

Estudo de Viabilidade Técnica da Utilização do Concreto Translúcido em Elementos Estruturais e Não Estruturais

Ana Paula Silva Oliveira¹, Tiago Ferreira Campos Neto²

Resumo

No Brasil, o concreto translúcido é um material inovador que apresenta diversas aplicações, entretanto tem sido pouco utilizado e difundido em decorrência da falta de informações disponíveis sobre o material. Diante dessa premissa, este trabalho tem o objetivo de avaliar o efeito da adição de diferentes teores de fibra ótica no concreto translúcido e sua aplicabilidade em elementos estruturais e não estruturais. Três traços foram produzidos, sendo um deles sem adição de fibras e os outros dois com diferentes teores de fibra ótica polimérica (3,0 e 5,0% em função do volume total do bloco) do tipo endlight (monomodo). Foram realizados ensaios de resistência à compressão e tração na flexão, absorção por capilaridade e porosidade. Constatou-se que teores de fibra até 3% permitem a aplicação do concreto translúcido em elementos estruturais. No que tange a absorção, quanto maior o teor de fibras maior será a capilaridade e porosidade do concreto.

Palavras-chave: Concreto translúcido. Fibra ótica. Desempenho mecânico.

1. Introdução

Concreto translúcido ou concreto com adição de fibra ótica é um material com características semelhantes ao concreto convencional, porém com vantagens de translucidez permitindo a passagem de luz. Em 2001, este concreto foi reinventado por um arquiteto húngaro Áron Losonczy, sendo patenteado e comercializado no ano de 2005 com o nome de Litracon (Light-Transmitting Concrete). O Litracon se tornou um dos grandes avanços da construção civil, proporcionando as construções o uso da tecnologia tanto em ambientes internos ou externos (ENGEDUCA, 2017).

No Brasil, essa tecnologia começou a ser estudada e desenvolvida no ano de 2006, em Canoas/RS, pelo Prof. Dr. Hélio A. Greven e outros engenheiros. Em 2010, se cria a empresa Dosacon, com o intuito de fabricação e aplicação na construção civil, proporcionando melhorias no ambiente construído, aprimorando os espaços e reforçando a expressão estética elevando a qualidade (RESTREPO, 2013).

¹ anapaularaniere01@hotmail.com, graduando em Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde Fazenda Fonte do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75.901-97 – Rio Verde - Go.

² tiagocampos@univ.edu.br. Professor Mestre Faculdade, de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde, Campus Rio Verde, Fazenda Fonte do Saber, Caixa Postal 104. CEP: 75.901-970 – Rio Verde – Go.

De acordo com Henriques (2013), mesmo com todos os estudos e avanços tecnológicos realizados, ainda existem vários aspectos que precisam ser trabalhados, como a sua resistência, durabilidade e estanqueidade, a fim de melhorar cada vez mais a capacidade de utilização dessa tecnologia nas obras. Com pesquisas desenvolvidas por Tutikian e Marquette (2015), foi possível constatar que para a fabricação de blocos translúcidos com acabamento mais uniforme seria necessário utilizar argamassa em substituição ao concreto, mudando totalmente a produção de blocos translúcidos fabricados pela empresa Litracon.

Segundo a empresa Litracon [2004], o material pode atingir alta resistência à compressão, por conta do uso da fibra ótica no seu traço, e por conter boas propriedades mecânicas, consequência de um traço rico em aglomerantes e com baixa relação água/cimento (a/c). Por isso é tão importante à utilização da fibra ótica e seus requisitos estéticos de transmitância da luz, garantindo a translucidez proposta, sem tornar a argamassa translúcida em um material com baixo desempenho.

Existem dois tipos de fibra ótica: As fibras óticas de vidro (FOV) e as fibras óticas de polímero (FOP). As de vidro são mais utilizadas no campo da transmissão de dados, já as fibras poliméricas de acordo com Henriques (2013), tem aumentado a sua utilização cada vez mais na área de iluminação. Apesar de ainda ser pouco conhecida tanto no meio científico como também no mercado, são mais fáceis de manusear, mais flexíveis e econômicas quando comparadas às fibras de vidro.

A capacidade da passagem de luz através do concreto se dá pela adição de fibra ótica na sua composição, constituída por um núcleo, responsável pelo caminho real sobre a propagação da luz, sendo considerada como um condutor ótico em forma de fio de vidro ou de elementos poliméricos com pouca espessura (HENRIQUES 2013). Basicamente a propagação de luz através dos cabos de fibra ótica se dá de duas maneiras, sendo pontuais e perimetrais (FIGUEIREDO, 2009).

Conforme Souza e Diniz (2017), o concreto translúcido é mais indicado para alvenaria de vedação, utilizada para fechamento de vãos ou delimitando áreas, também é um material que pode ser utilizado como estrutural, atendendo os requisitos normativos de resistência. Além de blocos de alvenaria de vedação, o concreto translúcido tem sido utilizado em várias aplicações, como a construção de quebra-molas para o auxílio na sinalização dos motoristas na Suécia, bancos em praça utilizando blocos translúcidos, luminárias, em paredes de museu e universidade na Hungria. No Brasil, o único lugar registrado em construção de blocos translúcidos foi utilizado em um presídio, localizado em Canoas/RS.

Com essa tecnologia seria possível projetar e construir uma grande variedade de estruturas, desde paredes de concreto até pisos indiretamente iluminados. Estudos tem

comprovado que o concreto translúcido possui algumas vantagens sobre o concreto convencional, como a capacidade de transmitância de luz em todos os cantos do ambiente, diminuindo o consumo de energia, proporcionando um concreto com a capacidade de absorção mínima, maleável e permeável, com volume de 30% inferior ao concreto convencional (SOUZA; DINIZ, 2017).

1.1. Objetivos

- Objetivo geral

Avaliar o efeito da adição de diferentes teores de fibra ótica polimérica no comportamento dos concretos translúcidos.

- Objetivo específico

- Avaliar o desempenho mecânico de concretos translúcidos;
- Avaliar a aplicabilidade de concretos translúcidos em elementos estruturais e não estruturais.
- Propor aplicação de concretos translúcidos em blocos de vedação.

2. Material e métodos

2.1. Material

A Figura 1 apresenta a estrutura da pesquisa. Os ensaios foram realizados no laboratório de matérias do curso de engenharia civil da Universidade de Rio Verde (UniRV), sob orientação e supervisão do orientador da pesquisa.

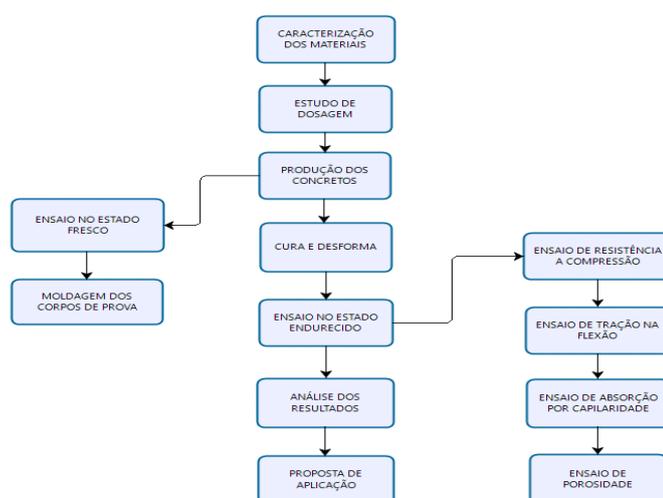


Figura 1 – Metodologia de pesquisa
Fonte: Adaptada de Tutikian; Marquette, 2015.

- Cimento

O cimento utilizado foi o Portland CP-V ARI, destacando-se pela sua alta resistência inicial, regulamentado na NBR 16697 (ABNT, 2018). Por meio dos ensaios obtiveram-se as características de determinação de finura, através da peneira 75 μ m, pela NBR 11579 (ABNT, 2012), e o ensaio de determinação de massa específica realizado com base na NBR 16605 (ABNT, 2017), apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização CP-V ARI

Material	Resíduo na peneira 75 μ m (%)	Massa especificada (g/cm ²)
Cimento Portland CP V ARI	5,40	3,08

Fonte: Autoria própria, 2019.

- Sílica ativa

Foi adicionada sílica ativa à mistura com o objetivo de reduzir a quantidade de cimento. O material apresenta características físicas conforme estabelecido na NBR 13956 (ABNT, 2012), vide Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização da sílica ativa

Material	Massa Específica (g/cm ³)	Superfície especificada (m ² /kg)
Sílica ativa	2,22	19.000,00

Fonte: Tecnosil, 2019.

- Agregado miúdo

O agregado utilizado teve suas especificações avaliadas e comparadas aos parâmetros estabelecidos na NBR 7211 (ABNT, 2009). A massa unitária foi determinada pela NBR NM 45 (ABNT, 2006), desprezando os poros permeáveis, já a massa específica foi determinada segundo a NBR NM 52 (ABNT, 2009), incluindo todos os poros.

O ensaio de módulo de finura foi executado segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), obtendo a dimensões dos grãos, para determinar a quantidade de cimento necessária para envolver os grãos e a necessidade de água de molhagem. Todos os resultados atendem a pesquisa, estando apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização da areia fina

Material	Massa Específica (g/cm ³)	Massa Unitária (g/cm ³)	Módulo de Finura (%)
Areia fina	2,80	1,70	2,43

Fonte: Autoria própria, 2019.

A distribuição granulométrica é classificada segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), como sendo agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de 4,75 mm, o resultado da curva granulométrica esta apresentada na Figura 2.

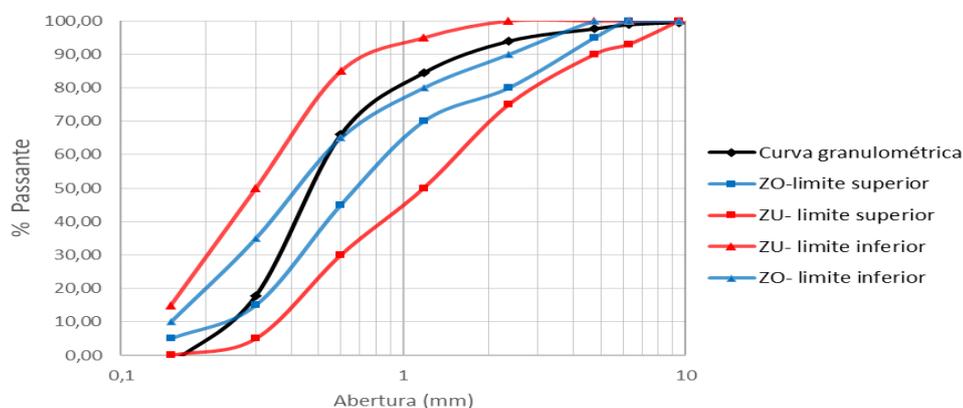


Figura 2 – Curva granulométrica
Fonte: Autoria própria, 2019.

- Aditivo

O aditivo utilizado no traço foi o Adment Premium, trata-se de um superplastificante redutor de água e de alto desempenho para o concreto, composto basicamente por policarboxilatos, produzido pela empresa Vedacit Impermeabilizantes, utilizando como parâmetro a NBR 11768 (ABNT, 2011). O teor utilizado nesta pesquisa está descrito na etapa de estudo de dosagem.

- Fibra ótica

A fibra ótica a ser utilizada no projeto é de material polimérico, do tipo endlight (monomodo) com diâmetro de 75 μ m. De acordo com Henriques (2013), a fibra ótica polimérica (FOP), consiste em um núcleo e uma camada de revestimento protetor, ambos cilíndricos e concêntricos. Através de pesquisas realizadas foi possível chegar a alguns teores de fibra ótica, Henriques (2013) utilizou a porcentagem de 1,5%, 3% e 5% do volume total do bloco, aonde foi constatado que o teor de 5% era mais eficaz. Tutikian e Marquette (2015) adotaram os teores de 2%, 3% e 4% do volume total do bloco, aonde se concluiu que 4% era o teor mais eficaz.



Figura 3 – Fibra ótica
Fonte: Autoria própria, 2019.

2.2. Métodos

Inicialmente foram utilizados um traço já definido pela bibliografia de Henriques (2013), com adição de 3% e 5% de fibra ótica, conforme a Tabela 4. Ao longo dos ensaios no estado fresco realizados no concreto referência houve, necessidade de algumas modificações, aumentando a relação água/cimento e a porcentagem de aditivo, para melhorar a trabalhabilidade e para chegar ao abatimento necessário, tornando o concreto mais fluido, assim facilitando a moldagem dos blocos com adição de fibra ótica. A seguir estão dispostas a lista de mistura aplicadas no concreto.

- CR: concreto referência do tipo convencional sem adição de fibra ótica, dosado apenas a título de comparação de desempenho mecânico.
- CT-I: concreto translúcido com adição de 3% de fibra ótica em relação ao volume total dos blocos;
- CT-II: concreto translúcido com adição de 5% de fibra ótica em relação ao volume total dos blocos.

Tabela 4 – Consumo dos materiais em kg/m³

Mistura	CR	CT-I	CT-II
Cimento	600,52	600,52	600,52
Sílica ativa	66,06	66,06	66,06
Areia fina	1333,15	1333,15	1333,15
A/C	330,03	330,03	330,03
Aditivo Superplastificante	75,07	75,07	75,07
Fibra	-	69	115

Fonte: Henriques (2013).

O processo de produção dos traços descritos acima foi realizado de forma convencional, com a utilização da betoneira, para que pudesse chegar o mais próximo do concreto produzido pelo Litracon. As fibras foram dispostas no corpo de prova de forma

aleatória exibidas na Figura 4, garantindo a translucidez em todo corpo e diminuindo o tempo da produção comparado ao método de posiciona-las de forma ordenada.



Figura 4 – Colocação das fibras (a) e fibras posicionadas (b)
Fonte: Autoria própria, 2019.

As fibras foram cortadas com um comprimento referente à menor medida de cada corpo de prova. Foi utilizado estilete para corta-las, pois de acordo com Henriques (2013), em termos de comparativo com o corte com tesoura, o corte com o estilete mostra-se menos agressivo, havendo menor esmagamento nas pontas.



Figura 5 – Corte das fibras com estilete
Fonte: Autoria própria, 2019.

Ao se produzir o concreto fez-se necessário observar vários critérios para que se atingisse o melhor desempenho, como a trabalhabilidade, que segundo Mehta e Monteiro (1994), possui dois componentes principais: fluidez, que garante a facilidade de mobilidade do concreto; e a coesão, que descreve a resistência à exsudação ou a segregação. Foram executados os ensaios de abatimento de tronco de cone demonstrado na Figura 6, de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998) para avaliar a consistência do concreto e o ensaio de massa específica segundo a NBR 9833 (ABNT, 2009). Os ensaios foram realizados com cada amostra de traço produzida.



Figura 6 – Ensaio de consistência do concreto
Fonte: Autoria própria, 2019.

Os corpos de prova foram moldados conforme NBR 5738 (ABNT, 2003), utilizando fôrma metálica, sendo três corpos de prova prismáticos para cada ensaio. Os corpos de prova para o ensaio de compressão tiveram dimensões de 9x9x10 cm, enquanto os ensaios de tração na flexão, absorção por capilaridade e porosidade teve dimensões de 4x4x16 cm. Os corpos de prova destinados à comparação visual de translucidez foram executados em fôrmas de madeira com dimensões específicas de 15x15x4 cm.

Após os 28 dias de cura do concreto foram realizados os ensaios de resistência à compressão conforme a norma NBR 5739 (ABNT, 2007), avaliando o ganho ou a perda de resistência adquirida, no concreto referência e após a adição dos teores de fibra no mesmo. Para determinar a tração na flexão foi utilizada a NBR 13279 (ABNT, 2005). A resistência à tração do concreto representa o máximo valor que a resistência de aderência pode atingir. De acordo com Tutikian e Marquette (2015), a utilização de fibra ótica diminui a resistência, principalmente na área de maior porcentagem de fibras aglomeradas.

Os ensaios de absorção por capilaridade e porosidade foram executados conforme a NBR 9779 (ABNT, 2012) analisando a absorção de água, e pela NBR 9778 (ABNT, 2009), observando a quantidade de poros no concreto através da absorção excessiva da água, respectivamente. O estudo do índice de vazios e de porosidade é de grande relevância para que o concreto tenha uma vida útil mais longa, pois se trata de água livre apta a reagir, para que isso possa ser evitado, foi necessário garantir que o aumento da compacidade do concreto e a distribuição das fibras fossem realmente realizadas com um controle maior.

3. Resultados e discussão

3.1. Ensaio no estado fresco

A Tabela 5 apresenta os resultados dos ensaios realizados no estado fresco.

Tabela 5 – Ensaio no estado fresco do concreto

Concreto	Abatimento (mm)	Massa específica (g/cm ³)
CR	160	2,020
CT-I	170	2,015
CT-II	165	2,017

Fonte: Aatoria própria, 2019.

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), a definição da consistência é importante para a aplicação, de forma a definir qual a aplicação indicada para o concreto, no caso de concreto translúcido aplicado em elementos estruturais ou não estruturais, é ideal que o concreto tenha uma consistência mais fluida, garantindo o melhor cobrimento das fibras óticas. Portanto, adotou-se a classe S160, segundo a NBR 8953 (ABNT, 2015) como padrão, o que viabiliza a aplicação desse concreto em elementos estruturais com lançamento bombeável.

O ensaio de massa específica tem como importância a trabalhabilidade do concreto, garantir que o teor de ar incorporado no material seja mínimo, evitando a perda de resistência. Avaliando os valores de cada corpo de prova pode-se observar que os resultados se mantiveram constantes, visto que, quanto menor a massa específica do concreto no estado fresco, mais fácil de manuseá-lo.

3.2. Ensaio no estado endurecido

A Tabela 6 apresenta os resultados dos ensaios no estado endurecido.

Tabela 6 – Ensaio no estado endurecido dos concretos aos 28 dias

Propriedades	Misturas		
	CR	CT – I	CT - II
Massa Específica (kg/m ³)	1963,54	1952,63	1933,59
Resistência a compressão (MPa)	75,52	30,39	10,99
Resistencia a tração na flexão (MPa)	6,51	6,79	5,84
Absorção por capilaridade (g/cm ²)	-	0,250	0,313
Absorção por porosidade (%)	-	6,88	7,12
Índice de vazio (%)	-	13,80	14,06

Fonte: Aatoria própria, 2019.

Segundo Mehta e Monteiro (2014), a massa específica do concreto no estado endurecido define a carga devido ao peso próprio, diretamente ligados ao esforço em sua aplicação, uma vez conhecida os materiais utilizados, podendo variar dependendo do material empregado em sua composição.

Pode-se observar que a diferença da massa específica de cada corpo de prova foram respectivamente baixas, com uma redução de aproximadamente 0,56% do CT-I e 1,53% do

CT-II comparado ao CR, levando a afirmar que a adição de fibra ótica no concreto o torna mais leve, havendo um decréscimo de uma adição a outra.

A partir da massa específica seca é possível classificar o concreto como normal, leve e pesado ou denso, conforme a NBR 8953 (ABNT, 2015), mediante a isso é possível identificar o concreto em estudo como sendo um concreto leve, com uma massa específica inferior a 2000 kg/m³.

A Figura 7 apresenta o gráfico com os resultados de evolução da resistência a compressão do traço referência, com 7 e 28 dias de cura. Pode-se observar que aos 7 (sete) dias o concreto atingiu 50,29% da resistência característica à compressão. Esse valor está abaixo da porcentagem geralmente atingida por concretos produzidos com cimento CP V-ARI. Entretanto, entre os 7 e 28 dias, a evolução da resistência foi significativa e a mistura conseguiu alcançar uma média superior a 75,0 MPa.

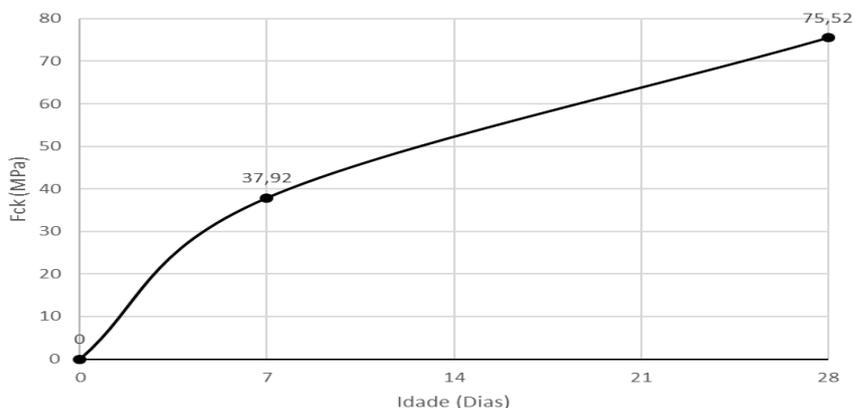


Figura 7 – Evolução da resistência a compressão do concreto referência
Fonte: Autoria própria, 2019.

Através da análise dos resultados do rompimento dos corpos de prova a compressão, conforme a Figura 8 pode-se constatar que há uma redução na resistência, do CR em relação ao CT-I.

Através da análise dos resultados do rompimento dos corpos de prova a compressão é possível constatar uma grande perda de resistência. O CT-I comparado ao CR teve uma queda de 59,76% de resistência, o que significa ser mais da metade do que atingido pelo CR, já o CT-II teve uma queda maior ainda, sendo de 85,45%.

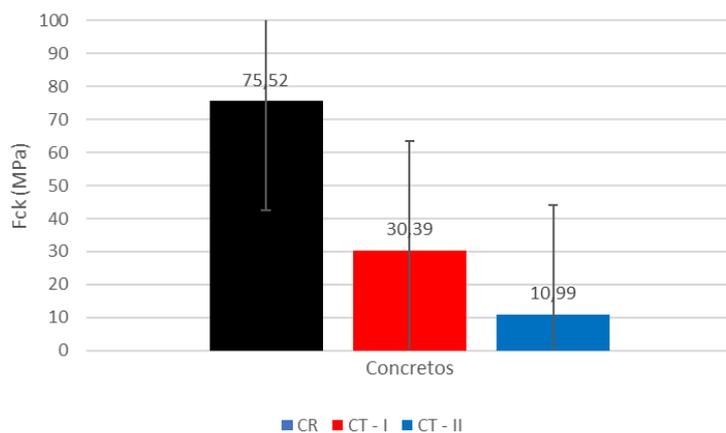


Figura 8 – Resultado da resistência a compressão
Fonte: Autoria própria, 2019.

A ruptura dos corpos de prova com adição de fibra ótica, apresentadas na Figura 9, foi diferente do corpo de prova referência, pois os com adição apresentaram ruptura paralela à direção das fibras e a referência teve ruptura perpendicular.

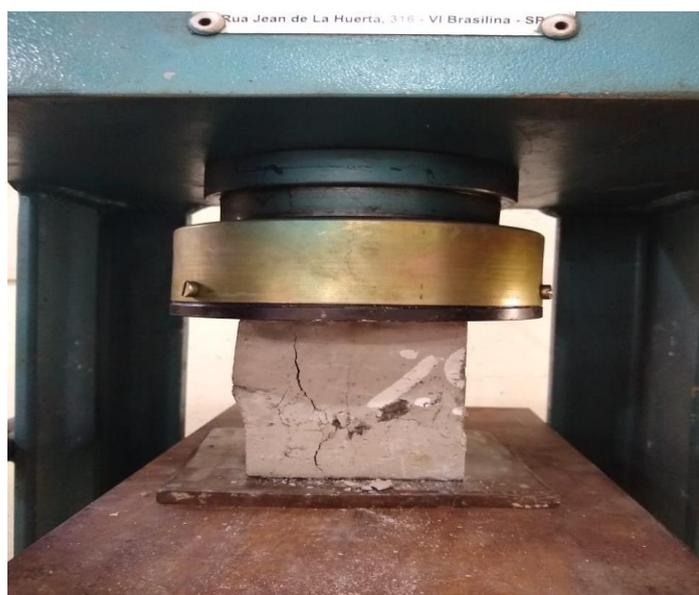


Figura 9 – Ensaio de compressão no concreto com 5% de fibra
Fonte: Autoria própria, 2019.

Diante dos resultados obtidos, nota-se que o material com adição de até 3% de fibra ótica pode ser utilizado para elementos estruturais que exijam resistência característica do concreto de 25 MPa. Para isso, a mistura de concreto base para produção do translúcido deverá ter resistência à compressão mínima de aproximadamente 70 MPa, pois caso contrário, o translúcido com 3% de fibras não atingirá a resistência à compressão mínima exigida para estruturas situadas em zonas urbanas.

Com base nos resultados obtidos, os concretos translúcidos com adições superiores a 5% não são indicados para elementos estruturais, pois é inviável produzir um concreto base com mais de 180 Mpa, o que seria necessário para que o translúcido atingisse uma resistência de aproximadamente 25 MPa. Portanto, são indicados apenas para elementos não estruturais, como por exemplo, blocos de alvenarias de vedação.

Segundo a NBR 8953 (ANBT, 2015), o CT-I pode ser classificado como concreto com resistência estrutural de classe C30, com até 30 Mpa, sendo aplicável em ambientes até classe de agressividade 3 (três) de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014). Por sua vez, o CT-II pode ser classificado com C20, até 20 Mpa, se enquadrando em elementos não estruturais, sendo aplicados em blocos de concreto para blocos de alvenaria de vedação ou acabamento.

A Figura 10 demonstra os resultados obtidos pelo ensaio de resistência à tração na flexão e a resistência à tração por compressão diametral realizado no concreto referência aos 7 dias.

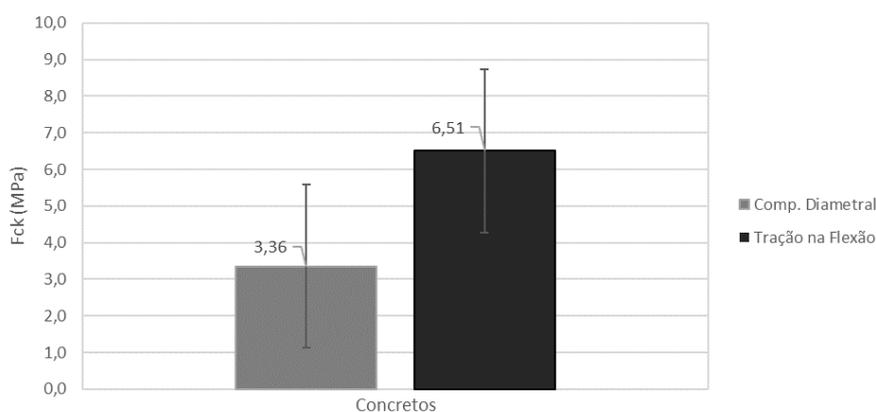


Figura 10 – Resultado da resistência a tração na compressão diametral x tração na flexão
Fonte: Autoria própria, 2019.

De acordo com Neville e Brooks (2013), o ensaio de tração a compressão diametral simula a situação de tração direta simples, o que aumenta a quantidade de esforço aplicado, submetendo o corpo de prova a um esforço de compressão diametral aplicado ao longo de todo seu comprimento, sendo 100% do corpo de prova tracionado, tornando a sua resistência menor, comparado a resistência de tração na flexão. O ensaio de resistência à tração na flexão mede a resistência apenas na zona tracionada, em apenas uma parte do corpo de prova, por isso a sua resistência comparada ao ensaio de tração por compressão diametral se torna alta, visto que a quantidade de esforço aplicado é menor. Apresentados na Figura 11.

De acordo com os resultados atingidos, pode-se afirmar que 3% de adição de fibra ótica no concreto não afetou na resistência, combatendo bem os esforços a tração aplicada na zona tracionada do corpo de prova, mas a partir de 5%, se tem um impacto na resistência à tração na flexão, pelo motivo da fibra ocupar grande parte da seção, o que causa perda de resistência. Todos os corpos de prova romperam aonde havia grande concentração de fibra ótica.

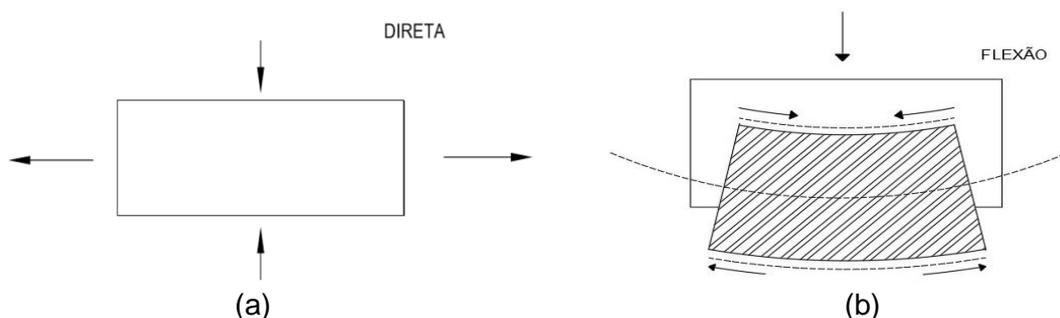


Figura 11 – Tração a compressão diametral (a) e tração na flexão (b)

Fonte: Autoria própria, 2019.

A Figura 12 apresenta os resultados do ensaio de resistência à tração na flexão, comparando os valores de cada traço.

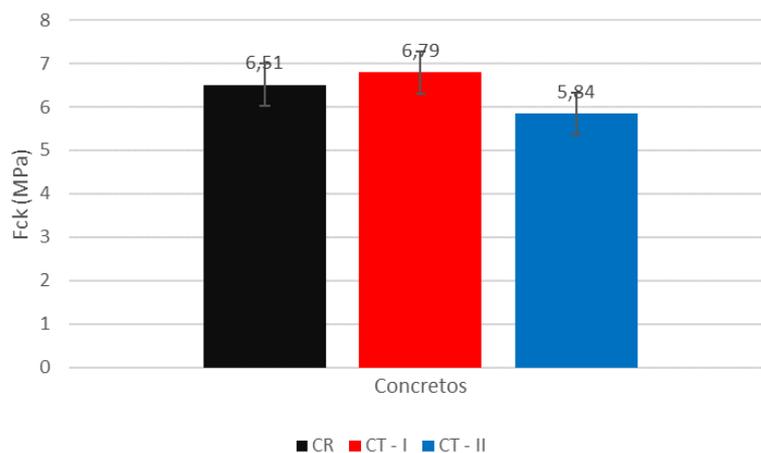


Figura 12 – Resultados obtidos do ensaio de resistência à tração na flexão

Fonte: Autoria própria, 2019.

O concreto sem adição de fibra ótica teve uma resistência a tração de 6,51 MPa e os concretos com adição de 3% e 5% tiveram resistências a tração de 6,79 e 5,84 MPa, respectivamente. A adição de 3% de fibra ótica no concreto levou a um aumento na resistência a tração de 4,12% se comparado ao CR, logo se pode afirmar que a adição não afetou a resistência.

Entretanto, a partir de 5%, se tem um impacto na resistência a tração na flexão de 10,29%. Isso ocorre devido à elevada área de seção transversal ocupada pelas fibras óticas, reduzindo assim o desempenho mecânico da mistura. Outra constatação que associa a fragilidade do concreto translúcido as fibras se funda no fato de que todos os corpos de prova romperam exatamente nas posições de grande concentração de fibra ótica. Figura 13 demonstra o rompimento dos corpos de prova.

Devido ao material utilizado ser fibra ótica, adotou-se a temperatura de 80°C para a secagem das amostras, durante aproximadamente 72 horas, foram adotadas essas medidas para evitar que o material viesse a perder as suas propriedades, visto que ele não suporta temperaturas superiores a 100°C.



Figura 13 – Ensaio de tração na flexão (a) e corpos de prova rompidos a tração (b)
Fonte: Autoria própria, 2019.

A Figura 14 apresenta os resultados obtidos no ensaio de absorção por capilaridade, avaliando o concreto translúcido com adição de 3% e 5% de fibra ótica.

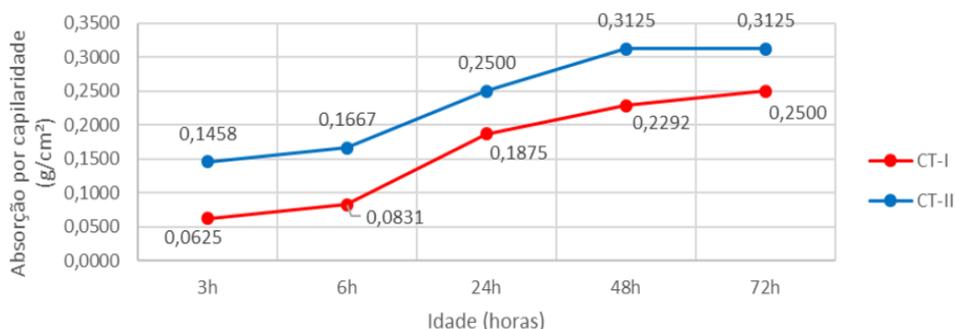


Figura 14 – Resultados obtidos do ensaio de absorção por capilaridade
Fonte: Autoria própria, 2019.

Conforme Tutikian e Marquette (2015), o concreto com adição de fibra ótica pode ficar exposto às mesmas situações de um concreto convencional ou uma argamassa de

revestimento, sendo de suma importância que ele venha a absorver o mínimo possível de água, devido à impossibilidade de pintura no material por conta da passagem da luz.

Considerando a análise de absorção por capilaridade nos corpos de prova, constata-se que o CT-I apresentou melhor eficiência na redução de absorção de água às 72 horas, absorvendo $0,0250 \text{ g/cm}^2$, contudo o CT-II obteve um acréscimo de $0,0063 \text{ g/cm}^2$, tendo uma variação de absorção de 20,20% se comparado ao CT-I. Logo fica claro que a adição de 3% seria a mais viável, para aplicação em ambientes expostos à ação da água, já que baixos valores de absorção por capilaridade aumenta a qualidade do concreto e a sua durabilidade potencial (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Os resultados adquiridos no ensaio de absorção por porosidade estão dispostos na Figura 15 e os índices de vazios na Figura 16.

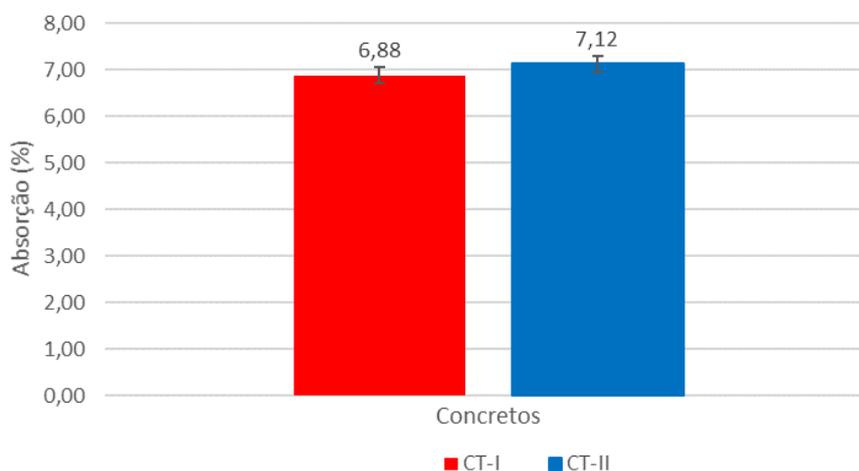


Figura 15 – Resultados obtidos do ensaio de porosidade: absorção total
Fonte: Autoria própria, 2019.

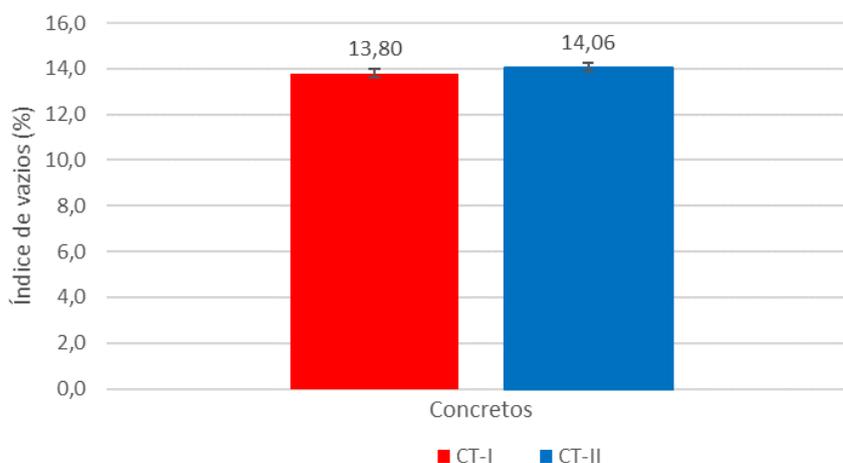


Figura 16 – Resultados obtidos do ensaio de porosidade: Índice de vazios
Fonte: Autoria própria, 2019.

Nota-se que os resultados obtidos estão coerentes, já que o concreto com maior índice de vazios tende a absorver mais água. O índice de porosidade foi maior no CT-II, de 14,06%, portanto obtendo 7,12% de absorção, sendo maior que o CT-I, apresentando 13,80% de índice de vazios e 6,88% de absorção. Comparando o CT-I com o CT-II, percebe-se que o CT-II apresentou um aumento de 1,85% do índice de vazios e absorveu 3,37% a mais de água.

Acredita-se que a adição de fibra ótica no concreto tem-se a aumentar a incorporação de ar, aumentando conseqüentemente a absorção e a porosidade, que está diretamente ligada ao índice de vazios, esse fenômeno juntamente com a perda de resistência mecânica comparando a maior adição de fibra, presente no CT-II, pode ser explicado pela zona de transição fibra-matriz. Haja vista que as fibras poliméricas são extremamente lisas e não absorvem água, acabando por favorecer a formação de vazios nessa zona de transição, tornando o concreto mais poroso e frágil (HENRIQUES, 2013).

O concreto translúcido tem como principal função a capacidade de transmitir luz, além de apresentar uma resistência mecânica satisfatória. Nas Figuras 17 estão apresentados os blocos produzidos com diferentes teores de fibra ótica.



Figura 17 – Concreto com adição de 3% (a) e concreto com adição de 5% (b)
Fonte: Autoria própria, 2019.

Foram produzidos blocos com adição de 3% e 5% para verificar a translucidez visualmente, constatando-se que apesar do CT-I apresentar melhor resistência mecânica, a sua translucidez comparada ao CT-II é inferior. Portanto, se a utilização do concreto translúcido for para âmbito arquitetônico com aplicação em elementos não estruturais, o concreto com adição de 5% se torna mais satisfatório.

4. Conclusões

Pode-se concluir que concreto com adição de fibra ótica pode ser aplicado em elementos estruturais, atendendo aos requisitos mínimos das propriedades mecânicas, e se atentando ao teor de fibra ótica utilizada, não sendo indicado teor superior a 3%, conforme apresentado na pesquisa. Para concretos com teores superiores de fibra ótica podem ser utilizados em elementos não estruturais.

O concreto translúcido além de ter alcançado resultados satisfatórios em sua resistência mecânica, apresenta características arquitetônicas, trazendo conforto e apelo estético, podendo ser utilizado em fachadas, blocos translúcidos para alvenaria de vedação, bancos, entre outros. Mesmo sendo muito visado para acabamentos e detalhes arquitetônicos, o concreto translúcido pode ser inserido no contexto estrutural, ampliando o leque de possíveis aplicações desse material inovador.

Agradecimentos

Agradeço a Deus primeiramente, por me dar força todos os dias para que eu possa lutar pelos meus objetivos, agradeço a Nossa Senhora Aparecida minha intercessora fiel, agradeço a minha família, que sempre esteve ao meu lado, agradeço aos meus amigos, por todo apoio, por todos os momentos que tivemos nesses cinco anos de faculdade, agradeço a todas as pessoas que me sustentaram em oração.

Em especial agradeço a minha mãe, que tanto pediu a Deus para que esse momento chegasse que lutou dia e noite para que eu pudesse formar, agradeço ao meu pai, que deu o seu sangue para a realização do meu sonho, por cada palavra de sabedoria, por me ensinar a ser uma profissional melhor, agradeço a minha irmã, por ficar tantas noites acordada comigo para que eu não pudesse dormir e assim terminar o TCC e por acreditar em mim. Agradeço ao meu orientador, que se tornou um grande amigo, que não mediu esforços para me ajudar, que acreditou na minha capacidade. Por fim, agradeço a mim, por tantas vezes ter ficado firme e não ter desistido, por cada lágrima derramada, por cada noite sem dormir, para a honra e glória do Senhor, tudo isso foi possível.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 16697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 13956**: Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

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

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 9833**: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2008.

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

_____. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

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

_____. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 8953:** Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 15259:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 6136:** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

ENGEDUCA. **Concreto translúcido.** Disponível em: <https://engeduca.com.br/concreto-translucido/> Acesso em 20 de maio de 2019.

FIGUEIREDO, J. M. F. L. **Sensores de fibra óptica para uso avançado em compósitos poliméricos.** Portugal. Dissertação do programa de mestrado – Universidade de Aveiro, Faculdade de Física, 2009.

HENRIQUES, T. S. **Análise da influência da fibra óptica polimérica inserida em blocos de argamassa.** Porto Alegre. Dissertação do programa de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de engenharia civil, 2013.

LITRACON. **Litracon Classic sobre nós,** [2004]. Disponível em: <http://litracon.hu/en/about-us> Acesso em 19 de março de 2019.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto, Estrutura, Propriedade e Materiais.** São Paulo, PINI, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto, microestrutura, propriedades e material.** São Paulo, 2014.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do concreto.** São Paulo, 2013.

RESTREPO, L. M. C. **Concreto translúcido: Estudo experimental sobre a fabricação de painéis de concreto com fibra óptica e as suas aplicações na arquitetura.** Brasília. Dissertação do programa de pós-graduação – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2013.



SOUZA, S. M. M. P.; DINIZ, M. J. **Concreto translúcido – Luz natural para ambientes fechados.** REEC, Goiás, edição 13, n. 2, p. 228, 232. Jul. 2017 – dez. 2017.

TUTIKIAN, B.F.; RAHMEIER, R.; MARQUETTO, L.; BECKER, C.; CAIO, F.; LUDWIG, D.; SCHERER, E. **Execução de paredes de vedação com concreto translúcido.** In: Congresso Brasileiro do Concreto, 52, Fortaleza, 2010. Anais... Fortaleza, IBRACON, p. 88-100.

TUTIKIAN, B.F.; MARQUETTO, L.; **Desenvolvimento de blocos translúcidos para utilização na construção civil.** In: Arquitetura revista, Vol.11, n.1, Unisinos, Vale do rio dos sinos, 2015, p. 46-54.

APÊNDICE A

O seguinte trabalho, além de avaliar a aplicabilidade da fibra ótica no concreto em diferentes porcentagens, também propõe a fabricação de blocos de concreto translúcido para construção de bancos. O processo de fabricação dos blocos translúcidos será realizado de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016), de blocos de concreto convencional.

Após todo o processo de pesquisa desenvolvido e resultados obtidos, pode-se afirmar que para a fabricação dos blocos a adição de 5% está de acordo com as características descritas na norma.

Os blocos de concreto translúcidos serão aplicados em bancos de uma praça, situada na Universidade de Rio Verde (UniRV). Ao todo serão executados sete bancos, cujo projeto encontra-se desenvolvido a baixo e as especificações estão apresentadas nas Figuras A.2 e A.3. Os bancos terão dimensões de 120x45x50 cm, sendo uma laje de sete (7) cm, apoiada em dois pórticos de dimensões de 43x13x13 cm. Suas laterais serão vedadas com os blocos de concreto translúcido de 30x20x5 cm, deixando entre os blocos um (1) cm para execução das juntas de assentamento.

A moldagem dos blocos de concreto será realizada de forma manual, blocos inteiriços em fôrmas de madeira, obedecendo a todo o processo de fabricação de blocos de concreto convencionais.

Será utilizando o traço referência para a fabricação dos blocos com tamanho inicial de 27x30x22 cm, representado na Figura A.1, utilizando de cura úmida enquanto ele estiver dentro da forma, depois de retirados será submetido a cura submersa NBR 5738 (ABNT, 2016). Posteriormente ao período de cura os blocos serão cortados por uma serra mármore policorte com disco diamantado, em formato prismático de dimensão 30x20x5 cm, sendo as medidas finais dos blocos.

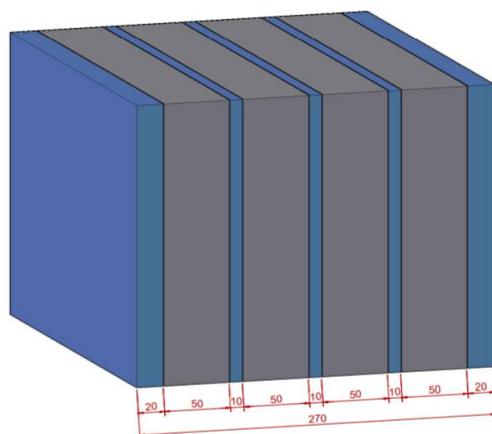


Figura A.1 – Vista isométrica do corte dos blocos
Fonte: Autoria própria, 2019.

As fibras serão adicionadas convencionalmente de forma aleatória no concreto, não havendo necessidade de serem entrelaçadas e posicionadas na fôrma.

Para constatar que os blocos executados atendem realmente os critérios de utilização em construção, se fazem necessário a análise através dos ensaios de resistência a compressão, absorção e tração na flexão. A aceitação ou rejeição dos blocos pelo consumidor deverão ser realizadas atendendo as condições descritas na NBR 6136 (ABNT, 2016), como a análise feita por simples constatação visual, verificação das dimensões nominais e das características físico-mecânicas, aonde todos esses dados serão retirados dos ensaios realizados nos blocos, para garantir a perfeita condição de uso.

Comparado à resistência mínima que os blocos convencionais precisam ter levando em consideração também a classificação dos blocos, sendo ela tipo C, com ou sem função estrutural segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016), descritos na Tabela A.1.

Tabela A.1 – Requisitos para característica de resistência à compressão

Classificação	Classe	Resistência a compressão-MPA (aos 28 dias)
Com ou sem função estrutural	C	$F_{ck} \geq 3,0$

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Devido à impossibilidade de pintura do material (TUTIKIAN; MARQUETTO, 2015). A NBR 6136 (ABNT, 2016), especificando a porcentagem de absorção que os blocos precisam ser descritos na Tabela A.2.

Tabela A.2 – Ensaio de absorção por capilaridade

Classificação	Absorção por capilaridade % (aos 28 dias)	
Com ou sem função estrutural	Agregado normal	
	Individual	Média
	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

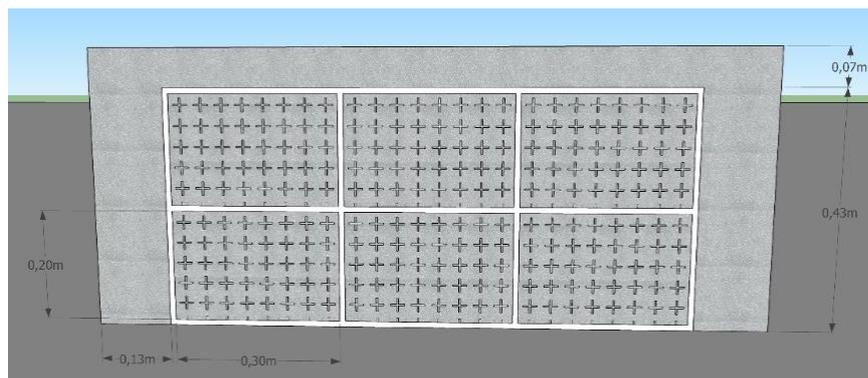


Figura A.2 – Vista longitudinal dos bancos em concreto translúcido

Fonte: Autoria própria, 2019

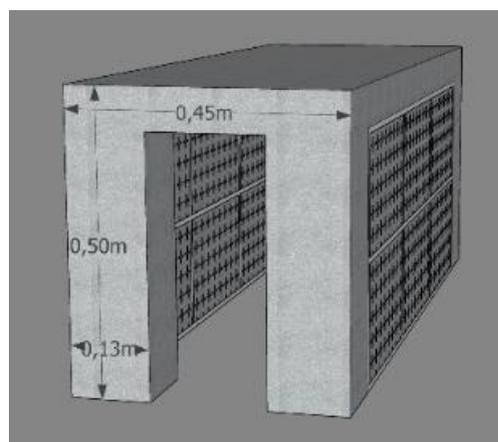


Figura A.3 – Vista frontal dos bancos em concreto translúcido

Fonte: Autoria própria, 2019

As aberturas do pórtico serão vedadas com chapas metálicas para evitar a perda de luz incidida nos blocos e o acesso de animais. Deverão ser instaladas luminárias do tipo spot de jardim na área interna de cada banco que, ao serem acionadas no período noturno, automaticamente irão iluminar as fibras dos blocos. Os blocos serão assentados com argamassa polimérica para um melhor acabamento das peças que será realizado sob a orientação e monitoramento de profissionais habilitados, de forma a garantir melhor desempenho dos blocos translúcidos.

Abaixo estão apresentadas as Figuras A.4 e A.5, com detalhes e perspectiva do projeto da praça incluindo os bancos em concreto translúcido.



Figura A.4 – Perspectiva da praça da UniRV
Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura A.5 – Perspectiva da praça da UniRV, com destaque para os bancos
Fonte: Autoria própria, 2019.