suportar solicitações para as que não estavam capacitados o concreto convencional. Os concretos com fibras encontram aplicações, dependendo do tipo de fibras usados, na fabricação de painéis de fachada, pré-fabricados em geral.

Foram executados ensaios com as misturas de fibras óticas de espessuras 0.3; 0.5 e 1 milímetro com o concreto empregando o cimento Portland CII e CIII. Os ensaios são mais bem detalhados ao longo deste capítulo.

ANEXO II
APRESENTAÇÃO E ANÁLISE

Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman NBR – 9776

Os métodos utilizados para obtenção destes resultados são apresentados no capítulo quatro. Sendo assim a massa específica do agregado miúdo em média das duas amostras ensaiadas foi de 2,639g/cm³ como apresenta a *Tabela 11*.

Tabela 11: Resultado da massa específica de agregados miúdos, frasco de Chapman.

Fonte: Foto da Autora.

1 - AMOSTRA : 500 g									
2 - APARELHAGEM (VIDE NORMA)									
3 - ENSAIO:									
	DETERMINAÇÕES	LEITURAS		MASSA ESPECÍFICA (g / cm ³)					
	1ª DET	390		2,632					
	2ª DET								
	MÉDIA DE DUAS DETERMINAÇÕES			1,316					
	INÍCIO: 9:40								
	TÉRMINO: 9:55								
	DURAÇÃO: 15 MIN								

$$ME = \frac{(500)}{L - 200} \text{ g/cm}^3$$

Determinação do teor de materiais pulverulentos NBR – 7219

A *Tabela 12* apresenta as características dos materiais pulverulentos, com uma amostra de 500,90 gr. Onde a percentagem do material pulverulento foi de 1,4%.

Tabela 12: Resultado Materiais pulverulentos.

Fonte: Foto da Autora.

3 - RESULTADOS (MÉDIA ARITMÉTICA DE DUAS DETERMINAÇÕES)						
PESO (g) DA AMOSTRA		PESO (g) DA AMOSTRA		TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO		
ANTES DA LAVAGEM		DEPOIS DA LAVAGEM		$\frac{(M_i - M_f \times 100)}{M_i}$		(%)
Mi 1	Mi 2	Mf 1	Mf 2	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	MÉDIA
500,90		493,50				1,40

Para um concreto que irá receber um grande desgaste devido ao uso constante é necessário que o teor de materiais pulverulento seja inferior a 3% este teor pode chegar a 5% para concretos estruturais ou pisos de alta resistência, o que leva a completa aceitação da areia amostrada com teor de 0,2% de materiais pulverulentos.

Ensaio granulométricos com agregado miúdo

Os métodos para realização deste ensaio são descritos no capítulo quatro e aqui são descritos os resultados. A areia analisada possui o módulo de finura MF =2.54, e é classificada como areia media fina. As *Tabela 13* e *Tabela 14* e o *Gráfico 1* apresentam a media dos valores obtidos para o ensaio de granulometria.

Tabela 13: Resultado do ensaio da granulometria do agregado miúdo.

Fonte: Foto da Autora.

ENSAIOS COM AGREGADOS MIUDOS						Relatório n°
CLIENTE: Laura Cadavid Restrepo						DATA: 25/07/12
OBRA:						
ENDEREÇO:						
Amostra: 1000,1				local de coleta:		ESTOQUE SERVENG
Procedência:				Data de coleta:		00/01/1900
Tipo de Material: AREIA NATURAL				Hora de coleta:		09:00h
Peneira		Peso	Porcentagem Retida			
N°	mm	Retido (g)	% Individual	% Acumulada	% Passante	
2"	50					Diâmetro Máximo (mm)
1.1/2"	38					Módulo de Finura
1.1/4"	32					Massa Específica (kg/dm³)
1"	25					Massa Unitária (kg/dm³)
3/4"	19					Absorção (%)
1/2"	12,5					Teor Pulverulento (%)
3/8"	9,5	3	0,3	0,3	99,7	Matéria Orgânica (ppm)
1/4"	6,3	26,9	2,7	3,0	97,0	
N°4	4,8	28,5	2,8	5,8	94,2	OBS:
N°8	2,4	68,5	6,8	12,7	87,3	
N°16	1,2	121,5	12,1	24,8	75,2	
N°30	0,6	199,2	19,9	44,8	55,2	
N°50	0,3	264,8	26,5	71,2	28,8	
N°100	0,15	234,8	23,5	94,7	5,3	
N°200	0,075	45,3	4,5	99,2	0,8	
Fundo		7,6	0,8	100,0	0,0	
Total		1000,1	100			

Gráfico 1: Resultado granulométrico agregado miúdo.
Fonte: Foto da Autora.

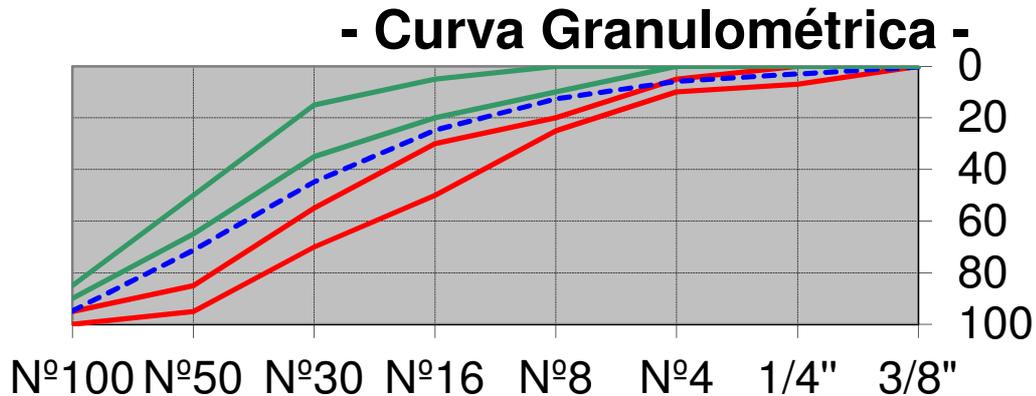


Tabela 14: Resultado granulométrico agregado miúdo.
Fonte: Foto da Autora.

Agregado Miúdo			
Peneira		Porcentagem	
Nº	mm	% Retida	% Acum.
2"	50		
1.1/2"	38		
1.1/4"	32		
1"	25		
3/4"	19		
1/2"	12,5	Zona ótima	Zona utilizável
3/8"	9,5	0	0
1/4"	6,3	0	7
Nº4	4,8	0	10
Nº8	2,4	10	20
Nº16	1,2	20	30
Nº30	0,6	35	55
Nº50	0,3	65	85
Nº100	0,2	90	95
Fundo			

Ensaio granulométrico com agregado graúdo

Os métodos utilizados para obtenção destes resultados são apresentados anteriormente no capítulo quatro, e este item apresenta a média dos valores encontrados para a caracterização dos agregados. O agregado analisado caracteriza-se como Brita zero (0). As *Tabela 15*, *Tabela 16* e o *Gráfico 2*, apresentam a média dos valores obtidos para o ensaio de granulometria, onde o módulo de finura foi de 4,789.

Tabela 15: Resultado granulométrico do agregado graúdo.

Fonte: Foto da Autora.

Amostra:						Local de coleta:	ESTOQUE SERVENG
Procedência:		PEDREIRA CILPAN				Data de coleta:	00/01/1900
Tipo de Material:		BRITA 1				Hora de coleta:	09:00h
Peneira		Peso	Porcentagem Retida				
Nº	mm	Retido (g)	% Individual	% Acumulada	% Passante		
4"	100		0,0	0,0	100,0	Diâmetro Máximo (mm)	12,50
3"	76		0,0	0,0	100,0	Módulo de Finura	4,789
2 1/2"	64		0,0	0,0	100,0	Massa Específica (kg/dm³)	-
2"	50,0		0,0	0,0	100,0	Massa Unitária (kg/dm³)	-
1.1/2"	38		0,0	0,0	100,0	Absorção (%)	-
1"	25		0,0	0,0	100,0	Teor Pulverulento (%)	-
3/4"	19		0,0	0,0	100,0	Matéria Orgânica (ppm)	-
1/2"	12,5		0,0	0,0	100,0	OBS.:	
3/8"	9,5	64,9	6,5	6,5	93,5		
1/4 "	6,3	287,5	28,6	35,1	64,9		
Nº4	4,8	231,6	23,1	58,2	41,8		
Nº8	2,4	306,3	30,5	88,7	11,3		
Nº16	1,2	70,0	7,0	95,7	4,3		
Nº30	0,6	13,3	1,3	97,0	3,0		
Nº50	0,3	6,4	0,6	97,7	2,3		
Nº100	0,15	6,2	0,6	98,3	1,7		
Nº200	0,075	8,6	0,9	99,1	0,9		
Fundo		8,7	0,9	100,0	0,0		
total		1003,5	100,0				

Gráfico 2: Resultado granulométrico agregado graúdo.

Fonte: Foto da Autora.

Granulometria - Brita 19 mm

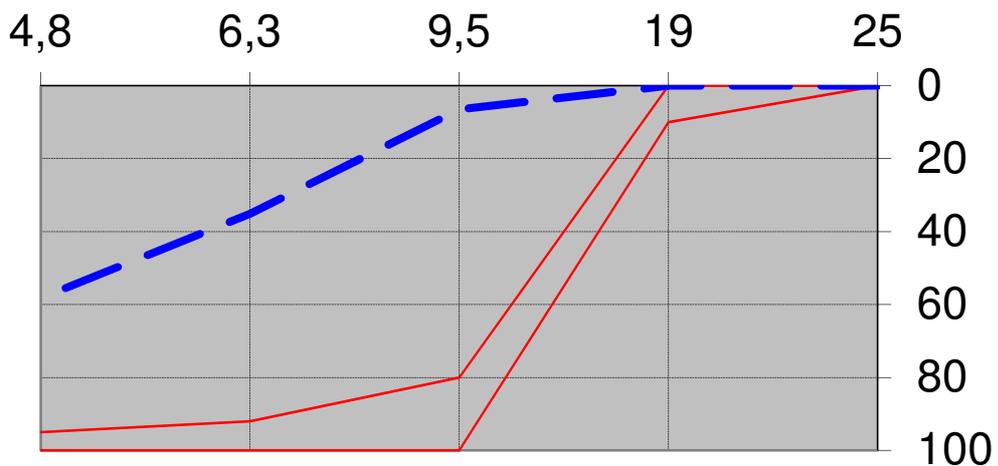


Tabela 16: Resultado granulométrico agregado graúdo.

Fonte: Foto da Autora.

Peneira		Porcentagem	
Nº	mm	% Retida	% Acum.
4"	100		0
3'	76		0
2 1/2"	64		
2"	50		0
1 1/2"	38		0
1 1/4"	32		
1"	25		0
3/4"	19		0
1/2"	12,5		
3/8"	9,5		80
1/4"	6,3		92
Nº4	4,8		95
Nº8	2,4		100
Nº16	1,2		100
Nº30	0,6		100
Nº50	0,3		100
Nº100	0,2		100
Nº200	0,1		
Fundo			

De acordo com os dados obtidos dos ensaios encontrados no capítulo quatro já mencionados, vemos a necessidade da realização destes testes, pois é importante sabermos realmente as medidas de nossos agregados, miúdos e graúdos, onde através dos resultados obtidos podemos realizar como, um exemplo, concretos mais coesos, e por fim saber como que posso usar cada agregado de forma correta, sem que traga prejuízos nas execuções de obras, ou serviços prestados.

Ensaio físico de índice de pega de cimento NBR NM -65

Realizados todos os procedimentos de execução, foram obtidos os seguintes resultados na *Tabela 17 e o Gráfico 3*.

Hora de lançamento da água: 9h00min.

Início de pega: 11h 39min.

Fim de pega: 13h 52min.

Tempo de pega: 13h 52min – 11h 39min = 90min.

Tabela 17: Resultados determinação do início e do fim de pega.
Fonte: Foto da Autora.

ENSAIO FISICOS DE CIMENTO INDICE DE PEGA NBR NM - 65						
INTERES: Laura M. Cadavid. R				REG. N°:		
OBRA:				DATA / ENSAIOS: 25/07/12		
REFERENTE:				DATA / COLETA:		
CIMENTO:		ADITIVO:		TEMPERATURAS		
MARCA:		MARCA:		AMBIEN	24,6	°C
TIPO/CLAI		TIPO:		DA ÁGUA:		°C
FORNECEDOR:				DO CIMENTO:		°C
NOTA FISCAL N°:				UMIDADE RELATIVA:		%
DETERMINAÇÃO DA CONSTENCIA NORMAL NBR NM - 43						
QUANTID DE DEDE ÁGUA EM (ML)	QUANTID E DE DE CIMENTO EM (G)	QUANTID DE DE DE ÁGUA EM (%)	LEITURA DA SONDA EM (MM)			
140	500,0	28,0	22			
130	500,0	26,0	7			
ÁGUA PADRÃO (ML)		ÁGUA PADRÃO (%)	LEITURA PADÃO (MM)			
135		27,0	6			

Gráfico 3: Resultado determinação do início e do fim de pega.
Fonte: Foto da Autora.

INÍCIO AMASSAMENTO (HORAS)	INÍCIO DE PEGA (HORAS)	TEMPO DE INÍCIO DE PEGA (min)	FIM DE PEGA (horas)	TEMPO DE FIM DE PEGA (min)	ADITIVO CONSUMO EM (ML)	ADITIVO CONSUMO EM (%)	
9:00	11:39	90	13:52	223			
					HORÁRIO DAS LETURAS	INERVALOS DAS LETURAS (minutos)	LEITURAS EM (mm)
					10:09	0	0
					10:19	10	0
					10:29	20	0
					10:39	30	0
					10:49	40	0
					10:59	50	0
					11:09	60	0
					11:19	70	0
					11:29	80	0
					11:39	90	0,5
					11:49	100	0,5
					11:59	110	1
					12:09	120	2
					12:19	130	4
					12:29	140	9
					12:39	150	12
					12:49	160	33
					12:59	170	35
					13:09	180	35
					13:19	190	36,5
					13:29	200	38
					13:39	210	38,5
					13:49	220	39
					13:52	223	40