

CONCRETO AUTOCICATRIZANTE COM AGREGADO REGIONAL

Raissa Farah da Costa

Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário do Norte – Uninorte.
Departamento de Ciências Exatas, Manaus – Amazonas.
raissafarah1@gmail.com

Prof^a. Eng^a. Maria do Perpetuo Socorro Lamego Oliveira, M.Sc.
Orientadora do Centro Universitário do Norte – Uninorte.

Resumo: O concreto é um material de referência na construção civil, devido a isso estudos e pesquisas são constantemente feitas para encontrar técnicas com a finalidade de aprimorar este elemento. Um dos métodos comprovados para aumentar o desempenho do concreto é a aplicação dos mais diversos aditivos em sua mistura. Este trabalho apresenta os resultados dos efeitos da inclusão do aditivo impermeabilizante por cristalização integral, também conhecido como aditivo cristalizante, sobre a consistência do concreto de cimento Portland e seu comportamento físico-mecânico através de propriedades como resistência à compressão e absorção de água. O cimento fornecido foi o CP I-S-40 e todos os agregados utilizados são comercializados na cidade de Manaus. A dosagem do concreto executada foi fornecida por uma concreteira local com a intenção de se trabalhar um traço comumente solicitado pelas obras da região. Adotou-se 0,6% do aditivo cristalizante relacionada a massa do cimento, quantidade de uso recomendada pelo fabricante. Os resultados obtidos apontam que a aplicação do aditivo cristalizante não interfere na trabalhabilidade e na consistência do concreto. Até aos 28 dias, não houve ganho de resistência à compressão comparado ao concreto convencional também executado, porém nos índices de absorção de água foi a mistura que apresentou melhor comportamento. Desta forma, o aditivo em estudo proporciona uma redução de permeabilidade, aumentando a durabilidade e a vida útil do material, conseqüentemente ao longo do tempo promoverá aumento de resistência.

Palavras-chave: Concreto; Aditivo; Cristalizante.

Abstract: Concrete is a reference material in construction, because a number of studies and surveys are done to find techniques with a purpose. One of the proven methods to increase the performance of concrete is its application. The work presents the results of the actions of pain control, according to the importance of the motor force and the pressure. The cement was for CP I-S-40 and all the used aggregates are commercialized in the city of Manaus. A dosage of the concrete was used by a local company with the purpose of working a company commonly claimed by the works of the region. 0.6% of the crystallizing additive related to cement mass was used, the amount of use recommended by the manufacturer. The results indicate that the application of the crystallizer does not interfere with the workability and the consistency of the concrete. Up to 28 days, there was still no energy consumption of a mixture that escaped consumption. In this way, the method of study is a reduction of the permeability, increasing the duration and the useful life of the material, consequently, over time, promoting increase of resistance.

Key-words: Concrete; Additive; Crystallizing.

1. INTRODUÇÃO

É notável que dentre a inovação e a variedade de materiais utilizados na construção civil, o concreto ainda é o mais solicitado nos dias atuais. Muitos livros e artigos buscam explicar o tempo certo em que o homem começou a lidar com o concreto, um deles é o livro Propriedades do Concreto que faz a seguinte afirmação:

A utilização de materiais cimentícios é bastante antiga. Os antigos Egípcios utilizavam gesso impuro. Os Gregos e Romanos utilizavam calcário calcinado e, mais tarde, aprenderam a adicionar areia e pedra fragmentada ou fragmentos de tijolos ou telhas ao calcário e a água. Esse foi o primeiro concreto da história. (NEVILLE, 1963, p.1)

O concreto é um elemento que contém propriedades significantes como resistência a água, plasticidade no seu estado fresco permitindo a confecção de diferentes formas e tamanhos, durabilidade, disponibilidade no mercado e, quando unido ao aço, capaz de suportar os mais diversos esforços solicitados. Através dele, foi possível realizar ao longo da história obras inimagináveis ao redor do mundo. No Brasil, um exemplo de obra grandiosa é a Usina Hidrelétrica de Itaipu, uma das maiores usinas geradoras de energia do mundo, que iniciou sua construção em 1984 e foi inaugurada em 2012. De acordo com a empresa Itaipu Binacional, a construção da usina consumiu no total de 12,7 milhões de metros cúbicos de concreto. Além disso, ainda é um material que está sendo muito requisitado para as obras mais modernas existentes no século XXI.

Apesar da sua larga utilização, o concreto ainda pode surpreender e ter inesperadas reações. Devido a isto, é um material continuamente estudado e abordado em discussões por todo o país, há uma busca incessável de aprimorar cada vez mais este material. Instituições importantes como o Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON) e o *American Concrete Institute* (ACI) têm como propósito divulgar informações, pesquisas, desenvolvimentos e inovações sobre a tecnologia do concreto e seus sistemas produtivos.

Uma das características mais importantes do concreto, além da resistência mecânica, é a sua durabilidade. É importante ressaltar que durabilidade e vida útil estão intimamente conectadas, porém há uma diferença entre elas. Durabilidade está relacionada às propriedades de um material e à sua exposição a um certo ambiente e ao longo de um determinado tempo, já a vida útil é comumente definida como período de tempo em que as estruturas de concreto estejam com condições satisfatórias de utilização, atendendo as finalidades solicitadas em projeto. Há muitos estudos em andamento para se ter uma precisão ainda maior destes conceitos, mas é cabível afirmar que se a durabilidade do concreto for expandida, por conseguinte a vida útil da estrutura de concreto também será.

Uma estrutura é considerada durável se ao longo de sua vida conserva os requisitos de projeto em termos de segurança, funcionalidade e estética, sem gerar custos de manutenção não previstos (Andrade, 1996). Para aumentar a durabilidade do concreto, é preciso reduzir a sua permeabilidade, ou seja, diminuir a passagem dos fluidos através dos poros. Desta forma, técnicas estão sendo utilizadas para realizar esta ação. Pode-se utilizar os aditivos, que apesar de parecerem recentes, são tão antigos quanto o concreto. Segundo Coutinho (1997), os romanos adicionavam clara de ovo, sangue, banha ou leite aos concretos para melhorar a trabalhabilidade das misturas.

Com a finalidade de reduzir a passagem dos fluidos pelo concreto, é possível a utilização de aditivos impermeabilizantes por cristalização integral, conhecidos também como aditivos cristalizantes, que reduzem a infiltração de substâncias potencialmente perigosas ao elemento. Estes aditivos consistem de cimento Portland, areia de sílica fina tratada e compostos químicos ativos, os quais reagem com a umidade do concreto fresco e com os produtos da hidratação do cimento formando uma estrutura cristalina insolúvel nos poros e capilares do concreto (PENETRON,

2010). Com a utilização deste tipo de aditivo, é presumível alcançar a durabilidade do concreto, principalmente em ambientes com grande agressividade.

Tem fácil aplicação, torna-se parte integrante do concreto, resiste a altas pressões estáticas e a ataques químicos, reduz carbonatação e penetração de cloretos, auxilia o combate a corrosão de armaduras, auto cicatriza fissuras de até 0,4 mm, são estas algumas das inúmeras vantagens abordadas por este aditivo. Todos estes itens citados acima são baseados em um projeto de pesquisa feito pela própria fabricante, realizando testes em laboratórios independentes, a fim de comprovar a real performance do produto.

Na cidade de Manaus e aos arredores, a predominância do agregado graúdo é o seixo, divergindo com as outras cidades do Brasil que habitualmente operam com o agregado brita. Analisar a compatibilidade do concreto com agregados regionais e o aditivo impermeabilizante por cristalização integral é de suma importância, pois através dos experimentos identificará os possíveis ganhos como redução de permeabilidade, durabilidade e aumento da resistência. Este estudo contribuirá para o avanço das obras na região, visto que são frequentemente afetadas por intempéries e por altas temperaturas, comprometendo as estruturas mediante a infiltrações, retrações e dentre outras patologias regularmente encontradas.

A finalidade deste trabalho é avaliar a influência do aditivo impermeabilizante por cristalização integral no concreto com agregados comercializados na cidade de Manaus, por meio de propriedades no seu estado fresco e endurecido.

2. METODOLOGIA

Para cumprir com os objetivos deste trabalho, os métodos de análise abordaram ensaios laboratoriais para caracterização dos materiais constituintes, dosagem experimental dos traços e análise dos comportamentos físico-mecânicos.

2.1 Caracterização do Cimento e Agregados

2.1.1 Cimento

Para realização deste trabalho o cimento utilizado foi o Cimento Portland CP I-S-40, da marca Cemex (Figura 1). A escolha deste tipo de cimento, que contém em sua composição até 5% de adição de pozolona, justifica-se por ser um material comumente utilizado na concreteira em que se realizou a dosagem do concreto e a moldagem dos corpos de prova.



Figura 1: Cimento CPI-S-40 utilizado na pesquisa. Fonte: Cemex, 2017.

2.1.1.1 Finura do Cimento

Para determinar a finura do cimento, realizou-se o ensaio conforme as instruções da Norma Brasileira Registrada (NBR) 11579, Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira de 75 μm (nº 200), de 2012.

O ensaio consistiu-se em pesar uma amostra de 50 g do material utilizado, ou seja, o CP I-S-40, colocou-o na peneira de abertura de 75 μm (nº 200), que passou por peneiramento mecânico (Figura 2) imprimindo movimentos horizontais suaves com facilidade. Este peneiramento foi feito continuamente para que todo material pudesse se espalhar uniformemente, utilizou-se o auxílio de um bastão para realizar os golpes no rebordo exterior do caixilho e de uma escova de aço para limpar a superfície inferior da tela.

Posteriormente, adicionou-se a tampa ao conjunto de peneiras e imprimiu-se novamente os movimentos, realizando um peneiramento contínuo. A certificação do produto especifica que, conforme a Norma Brasileira Registrada (NBR) 5732, de 1991, para este tipo de cimento o resíduo retido na peneira 75 μm precisa ser $\leq 10,0\%$ para atender satisfatoriamente a finalidade de sua utilização. Esta etapa precisou ser executada até que atendessem as solicitações.

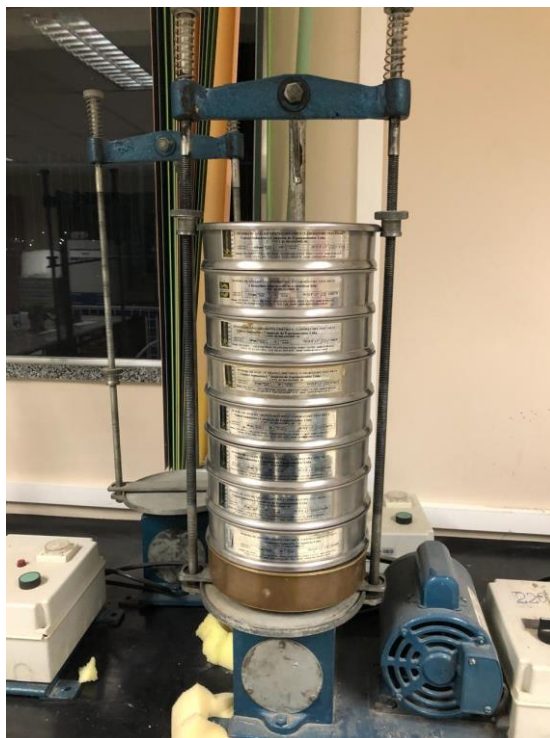


Figura 2: Ensaio do módulo de finura do cimento. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Para concluir o experimento, analisou-se a massa do material retido e calculou-se o índice de finura do material através da Equação (1):

$$F = \frac{R}{M} \times 100$$

Equação (1)

Onde:

F = índice de finura do material ensaiado (%);

R = massa do material retido (g);

M = massa do inicial material (g).

2.1.1.2 Resistência à Compressão

Para realizar o ensaio de resistência à compressão do cimento Portland, utilizou-se a NBR 7215, Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão, de 1996. De acordo com as determinações da norma, usou-se um traço de argamassa 1:3 e uma relação água/cimento de 0,48.

A parte preliminar para realização deste ensaio, foi separar e pesar os materiais que seriam utilizados, de acordo com as especificações da norma. Em seguida, colocou-se no misturador mecânico, conforme orientações do laboratorista, a água e o cimento, misturando-os por 30 segundos em velocidade baixa, adicionou-se as areias misturando-as por 30 segundos em velocidade alta com a finalidade de homogeneizar o composto. Posteriormente, desligou-se o misturador por 1 minuto e 30 segundos, cobriu-o com um pano úmido e o religou por 1 minuto em velocidade alta.

Com a pasta concluída, os corpos de prova de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura foram moldados com o auxílio de moldes cilíndricos do laboratório. Conforme a NBR 7215, estes moldes foram preenchidos por argamassa em quatro camadas, cada uma recebendo 30 golpes através do soquete. As amostras foram conservadas em ambiente úmido por 24 horas para a cura inicial e logo após a desmoldagem, foram colocadas submersas em água saturada de cal até a data do seu rompimento, ocorridas nas idades de 24 horas, 3,7 e 28 dias, de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003). A Figura 3 mostra os corpos de prova prontos para serem rompidos.



Figura 3: Corpos de prova para ensaio de compressão. Fonte: Autoria Própria, 2018.

É importante salientar que, de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 1996) existem limites mínimos de alcance da resistência para cada tipo de cimento utilizado.

2.1.2 Agregado Miúdo

2.1.2.1 Granulometria

Para determinar a análise granulométrica dos agregados, utilizou-se como referência a NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica, de 2003. Neste ensaio foram utilizadas as peneiras da série intermediária (Figura 4) com as seguintes aberturas em mm: 38; 25; 19; 12,5; 9,5; 6,3; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15.

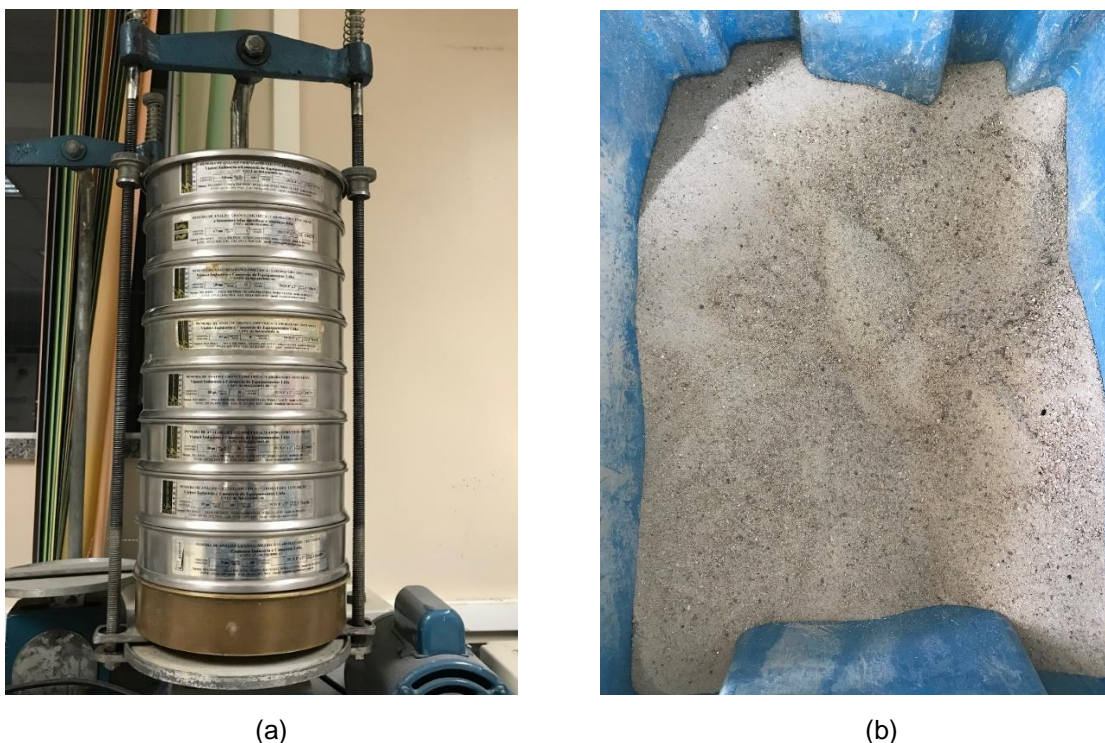


Figura 4: (a) Peneiras posicionadas no misturador mecânico, (b) Areia comercializada em Manaus utilizada para o ensaio. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Conforme especificado por norma, para o agregado com dimensão máxima característica $< 4,8$ mm, aplicou-se duas amostras de 500 g cada, nomeadas de m1 e m2 para a realização do ensaio. Inicialmente, secou-se as amostras em estufa por 24 horas e ao retirar, após as mesmas estarem em temperatura ambiente, estabeleceu-se suas massas. Colocou-as sobre o conjunto de peneiras e gerou-se uma agitação mecânica nas amostras pelo período de 4 minutos, para que houvesse a separação dos diferentes tamanhos de grãos. Ao término, pesou-se o material retido em cada peneira.

Da mesma forma procedeu-se com a amostra m2, para que ao concluir o ensaio pudesse calcular os valores médios das porcentagens retidas e acumuladas. Diante disso, atingiu-se os índices da distribuição granulometria, a dimensão máxima, que corresponde a malha da peneira em que porcentagem retida acumulada seja igual ou imediatamente inferior a 5%, e também o módulo de finura do material em análise, que foi calculado através da soma de todas as porcentagens retidas acumuladas e divididas por 100.

2.1.2.2 Massa Unitária

A massa unitária é a relação entre a massa do agregado lançado no recipiente e o volume deste recipiente, consoante a Figura 5. Para comprovar esta relação, seguiu-se os métodos da NBR NM 45 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios, de 2006. O método escolhido da norma foi o C, pois é utilizado para determinar a massa unitária de material no estado solto.



Figura 5: Recipiente utilizado para o ensaio de massa unitária. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Deste modo, estabeleceu-se a massa do recipiente utilizado e então colocou o agregado, com o auxílio de uma concha (Figura 6), até ultrapassar o limite disponível. Com uma haste de aço retirou a quantidade em excesso do agregado com o rasamento e determinou a massa do mesmo e do recipiente. A fim de chegar mais

próximo dos resultados exatos, os ensaios foram realizados em duas amostras para assim obter uma média aritmética.



Figura 6: Colocação do agregado miúdo no recipiente. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Sendo assim, calculou-se a massa unitária das amostras pela seguinte Equação (3):

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V}$$

Equação (2)

Onde:

ρ_{ap} = massa unitária do agregado (kg/m^3);

m_{ar} = massa do recipiente mais agregado (kg);

m_r = massa do recipiente vazio (mm);

V = volume do recipiente (m^3).

2.1.2.3 Massa Específica

Para este experimento, aplicou-se um dos métodos mais utilizados para esta determinação, a NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman, de 1987. Os resultados deste

ensaio não apresentaram totalidade em precisão, porém determinado por norma, são aceitáveis para as aplicações em tecnologia do concreto.

Deste modo, a etapa inicial deste processo foi pesar uma amostra de 500 g do agregado miúdo e colocá-lo em uma estufa a 100 °C por 24 horas para que seque. Logo após, preencheu-se o frasco de Chapman (Figura 7) até a marca de 200 ml com água destilada e posteriormente colocou uma parcela da amostra do agregado. Para fazer este processo de forma correta necessitou-se do auxílio de um funil cano longo com a finalidade de não umedecer demasiadamente as paredes do frasco e conseqüentemente, evitar que o material fosse perdido.

Em seguida, com movimentos circulares, agitou-se o frasco com o intuito de eliminar os vazios presentes na mistura água e agregado. Fez-se o mesmo procedimento adicionando a outra parcela da amostra.

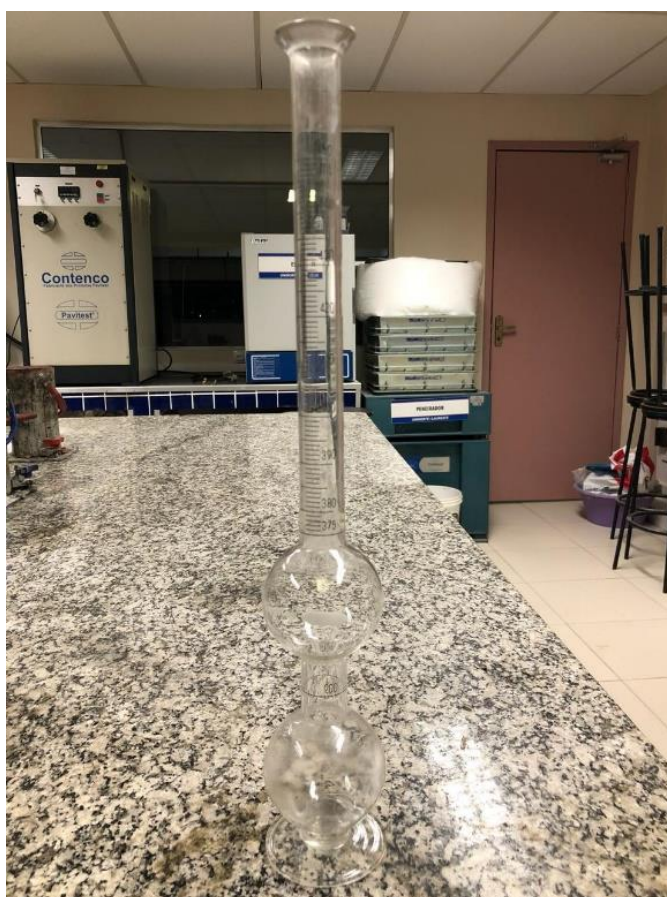


Figura 7: Frasco Chapman utilizado para o ensaio de massa específica. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Para finalizar o ensaio, realizou-se a leitura final do nível de água, que significa o volume de água deslocado pelo agregado. O procedimento foi realizado duas vezes para que analise uma média aritmética dos resultados.

Com a demonstração dos resultados feitos pelo equipamento, é possível determinar a massa específica do agregado miúdo através da Equação (4):

$$\gamma = \frac{500}{L-200}$$

Equação (3)

Onde:

γ = massa específica da areia (g/cm^3);

L = leitura do nível da água no frasco (cm^3).

2.1.3 Agregado Graúdo

2.1.3.1 Granulometria

Ensaio realizado conforme o item 2.1.2.2. Diferenciando apenas a quantidade de massa do agregado utilizada na amostra, que conforme a NBR NM 248 para agregado com dimensão máxima característica $> 19 \text{ mm}$ (Figuras 8a e 8b) deve-se ter 5 kg de massa mínima por amostra no ensaio.



(a)



(b)

Figura 83: (a) Exibição da granulometria do agregado graúdo, (b) Separação do seixo para ensaios.

Fonte: Autoria Própria, 2018.

2.1.3.2 Massa Unitária

Ensaio realizado conforme o item 2.1.2.2.

2.1.3.3 Massa Específica

Para determinar a massa específica do agregado graúdo de acordo com a pesagem hidrostática, é recomendada a utilização da NM 53 – Agregado Graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água, de 2009. Devido a impossibilidade de realizar este ensaio, caracterizou-se a massa específica do agregado graúdo também pelo frasco de Chapman descrito no item 2.1.2.3.

2.1.4 Aditivos

2.1.4.1 Especificação do Aditivo Superplastificante

É um aditivo polifuncional de alta redução de água base policarboxilato ou híbrido de lignosulfonato, mais policarboxilato ou poliacrilato que apresenta excelente dispersão das partículas de cimento melhorando assim a trabalhabilidade (GCP, 2015). É fornecido no estado líquido, sua cor é alaranjada e segundo o fabricante, recomenda-se o uso do aditivo em relação a massa de cimento de 0,3 a 1,2%. A Figura 9a expõe algumas das características deste aditivo.

2.1.4.2 Especificação do Aditivo Cristalizante

É um aditivo para impermeabilização por cristalização integral, adicionado ao traço do concreto, no momento de sua produção (PENETRON, 2013). Comercializado em pó (Figura 9b), sua composição é de areia de sílica fina tratada, compostos químicos ativos e rastreador químico. A reação dos componentes deste aditivo gera uma formação cristalina não-solúvel por todos os poros e capilares do concreto. Segundo orientações do fabricante, recomenda-se utilizar 0,8% do aditivo em relação a massa do cimento.



Figura 9: (a) Aditivo superplastificante, (b) Revista técnica do fabricante sobre o aditivo cristalizante.

Fonte: Autoria Própria, 2018.

2.2 Concreto

2.2.1 Dosagem do Concreto

Para esta pesquisa, foram rodados 2 traços de concreto para resistência solicitada de 30 MPa, utilizando o mesmo tipo de cimento e aditivo superplastificante. A diferença de um traço para o outro foi apenas a inclusão do aditivo cristalizante.

O traço para a dosagem do concreto foi sugerido por uma empresa concreteira de Manaus, visando fazer os testes em um concreto já comercializado na cidade e também bastante requisitado pelas obras da região.

O Quadro 1 abaixo expõe o traço unitário da sua composição em massa seca e o fator água/cimento, sendo utilizado como agregado graúdo o seixo, que é altamente comercializado na região, e como agregado miúdo a areia lavada.

Proporção:	1	3,805	2,23	0,55
Produto:	Cimento	Seixo	Areia	Água

Quadro 1 - Traço da Dosagem do Concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Nas Figuras 10a e 10b abaixo, é possível verificar os materiais separados para utilização no traço.



Figura 10: (a) Armazenamento dos materiais no laboratório da concreteira, (b) Separação e pesagem dos materiais para iniciação do traço. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Para completar a dosagem do concreto, usou-se um aditivo superplastificante polifuncional redutor de água, cujo consumo foi especificado pelo fabricante (Figura 11a).

Como o objetivo da pesquisa é analisar a autocicatrização do concreto, aplicou-se também o aditivo cristalizante em pó (Figura 11b), que tem uma tonalidade acizentada e foi fornecido para a pesquisa através de um balde de 4kg. Em conformidade com as especificações técnicas do fabricante, a dosagem recomendada para este aditivo é de 0,8% em relação a massa do cimento. Seguindo recomendações da concreteira, os aditivos foram adicionados a dosagem de concreto sem precisar fazer algum ajuste ao traço.



(a)



(b)

Figura 11: (a) Aditivo superplastificante, (b) Aditivo cristalizante. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Os traços de concreto foram produzidos em uma betoneira com capacidade de 100 litros (Figura 12). O consumo de material do traço foi efetuado de acordo com o quantitativo de corpos de prova para realização de todos os ensaios solicitados.



Figura 42: Betoneira de experimentos da concreteira em que se rodou o concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

No Quadro 2 abaixo, é possível verificar os ensaios realizados e as características do corpo de prova como quantidade, dimensão e idade.

Ensaio	CPs/ Traço/Idade	Dimensões (mm)	Idade (dias)
Resistência à Compressão	2	100x200	3,7,14,28
Absorção de Água	2	100x200	7 dias

Quadro 2 - Quantidade de CPs utilizados para cada ensaio. Fonte: Autoria Própria, 2018.

2.3 Análise do Comportamento Físico-Mecânico do Concreto

2.3.1 Determinação da Consistência

A consistência é um dos principais fatores que influenciam na trabalhabilidade do concreto e estão diretamente ligadas as características inerentes do próprio material como mobilidade da massa e a coesão entre seus componentes. Para realizar o ensaio de abatimento do tronco de cone (Figura 13), também conhecido como slump test, baseou-se pela NBR NM 67 – Concreto - Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone, de 1998.



Figura 13: Molde metálico tronco-cônico, complemento de enchimento e placa metálica. Fonte: Autoria Própria, 2018.

O procedimento consistiu-se inicialmente em coletar a amostra de concreto, colocar a fôrma tronco-cônica sobre uma placa metálica nivelada e preencher a primeira camada do tronco de cone golpeando 25 vezes com uma haste padrão, atingindo a parte inferior do cone. Posteriormente, preencheu-se com mais duas camadas, semelhantes a primeira, cada uma golpeada 25 vezes, sem penetrar na camada inferior. Após a finalização da compactação das camadas, retirou-se o excesso do material fazendo a limpeza da placa, alisou-se a superfície com uma régua metálica e em seguida, levantou-se cuidadosamente o cone na direção vertical.

Para verificar os resultados e finalizar o ensaio, colocou-se a haste sobre o cone invertido e com o auxílio de uma trena, mediu-se a distância entre o topo do molde e o ponto médio da altura do tronco de concreto moldado. Conforme a norma do ensaio, a operação completa, desde o início de preenchimento do molde com concreto até sua retirada, deve ser realizada sem interrupções e completar-se em um intervalo de 150 segundos (ABNT, 1998). A Figura 14 mostra o exato momento em que se realizou o ensaio de abatimento.



Figura 54: Ensaio de abatimento do concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

É importante ressaltar que a medida máxima e mínima do abatimento é definida pelo projetista, pois depende da finalidade da utilização do concreto e também

de quais funções das propriedades de trabalhabilidade serão requisitadas. Para este ensaio, as medidas foram definidas pelo engenheiro da concreteira local, baseadas no intuito da pesquisa e também na demanda das obras da região. Portanto, tomou-se como base o slump de 20 ± 3 .

2.3.2 Determinação da Resistência à Compressão Axial

Para aplicação deste ensaio, necessitou-se consultar previamente a NBR 5738 – Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de prova, de 2003. Nesta norma é especificado alguns itens importantes como os tipos de molde, formas de adensamento, número de golpes, rasamento, manuseio e transporte, o procedimento de cura e a retificação ou capeamento para o ensaio de compressão axial.

Os corpos de prova moldados foram de 100 mm de diâmetro por 200 mm de altura. Até a idade do ensaio foram mantidos em cura úmida (Figura 15), nas condições pré-estabelecidas por norma.



Figura 15: Tanque de cura úmida. Fonte: Autoria Própria, 2018.

O ensaio de resistência à compressão foi executado de acordo com a NBR 5749 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, de 2007. O

rompimento foi feito em idades específicas, através de uma prensa hidráulica (Figura 16) que comprimiu os corpos de prova até a ruptura.



Figura 16: Prensa hidráulica utilizada para rompimento de corpo de prova. Fonte: Aatoria Própria, 2018.

No próprio equipamento foi possível verificar a força máxima para romper o concreto, em quilogramaforça e também em newton. Além disso, o próprio relatório de ensaio exibe a resistência à compressão, desvio padrão, coeficiente de variabilidade e uma curva de tensão por tempo. Utilizou-se os valores da carga de ruptura, em megapascal. A Figura 17 mostra o relatório de ensaio feito pelo próprio computador que está interligado com a prensa hidráulica.

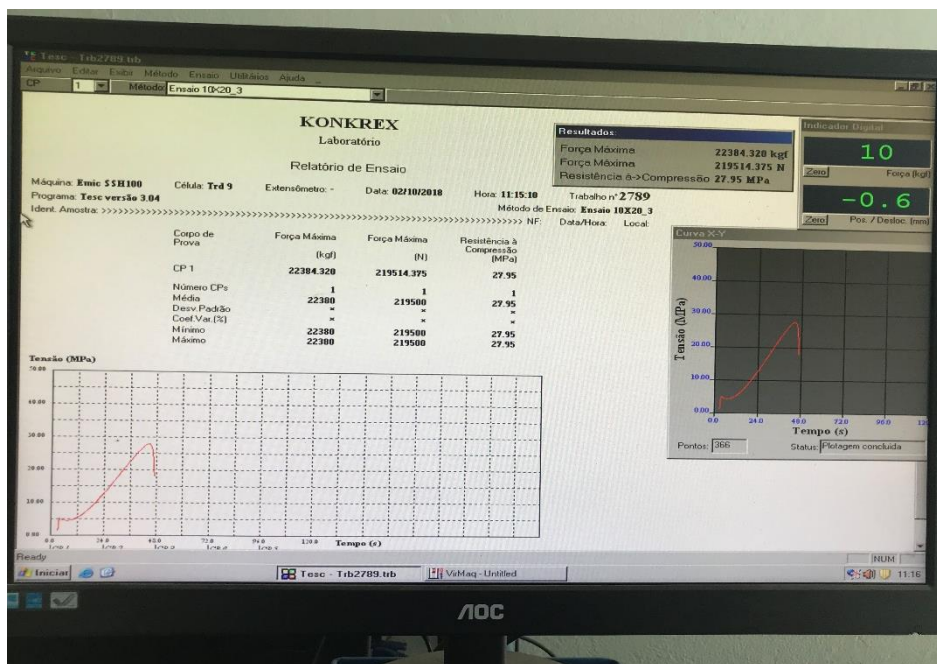


Figura 17: Relatório de ensaio disponibilizado pela concreteira. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Utilizou-se a Equação (5) para cálculo da resistência à compressão do concreto:

$$f_c = \frac{4 \times F_{\text{máx}}}{\pi \times D^2}$$

Equação (4)

Onde:

f_c = resistência compressão

$F_{\text{máx}}$ = carga máxima obtida no ensaio

D = diâmetro do corpo de prova

2.3.3 Determinação da Absorção de Água

É um ensaio fundamental para esta pesquisa, pois é nele que se analisou a potencialidade do aditivo redutor de permeabilidade utilizado. Isto ocorreu baseado na NBR 9778 – Argamassa e Concretos Endurecidos – Determinação da Absorção de água, Índice de Vazios e Massa Específica, de 2005. Para execução do procedimento, aplicou-se dois corpos de prova com a finalidade de se ter precisão nos resultados.

Inicialmente, colocou-se as amostras em uma estufa em que sua massa seca foi registrada nos intervalos de 24, 48 e 72 horas, conforme demonstrado nas Figuras 18a e 18b.

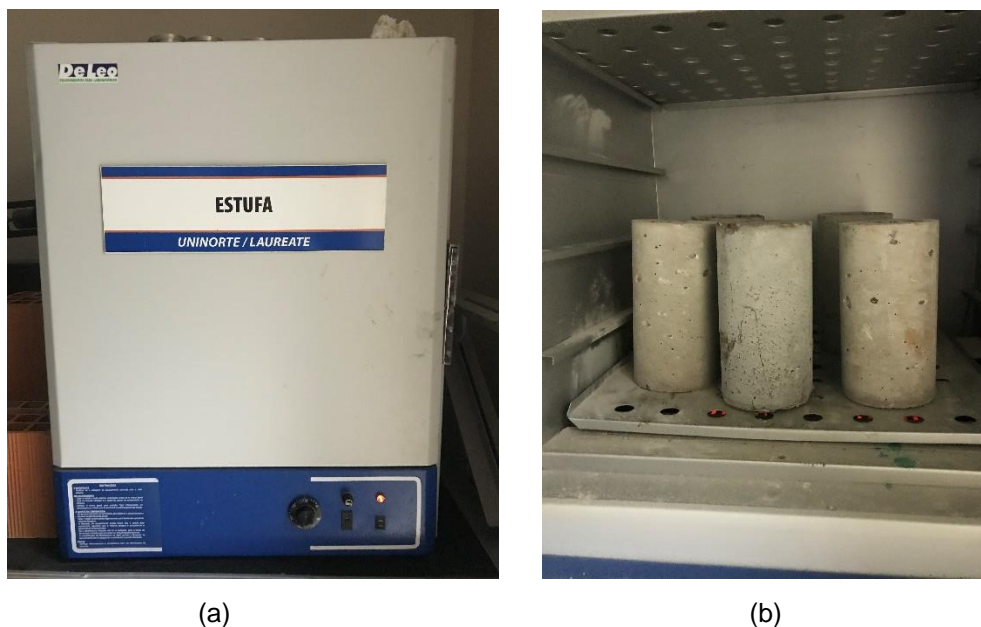


Figura 6: (a) Estufa utilizada para secar o material, (b) Corpos de prova secando na estufa em temperatura de 100° C. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Logo após, colocou-se as amostras em um tanque d'água (Figura 19) também nos intervalos mencionados acima com o propósito de saturar a amostra.



Figura 19: Corpos de prova totalmente imersos na água. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Finalizando o processo, retirou-se as amostras da água e pesadas em uma balança e registrou-se a massa imersa. Utilizando o auxílio de um pano, eliminou-se o excesso de água da amostra e obteve-se o peso da amostra saturada.

A partir do ensaio realizado, foi possível determinar a massa seca, massa imersa e massa saturada da amostra. Com isso, calculou-se a porcentagem de absorção de água. A Figura 20a e 20b mostram o momento em que foi feita a pesagem da amostra seca e da amostra saturada.

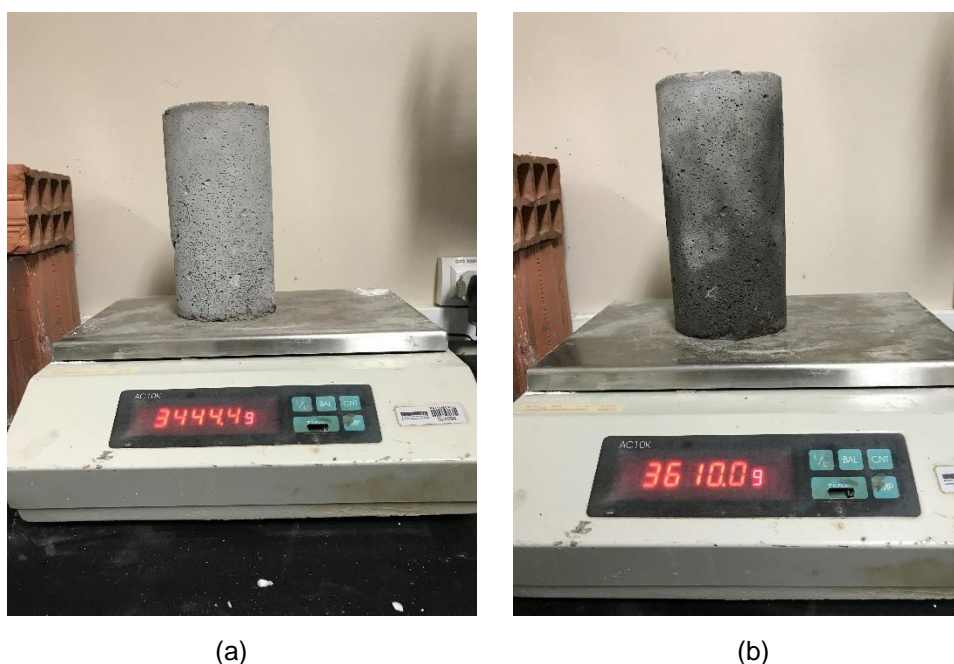


Figura 70: (a) Pesagem da amostra de seca, (b) Pesagem da amostra saturada. Fonte: Autoria Própria, 2018.

A absorção de água nos corpos de prova foi determinada pela seguinte Equação (6):

$$A = \frac{ms_{at} - ms}{ms} \times 100$$

Equação (5)

Onde:

ms_{at} = massa do corpo de prova saturada

ms = massa do corpo de prova seco em estufa

mi = massa do corpo de prova saturado, imerso em água.

3. RESULTADOS

3.1 Caracterização dos Materiais

3.1.1 Cimento

3.1.1.1 Módulo de Finura

O módulo de finura encontrado para o cimento em estudo está demonstrado no Quadro 3 e apresenta os resultados alcançados após a realização do ensaio.

Amostra	01	02
Massa inicial (g)	50,00	50,00
Massa retida (g)	1,30	1,40
Índice de finura (%)	2,60	2,80
Média do Índice de Finura (%)	2,70	

Quadro 3: Índice de finura do cimento. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Ao fim do experimento, pode-se ultimar que a finura do cimento utilizado na pesquisa atendeu os padrões exigidos pela norma.

3.1.1.2 Resistência à Compressão

Os valores ascendidos das resistências à compressão estão expostos no Quadro 4. As resistências mínimas exigidas pela NBR 5732 (ABNT,1991) estão apresentadas como limites.

CPIS-40		
Idade	Tensão (MPa)	Limite (MPa)
24h	13,2	-
3 dias	23,3	15
7 dias	32,2	25
28 dias	40,68	40

Quadro 4: Resultados e Limites de Resistência. Fonte: Autoria Própria, 2018.

O gráfico que representa visualmente o crescimento das resistências apresentadas e também a comparação com os limites está exposto na Figura 21.

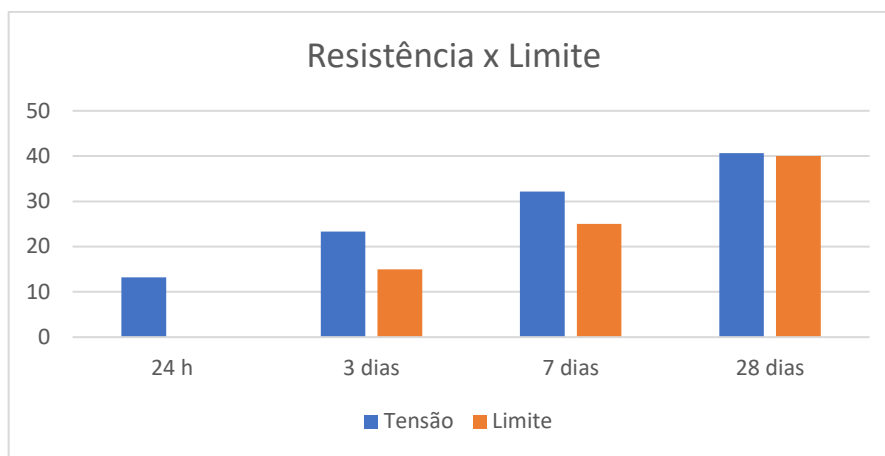


Figura 21: Gráfico de resistência e limite. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.1.2 Agregado Miúdo

3.1.2.1 Granulometria

O Quadro 5 abaixo descreve a média dos resultados encontrados através do ensaio de determinação da composição granulométrica.

Areia				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	Massa Retida Acum. (g)	Massa Passada Acum. (g)	% Passada Acumulada
38	0	0	1000	100
25	0	0	1000	100
19	0	0	1000	100
12,5	0	0	1000	100
9,5	0	0	1000	100
6,3	0	0	1000	100
4,8	0	0	1000	100
2,4	8	8	992	99,2
1,2	38	46	954	95,4
0,6	244	290	710	71
0,3	562	852	148	14,8
0,15	128	980	20	2
Fundo	20	1000	0	0
Módulo de Finura	2,18			
Diâmetro Máximo	1,2 mm			

Quadro 5: Granulometria da Areia. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Segue abaixo a curva granulométrica da areia, representada na Figura 22.

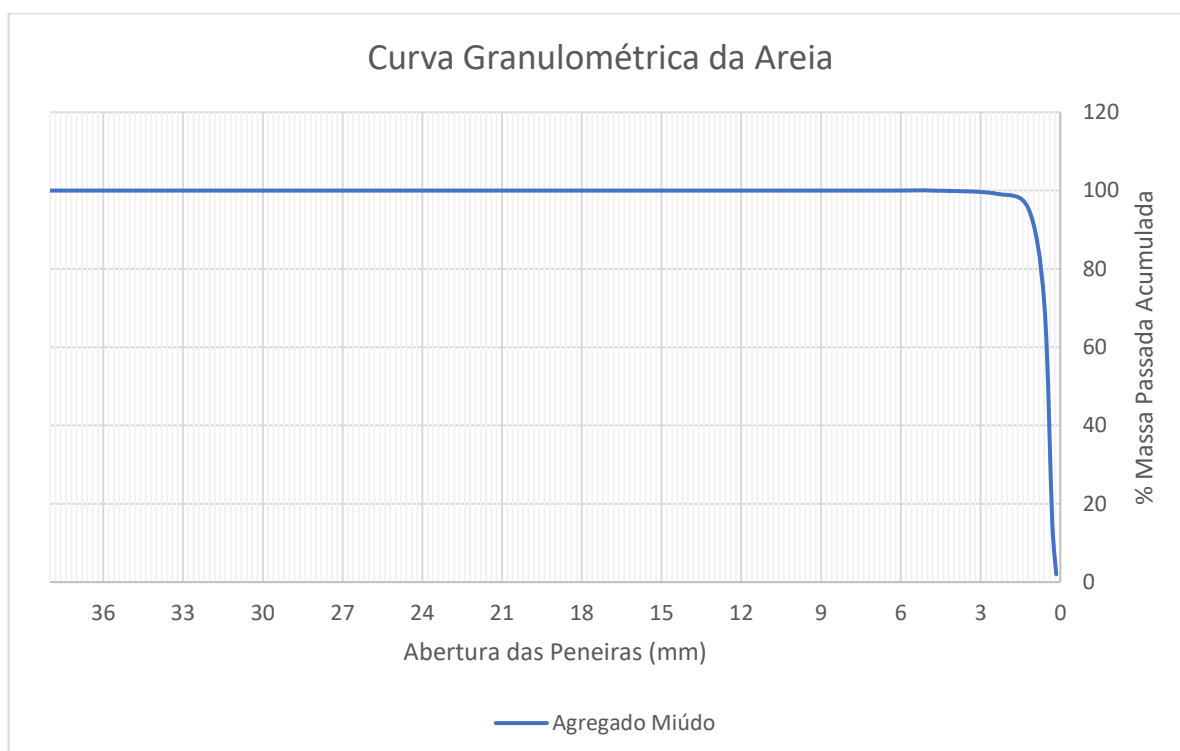


Figura 82: Gráfico da curva granulométrica. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.1.2.2 Massa Unitária

Os ensaios de massa unitária realizados para este trabalho apresentaram os seguintes resultados (Quadro 6):

Amostra	01	02
Massa do recipiente (g)	374,00	374,00
Massa do recipiente + agregado miúdo (g)	2770,90	2755,00
Massa do agregado miúdo (g)	2396,90	2381,00
Volume do recipiente (cm ³)	1570,80	1570,80
Massa unitária (g/cm ³)	1,526	1,516
Massa unitária (kg/m ³)	1525,91	1515,79
Média aritmética (kg/m ³)	1520,85	

Quadro 6: Demonstração dos resultados provenientes do ensaio. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.1.2.3 Massa Específica

Feito pelo método do frasco de Chapman, a massa específica do agregado miúdo apresentou os seguintes valores (Quadro 7):

Amostra	01	02
Massa (g)	500,00	500,00
Leitura (ml)	385	388
Massa específica (g/cm³)	2,702	2,659
Massa específica (kg/m³)	2702,00	2659,00
Média Aritmética (kg/m³)	2680,5	

Quadro 7: Resultados do ensaio de massa específica. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.1.3 **Agregado Graúdo**

3.1.3.1 Granulometria

No Quadro 8 é possível verificar a média dos resultados do ensaio de granulometria.

Seixo				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	Massa Retida Acum. (g)	Massa Passada Acum. (g)	% Passada Acumulada
38	0	0	3000	100
25	0	0	3000	100
19	66	66	2934	97,8
12,5	782	848	2152	71,73
9,5	970	1818	1182	39,40
6,3	570	2388	612	20,40
4,8	218	2606	394	13,13
2,4	230	2836	164	5,47
1,2	0	2836	164	5,47
0,6	0	2836	164	5,47
0,3	0	2836	164	5,47
0,15	0	2836	164	5,47
Fundo	164	3000	0	0
Módulo de Finura	6,18			
Diâmetro Máximo	19,00 mm			

Quadro 8: Granulometria do seixo. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Segue na Figura 23, a curva granulométrica do agregado graúdo.

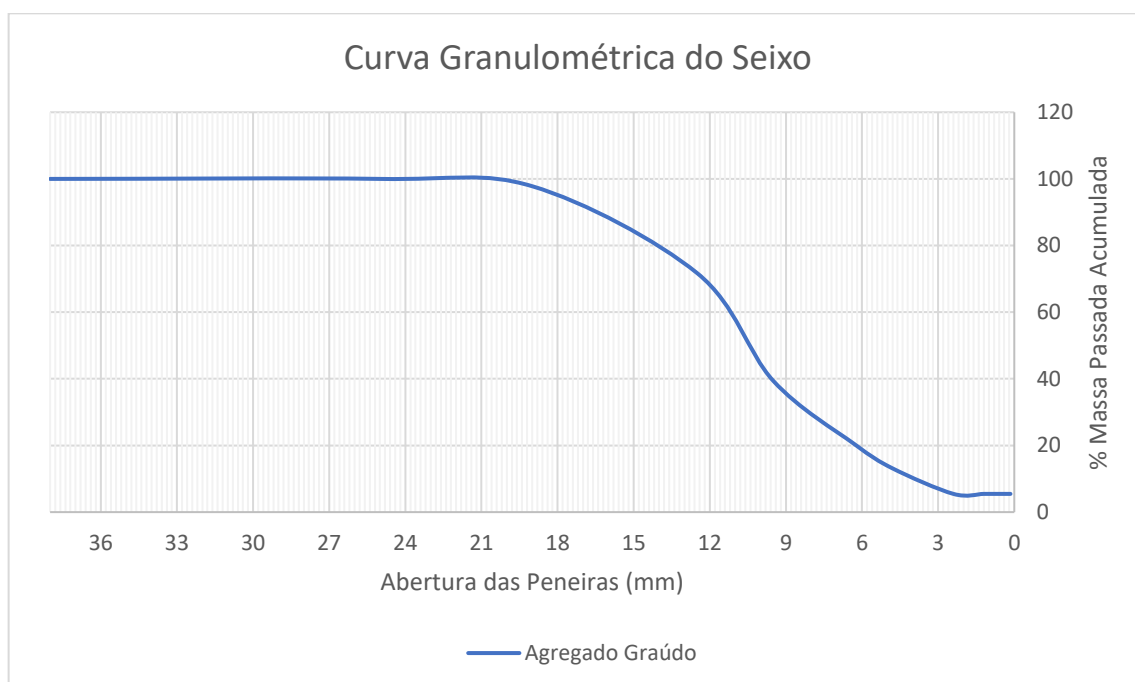


Figura 93: Curva granulométrica do seixo. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.1.3.2 Massa Unitária

O Quadro 9 abaixo apresenta os resultados da massa unitária encontrada no agregado graúdo.

Amostra	01	02
Massa do recipiente (g)	374,00	374,00
Massa do recipiente + agregado graúdo(g)	3157,00	3190,30
Massa do agregado graúdo (g)	2783,00	2816,3
Volume do recipiente (cm ³)	1570,8	1570,8
Massa unitária (g/cm ³)	1,771	1,792
Massa unitária (kg/m ³)	1771,70	1792,90
Média aritmética (kg/m ³)	1782,3	

Quadro 9: Resultados da massa unitária do seixo. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.1.3.3 Massa Específica

O Quadro 10 representa os resultados provenientes do ensaio de massa específica do agregado graúdo.

Amostra	01	02
Massa (g)	500,00	500,00
Leitura (ml)	385	388
Massa específica (g/cm³)	2,702	2,659
Massa específica (kg/m³)	2702,00	2659,00
Média Aritmética (kg/m³)	2680,5	

Quadro 10: Resultados do ensaio de massa específica. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.1.4 Aditivos

Os aditivos foram utilizados de forma correta, conforme especificado por cada fabricante e também visando suas devidas finalidades.

Aditivo	Especificação	% da massa do cimento
Superplastificante	Miraflow 985	0,6
Cristalizante	Admix	0,8

Quadro 11: Resultado do quantitativo de uso do aditivo. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.2 Comportamento Físico e Mecânico do Concreto

3.2.1 Determinação da Consistência

Para esta determinação, utilizou-se os dois traços de concreto para fins de comparação. Conforme estabelecido pelo engenheiro da concreteira, o slump ideal adotado foi de 20 ± 2 mm. O resultado do ensaio está demonstrado no Quadro 12 abaixo:

Traço	Slump solicitado	Slump real
Convencional	20 ± 3 mm	21 mm
Concreto Autocicatrizante	20 ± 3 mm	21,5 mm

Quadro 42: Resultados do abatimento do concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.2.2 Resistência à Compressão

Para caracterizar a resistência à compressão, utilizou-se os dois traços para comparar e analisar a eficiência do aditivo. Os resultados estão expostos no Quadro 13 abaixo:

Concreto	Resistência (Mpa)			
	3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
Convencional	20,52	26,28	29,10	31,00
	19,20	26,25	29,00	30,30
Concreto Autocicatrizante	18,91	23,49	27,46	29,90
	18,21	23,30	27,18	30,10

Quadro 53: Demonstrativo dos valores obtidos no ensaio de compressão. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Segue abaixo, na Figura 24, o gráfico demonstra o crescimento da resistência dos concretos ao longo das idades.

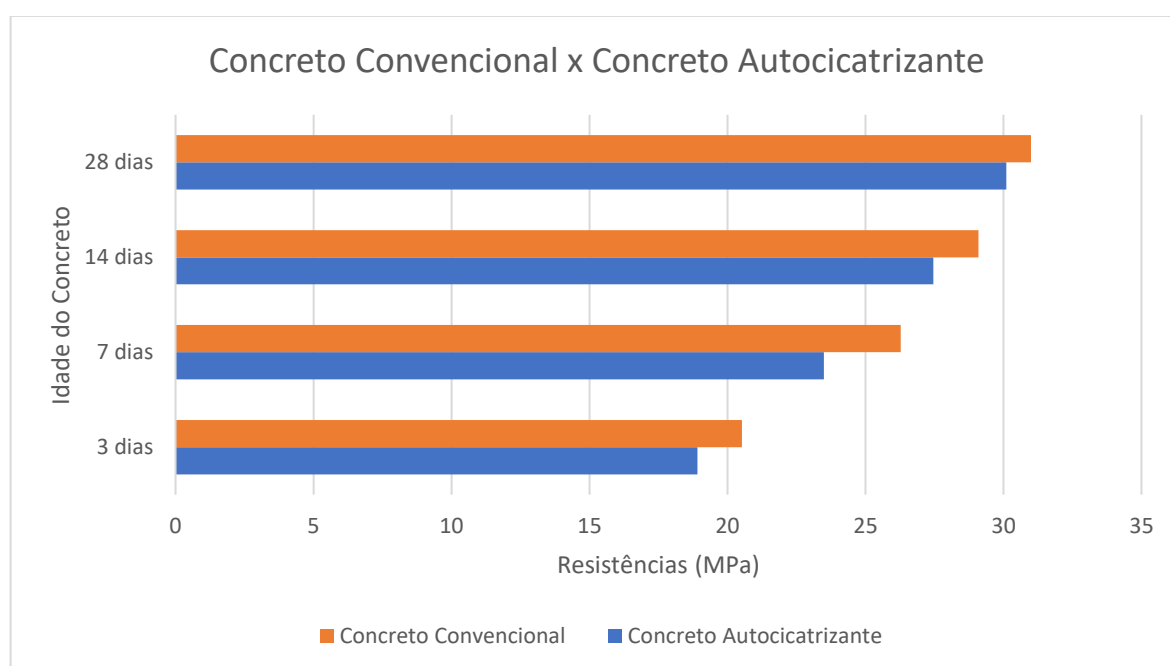


Figura 104: Gráfico comparando as resistências dos concretos. Fonte: Autoria Própria, 2018.

O Quadro 14 demonstra a caracterização e comparação do aumento das resistências de cada idade do concreto.

Idade	Resistência Com Aditivo	Resistência Sem Aditivo	% de Aumento
3 dias	18,91	20,52	7,85%
7 dias	23,49	26,28	10,62%
14 dias	27,46	29,1	5,64%
28 dias	30,1	31	2,90%

Quadro 64: Porcentagem de Aumento. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Na Figura 25, é possível analisar quais foram as idades de maior crescimento do concreto convencional comparado ao concreto autocicatrizante.

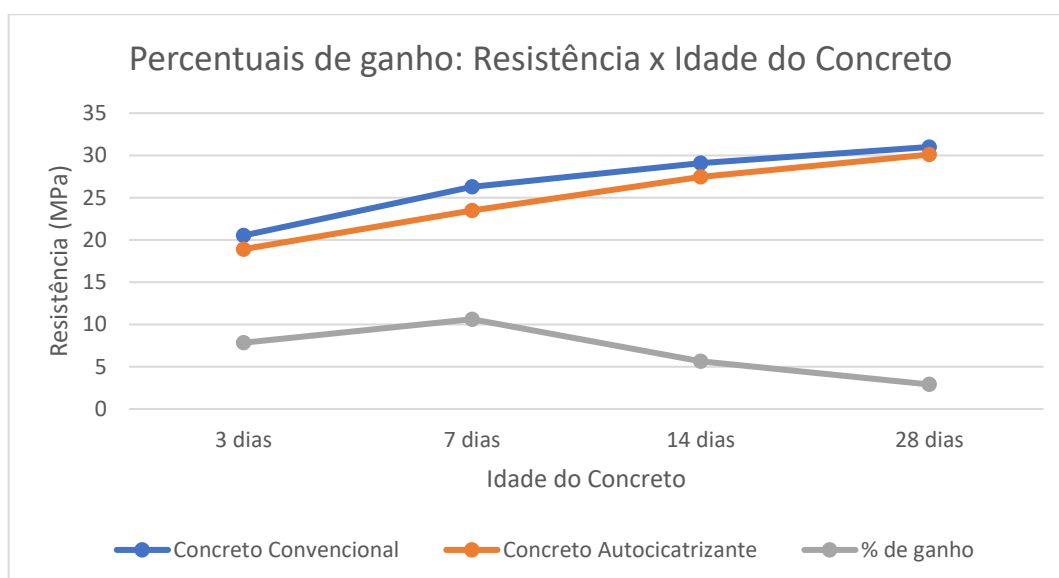


Figura 25: Comparativo dos percentuais de ganho por idade do concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Para exibir melhor os resultados encontrados no ensaio de resistência à compressão, no Quadro 15 será demonstrado apenas os valores de resistência característica do concreto, ou seja, o de 28 dias.

Concreto	28 dias
Convencional	31,00
	30,30
Convencional + Aditivo Cristalizante	30,10
	29,90

Quadro 15: Resultados apenas de 28 dias do concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.2.3 Absorção de Água

Para obter os resultados desejados, precisou-se chegar primeiramente nos valores do corpo de prova de massa seca, imersa e saturada, de acordo com o Quadro 16 abaixo:

Concreto	Massa Seca (g)	Massa Saturada (g)
Convencional	3492,0	3686,5
	3493,2	3686,3
Convencional + Aditivo Cristalizante	3444,0	3609,6
	3444,4	3609,3

Quadro 16: Demonstrativo dos valores de massa da amostra do concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Com os valores obtidos através do ensaio em laboratório, é possível analisar os resultados solicitados do estudo através do Quadro 17:

Traço	Absorção (%)
Convencional	5,276
	5,527
Convencional + Aditivo Cristalizante	4,808
	4,787

Quadro 17: Resultados do ensaio de absorção de água no concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

Na Figura 26 analisa-se a diferença dos índices de absorção através do gráfico.

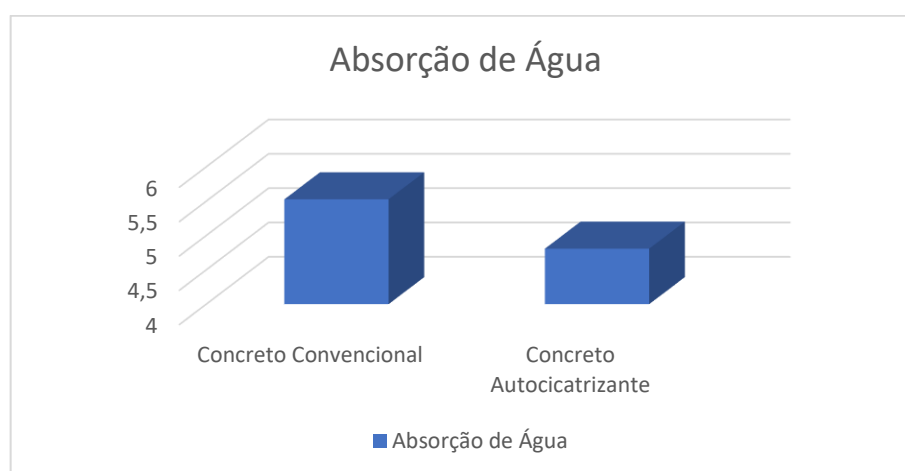


Figura 116: Índices de absorção de água dos tipos de concreto. Fonte: Autoria Própria, 2018.

4 DISCUSSÕES

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sua composição é feita basicamente do aglomerante, agregados graúdos e miúdos, água, aditivos e adições. Por ser composto por vários tipos de materiais, sua estrutura é considerada heterogênea e muito complexa. Logo, é de grande relevância caracterizar estes materiais e estudar a sua influência nas propriedades físicas e químicas do concreto.

Ao se fazer uma análise da macroestrutura do concreto, é possível identificar dois constituintes principais, a pasta de cimento endurecida e as partículas de agregado. Por muito tempo focou-se apenas nas pesquisas do cimento, aditivos e adições, pois acreditava-se que o agregado era inerte na estrutura do concreto. Novos estudos foram realizados e comprovaram que desempenho do concreto sofre influência direta do agregado. Para ratificar esta afirmação, NEVILLE (1997) declara que o agregado não tem função inerte e que suas propriedades influenciam no desempenho do concreto. MEHTA & MONTEIRO (2006) afirmam que é totalmente impróprio tratar as propriedades dos agregados com menos respeito do que as do cimento.

Os valores obtidos do ensaio de módulo de finura do cimento (Quadro 3) apresentaram conformidade com as especificações da NBR 5732/1991, nela considera-se o limite máximo de até 10% e o valor encontrado foi inferior ao estabelecido. HELENE & TARZIAN (1992) afirmam que a finura do cimento influencia significativamente o concreto, pois regula a velocidade da reação de hidratação e contribui para o aumento de resistência, principalmente nas primeiras idades e diminuição de exsudação, proporcionando um concreto com maior trabalhabilidade, impermeabilidade e coesão. Em contrapartida, há maior liberação de calor e retração, tornando o concreto mais propício a fissuras. Para se aprofundar quanto ao módulo de finura ideal para ativar estas reações, Segundo Mehta e Monteiro (1994), as partículas do cimento devem seguir um padrão médio, portanto maiores que 45μ são difíceis de hidratar, e aquelas maiores do que 75μ nunca se hidratam completamente. Devido a esta afirmação, o módulo de finura encontrado do cimento para este trabalho é totalmente aceitável e pode afetar diretamente a reação com água.

Os resultados referentes a massa específica (Quadro 10) atenderam as expectativas com base de comparação a NBR 9776/1987. Segundo Bauer (2011), é de suma importância analisar esta propriedade, uma vez que auxilia no cálculo do

consumo de materiais da mistura produzida. Outro fator importante na caracterização do cimento é o seu tempo de pega, considerado como o tempo útil necessário para o enrijecimento do material. Para o CPI-S-40 da marca Cemex, os resultados obtidos em ensaio (Quadro 5) apontaram concordância com o tempo de pega máximo solicitado pela NBR NM 65/2003. Os valores do ensaio de resistência à compressão do cimento Portland atingiram o previsto pela NBR 7215/1996.

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a massa unitária, estabilidade dimensional e módulo de elasticidade são de responsabilidades do agregado. Com relação ao agregado miúdo, os resultados analisados através da distribuição granulométrica (Quadro 7) demonstram que a areia aplicada é considerada como um agregado miúdo fino, pois seu módulo de finura é igual a 2,18 e encontra-se na zona utilizável inferior, pois esta zona varia entre 1,55 a 2,20. Todas estas classificações foram feitas baseadas na NBR 7211/2009. AITCIN (2000) considera que o módulo de finura ideal do agregado miúdo para concretos de altas resistências é de 2,7 a 3,0. Aponta que na mistura já existe uma quantidade razoável de materiais fino, portanto não há necessidade da areia ser tão fina do ponto de vista de trabalhabilidade e segregação. Portanto, o uso de areias mais grossas pode levar vantagem nos requisitos de diminuição de água, conseqüentemente redução de custo e aumento da resistência. Para este trabalho, considera-se para a areia, o módulo de finura fino e que pode influenciar diretamente nos resultados de resistência.

A curva granulométrica explana que o agregado é bem graduado nas peneiras de 0,6 mm a 0,3 mm. Com os resultados da massa unitária (Quadro 9) e da massa específica (Quadro 10) determina-se os agregados como normal e pesado, respectivamente. O teor pulverulento (Quadro 8) foi inferior ao limite máximo que é 3%, parâmetro indicado pela NBR NM 46/2003.

Segundo Bauer (2000), os agregados contribuem para o concreto com aproximadamente 80% do peso e 20% do custo de concreto estrutural sem aditivos. Com relação ao agregado graúdo, os valores obtidos através da análise granulométrica (Quadro 11) é possível relatar que a dimensão máxima do seixo foi de 19 mm, de acordo com Mehta e Monteiro (1996), quanto maior a dimensão máxima do agregado, menor será a superfície que terá de se recobrir pela pasta de cimento, portanto reduziria o consumo de cimento sem influenciar nas principais propriedades do concreto. Ainda com essas vantagens, necessita-se tomar cuidado quanto ao excesso de tamanho do agregado, pois pode tender a produção de microfissuras e

também analisar seus índices de absorção. Petrucci (1980) relata que a absorção do agregado graúdo está diretamente ligada com a sua porosidade. E para reafirmar, de acordo com Neville (1997) a resistência e durabilidade do concreto sofrem influência da porosidade e permeabilidade do agregado utilizado.

A curva granulométrica do agregado graúdo é bem graduada nas peneiras de 12,5 mm, 9,5 mm e 6,3 mm. Com os resultados da massa unitária (Quadro 13) e massa específica (Quadro 14), determina-se os agregados como normal e pesado, respectivamente. O teor de material pulverulento (Quadro 12) apresentou índices baixíssimos relacionados ao limite máximo que é 3%. Apesar de ser um material específico da região, o seixo é totalmente adequado para produção de concretos, apresenta boa graduação e muitas propriedades, para utilizá-lo necessita apenas estudá-lo adequadamente.

Nesta pesquisa, foram utilizados dois tipos de aditivo com sua consumação estabelecida pelo fornecedor e dentro dos padrões das normas. Os resultados da sua utilização (Quadro 15) foram satisfatórios. O aditivo aparente ser recente, porém o seu uso é tão antigo quanto o do concreto. Segundo Mehta e Monteiro (1994), em alguns países a maior parte do concreto são produzidos com um ou mais aditivos. É importante salientar que o uso destes aditivos no estudo apresentado foram para aperfeiçoar o concreto, reduzindo futuramente a quantidade de patologias apresentadas. Neville (1997) ressalta em hipótese alguma os aditivos são soluções para falta de qualidade provenientes dos outros ingredientes do concreto, por proporções inadequadas da mistura, despreparação de mão de obra ou de transporte, lançamento e adensamento.

A dosagem de concreto foi realizada de acordo com a concreteira local, sem precisar fazer ajuste ao traço e com parâmetro de 30 MPA. Com um fator água/cimento de 0,55 e o abatimento determinado em 20 com tolerância de ± 3 cm, os resultados atingidos (Quadro 16) estão de acordo com os exigidos pelo engenheiro da concreteira, além do mais resultaram em um concreto com uma boa trabalhabilidade. MEHTA E MONTEIRO (1994) consideram trabalhabilidade como uma propriedade de dois principais componentes, a fluidez e a coesão. Além disso, de acordo com Neville (1997) não há ainda um ensaio totalmente preciso que determine diretamente a trabalhabilidade do concreto. O Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone é um dentre os ensaios que pode indicar indiretamente a trabalhabilidade do concreto.

No Quadro 17 apresentou-se os resultados referentes aos ensaios de resistência à compressão do concreto nas idades de 3, 7, 14 e 28 dias, todos alcançaram a resistência mínima conforme a NBR6118/2014. Pode-se analisar que as resistências alcançaram valores similares, todavia o traço de concreto sem a inclusão do aditivo impermeabilizante por cristalização total demonstrou durante todas as idades, valores acima do traço de concreto com o aditivo. Analisou-se individualmente o aumento das resistências, conforme o Quadro 18. Verificou-se que nas primeiras idades do concreto, a diferença de resistência alcançou até 10,61%, porém ao ganhar mais tempo, essa diferença diminuiu e chegou até 2,90%. É possível argumentar que o aumento de resistência do concreto é uma consequência do principal objetivo do aditivo que é oferecer proteção integral contra a deterioração do concreto, reduzindo a permeabilidade de fluidos e agentes agressores, para oferecer um ganho de durabilidade. De acordo com Huang et al. (2009), frequentemente uma baixa resistência é associada à uma alta porosidade do material. Portanto, a partir do momento em que se reduzir a permeabilidade do concreto, reduz-se a infiltração de agentes agressores, por conseguinte tem-se um material totalmente coeso e mais resistente.

MEHTA e MONTEIRO (2008) afirmam que o concreto é um material, por sua composição, bastante poroso, pois não é possível preencher com a pasta de cimento, todos os vazios provenientes do agregado. Os resultados de absorção de água exibidos no Quadro 21 alegam que o concreto com aditivo impermeabilizante por cristalização total apresentou um índice menor de absorção que o concreto sem este aditivo. Portanto, é possível argumentar que o aditivo cristalizante na presença da água, infiltrou pelos poros existentes e cristalizou-os parcialmente, sendo assim reduzindo a permeabilidade e a absorção de água.

5. CONCLUSÃO

Analisando os resultados e discussões obtidas, pode-se concluir que:

- O concreto é um material compósito, portanto sua estrutura é heterogênea e bastante complexa. É fundamental estudar os materiais que o compõem, pois, propriedades como finura e diâmetro máximo influenciam diretamente o desempenho do concreto.

- Com relação ao agregado miúdo comercializado na região, observou-se que o mesmo foi classificado como fina e não apresentou problemas quanta a trabalhabilidade e nem em consumação adicional de materiais.
- O agregado graúdo utilizado foi o seixo, comumente utilizado nos concretos na região norte. É um agregado que possui dimensões granulométricas altas, podendo ser utilizado em concretos de alta resistência e também reduzir o consumo de cimento. A aplicação do seixo como agregado graúdo é totalmente aceitável e não apresenta implicações no desempenho do concreto.
- Os aditivos utilizados, superplastificante e cristalizante, foram adicionados a mistura, sem fazer qualquer tipo de alteração no traço.
- Dois traços de concreto foram rodados, um deles nomeado como concreto convencional apenas com a aplicação do aditivo superplastificante e o outro nomeado de concreto convencional mais aditivo cristalizante.
- O aditivo cristalizante quando adicionado a dosagem, não interferiu na consistência e na trabalhabilidade do concreto, conforme mostrado no ensaio de abatimento. Portanto, pode ser utilizado para diversas finalidades, sem comprometer fluidez e coesão, e sem prejudicar as etapas de lançamento e adensamento em obra.
- Quanto a resistência à compressão, o concreto com o aditivo cristalizante não apresentou ganhos de resistência comparados ao concreto convencional, nas idades de 3, 7, 14 e 28 dias.
- Com o avanço das idades do concreto, analisou-se que a porcentagem dos ganhos de resistência foram diminuindo. Futuros estudos podem verificar se há um ganho de resistência do concreto com aditivo cristalizante aos 56 dias e aos 112 dias.
- Houve uma menor absorção de água nos concretos em que se aplicou o aditivo cristalizante para a idade de 7 dias.
- Com a menor absorção de água nos concretos com o aditivo cristalizante, pode-se afirmar que dispõem de menor permeabilidade, deste modo apresentarão maior durabilidade e maior vida útil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÍTCIN, P.C. Concreto de Alto Desempenho. São Paulo: Pini, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados – Determinação da composição granulométrica: NBR NM 248. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados para concreto – Especificação: NBR 7211. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 μ m (nº200): NBR 11579. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone: NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos: NBR 5739. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos-de-prova: NBR 5738. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991.

BAUER, LUIZ. ALFREDO FALCÃO. Materiais de construção, 5a Ed., Rio de Janeiro, LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2000.

CAIÇARA. Ensaio de determinação de tempo de pega. Disponível em: <www.engenheirocaicara.com/nbr-nm65/>. Acesso em: 25 de Set.2018.

HELENE, Paulo; Terzian, Paulo. Manual de dosagem e controle do concreto. São

HUANG, B. WU, H. SHU, X. BURDETTE E.G. Laboratory evaluation of permeability and strength of polymer-modified pervious concrete. Elsevier Journal. Construction and Building Materials, 2009.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais – 1ª Ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais – 2ª Ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M., Concreto: Estrutura, Propriedades, Materiais, São Paulo, Pini, 1994.

NBRMN67 (1998) – Determinação da Consistência pelo abatimento do tronco de concreto.

NEVILLE, ADAM. Propriedades do concreto, II Edição, São Paulo, Pini, 1997.

Paulo: PINI, 1992. 349p.