

COMPARAÇÃO DA TRABALHABILIDADE EM CONCRETO FRESCO UTILIZANDO APARELHO DE VICAT E AGULHA DE PROCTOR

COMPARISON O WORKABILITY IN FRESH CONCRETE USING VICAT APPARATUS AND PROCTOR'S NEEDLE

Beatriz Marques Pereira¹

Karla Gabriele Ribeiro²

Vinicius Slompo Pinto³

RESUMO: O concreto é um dos materiais que tem maior utilização na construção civil devido ao seu grande desempenho e sua alta empregabilidade. A trabalhabilidade e a resistência à compressão são características de grande importância que são analisadas antes do concreto ser empregado. O presente trabalho tem como objetivo realizar a comparação da trabalhabilidade do concreto em seu estado fresco por Aparelho de Vicat e Agulha de Proctor, e determinar a resistência à compressão no estado endurecido. Os resultados mostram que o aparelho de Vicat obteve maior funcionalidade para determinar a trabalhabilidade comparada a agulha de Proctor e o ensaio de resistência à compressão não apresentou uma variação expressiva nas resistências dos corpos de prova e foi alcançado uma resistência média satisfatória.

Palavras-chave: Concreto, Trabalhabilidade, Resistência, Agulha de Proctor e Aparelho de Vicat.

ABSTRACT: Concrete is one of the materials that has greater use in the civil construction due to its great performance and its high employability. Workability and compressive strength are very important characteristics that are analyzed before the concrete is used. The present work aims to compare the workability of the concrete in its fresh state by Vicat Apparatus and Proctor's Needle and to determine the compressive strength in the hardened state. The results show that the Vicat apparatus obtained greater functionality to determine the workability compared to Proctor's needle and the compressive strength test did not show an expressive increase in the strengths of the specimens and a satisfactory average resistance was achieved.

Keywords: Concrete, Workability, Resistance, Proctor's Needle and Vicat Apparatus.

1 INTRODUÇÃO

¹ Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: bea.marquees@gmail.com.

² Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: ribeirokarla@hotmail.com.

³ Docente no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: vinicius.slompo.p@gmail.com.

Atualmente, o concreto é o material mais utilizado nas construções civis, classificado como um composto formado a partir da mistura de cimento Portland com agregados graúdos, agregados miúdos e água. O concreto passou a ser mais empregado por três principais motivos: devido à sua alta resistência a água, pois quando enfrenta a ação da água não há altas deteriorações, devido sua consistência plástica no estado fresco, em que é possível obter uma variedade de formas e dimensões para uso em elementos estruturais (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

Neville e Brooks (2013) afirmam que o concreto de qualidade deve ser produzido seguindo dois critérios: deve ser satisfatório em seu estado em seu estado fresco, enquanto é transportado da betoneira até o lançamento das fôrmas sem causar impactos em suas propriedades físicas químicas, e em seu estado endurecido que é possível analisar se a resistência à compressão atende suas especificações. A verificação dos critérios é feita a partir de ensaios em laboratórios com amostra do material e, após concluída, observa-se as deformações e fissuras que são causadas nos moldes.

Uma das características mais verificadas no concreto fresco é a trabalhabilidade, ela pode ser entendida como a determinação da facilidade que o concreto pode ser manuseado sem que ocorra separação dos materiais componentes do concreto. De todas as formas, um concreto que seja difícil de lançar e adensar, aumenta o custo de manipulação e também tem resistência, durabilidade e aparência inadequadas (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

No concreto endurecido, a resistência à compressão é definida como a capacidade do concreto de resistir a tensões sem ruptura. A ruptura pode ser identificada com aparecimento de fissuras. Nos ensaios de compressão, o corpo de prova pode ser considerado rompido mesmo sem ter fissuras aparentes externas, porém contém fissuras internas muito avançadas, sendo incapaz de suportar mais carga (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

O objetivo deste artigo é realizar a comparação do concreto em seu estado fresco visando à determinação de sua trabalhabilidade por aparelho de Vicat e agulha de Proctor, e em seu estado endurecido por meio do ensaio laboratorial de resistência à compressão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Concreto

As principais vantagens da utilização do concreto nas construções tem relação com a alta disponibilidade dos materiais que o compõem na maioria dos países, a versatilidade de poder utilizá-lo nas mais diversas estruturas e a incorporação de novos materiais como aço gerando uma estrutura mista. Cita-se também sua excelente adaptabilidade nos diversos tipos de clima existentes e sua facilidade de manuseio para obtenção de diversas formas (BARRAGÁN, 2002).

2.1.1 Concreto fresco

O concreto fresco é uma combinação de multicomponentes constituída por agregado miúdo, agregado graúdo, água, aditivos e adições químicas e minerais, tais como sílica ativa e superplastificante. Quando a água é adicionada à mistura de sólidos, ela se transforma em mistura de concreto fresco que, com o tempo, enrijece e se torna um material resistente devido às reações de hidratação do cimento (CASTRO E LIBÓRIO, 2006).

Bauer (2013) cita que, tendo em aspecto a qualidade do concreto endurecido, as propriedades do concreto fresco são as que garantem a obtenção de mistura de simples adensamento, transporte e lançamento, sem a ocorrência da segregação dos materiais e que após o endurecimento se apresenta com o mínimo de vazios.

2.1.2 Concreto endurecido

O estado endurecido do concreto é a fase em que o concreto se comporta como sólido, isto é, após o ganho de resistência que se dá pela reação de endurecimento do aglomerante por meio da hidratação do cimento. O estado endurecido se inicia após o término do estado fresco (NEVILLE E BROOKS, 2013).

Mehta e Monteiro (2014) afirmam que o concreto endurecido deve possuir resistência mecânica, porosidade, durabilidade e cura compatíveis com as condições propostas no projeto estrutural e ao ambiente ao qual está inserido.

2.2 Componentes do concreto simples

De acordo com Alves (1980), o concreto é um material de construção, composto de uma mistura homogênea de aglomerantes, agregados, água e podem ter adição de aditivos químicos.

2.2.1 Cimento

Ribeiro et al. (2015), afirma que a qualidade do cimento é avaliada por ensaios definidos pelas Normas Brasileiras, que visam garantir as características especificadas pelos fabricantes. Esses ensaios são influenciados por fatores característicos do concreto que modificam o produto final, citam-se (RIBEIRO et.al.; 2015):

- a) Finura: relação dos tamanhos dos grãos durante o processo de produção;
- b) Tempo de pega: tempo necessário para o enrijecimento da pasta de cimento;
- c) Expansibilidade: fenômeno que pode dar-se após o final de pega, que provoca fissuras no cimento;
- d) Resistência à compressão: expresso pela relação entre carga de ruptura e área de seção transversal de corpos de prova;
- e) Calor de hidratação: calor que resulta das reações de hidratação durante o processo de endurecimento do cimento.

2.2.2 Agregados

Conforme a ABNT NBR 7225 (1993), o agregado é um material que pode ser obtido de forma natural com propriedades adequadas para o uso ou obtido por fragmentação artificial de pedra. O agregado se obter dimensão de 0,075mm a 4,8mm é definido como miúdo e se a dimensão for de 4,8mm a 100mm é considerado graúdo. A norma ainda define os materiais que se enquadram em cada tipo de agregado conforme as tabelas abaixo.

TABELA 1. Agregado miúdo

Agregado miúdo	Dimensões
Pedregulho (fino)	
Pedrisco (grosso, médio e fino)	0,075mm a 4,8mm
Areia (grossa, média e fina)	

Fonte: ABNT NBR 7225 (1993)

TABELA 2. Agregado graúdo

Agregado graúdo	Dimensões
Pedra britada	4,8mm a 100mm

Brita
Pedregulho (grosso e médio)

Fonte: ABNT NBR 7225 (1993)

De acordo com Petrucci (1978), agregado é todo material granular, sem volume e forma determinados, geralmente inerte com características adequadas para a engenharia. Os agregados misturados com os aglomerantes, como o cimento, formam o concreto. Eles desempenham um importante papel nas argamassas e concretos, do ponto de vista econômico e técnico, e exercem influência benéfica sobre algumas características importantes, como: retração e o aumento da resistência ao desgaste.

O conhecimento da massa unitária do agregado é de importância, pois é por meio dela que se fazem as transformações dos traços em massa para volumes e vice-versa, bem como é uma informação importante para o cálculo do material empregado por metro cúbico de concreto (BAUER, 1995).

2.2.3 Água

Isaia (2011) afirma que a água é um componente vital do concreto porque, juntamente com o cimento, produz a matriz resistente que aglutina os agregados e confere a compacidade para dotar às estruturas de durabilidade e vida útil prevista em projeto.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), o papel da água no concreto deve ser visto sob perspectiva adequada, pois é um ingrediente necessário para as reações de hidratação do cimento e atua como agente na mistura dos componentes no concreto, ou seja, a água está presente desde o início da fabricação.

A qualidade da água que é utilizada deve ser analisada, já que suas impurezas podem interferir no tempo de pega do cimento, afetando de forma negativa a resistência do concreto, podendo causar uma futura patologia colocando em risco a integridade de toda a estrutura (NEVILLE E BROOKS, 2013).

2.2.4 Aditivos

Segundo Moraes (2014) existe uma ampla variedade de aditivos disponíveis no mercado, cada um para uma finalidade específica. Os tensoativos envolvem a classe

dos plastificantes e redutores de água, os incorporadores de ar e os aceleradores ou retardadores de pega.

Isaia (2011) classifica os principais aditivos utilizados e suas características como:

- a) Plastificantes e os redutores de água: sem afetar a consistência, permitem uma redução de água na mistura, ou sem afetar a quantidade de água, aumentam consideravelmente o abatimento;
- b) Incorporadores de ar: incorporam microbolhas de ar de forma controlada e uniformemente distribuídas;
- c) Retardadores: estendem o tempo do começo de pega do concreto;
- d) Aceleradores: diminuem a perda de água do concreto através do controle de exsudação;
- e) Impermeabilizantes: diminuem a absorção capilar do concreto endurecido.

2.3 Propriedades do concreto fresco

Segundo Araújo et al. (2000), o concreto é analisado como fresco até o momento em que apresenta início da pega do aglomerante. Após o fim desse processo o material é avaliado como endurecido.

Aitcin (2000), cita que há duas razões para controlar as propriedades do concreto em seu estado fresco para que apresente bom desempenho. A primeira razão é que o concreto deve ser facilmente lançado, e a segunda razão é que se as propriedades do concreto no estado fresco são rigorosamente controladas, possivelmente suas propriedades no estado endurecido estão controladas.

2.3.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é a propriedade do concreto fresco em apresentar sua maior ou menor capacidade para ser empregado com determinada facilidade sem a perda de sua homogeneidade. Ela é caracterizada pela medida da consistência do concreto (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

Giammusso (1992) afirma que a trabalhabilidade é a característica fundamental para que o concreto esteja bem adensado, ou seja, é a adaptação da consistência ao procedimento utilizado para o adensamento e lançamento.

Para a trabalhabilidade do concreto, necessita-se de uma separação e proporção adequada dos materiais e, em casos específicos do uso do concreto,

haverá o emprego de adições minerais e/ou aditivos químicos. Os teores de pasta de argamassa e de agregados precisam ser compatíveis para garantir a trabalhabilidade esperada. Para que isso seja possível, é necessário ter conhecimento das características de cada componente da mistura e de sua adição correta (GEYER E SÁ, 2006).

2.3.1.1 Pega do cimento

O termo pega do cimento é utilizado para descrever o enrijecimento da pasta de cimento, ou seja, se refere à mudança do estado de fluído para rígido (NEVILLE E BROOKS, 2013).

Bauer (2013) cita que os ensaios de tempo de pega do cimento são determinados por meio de uma pasta (cimento e água) que consiste em avaliar a evolução das propriedades mecânicas no início do processo de endurecimento.

Petrucci (1978) afirma que, em alguns cimentos, há um fenômeno chamado de pega falsa, que consiste em dar início a pega a poucos minutos após a adição da água. Nessa falsa pega não há liberação de calor e o concreto pode ser misturado sem a adição de água.

2.3.2 Consistência

A consistência é um dos fatores que mais influenciam na trabalhabilidade do concreto. A consistência está associada com as características essenciais do concreto e está mais relacionada com a mobilidade da massa e a coesão entre seus componentes. O principal fator que influencia na consistência é o teor água/materiais secos (ARAÚJO et al., 2000).

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2014), a consistência do concreto necessita estar de acordo com as dimensões da peça e com a distribuição da armadura no seu interior e os processos de adensamento e lançamentos utilizados.

2.3.3 Relação água/cimento (a/c)

Teixeira (2007) afirma que a adição de água ao concreto deve ser feita de forma cautelosa, pois pode desequilibrar a relação a/c, promovendo um aumento na porosidade, que afeta diretamente em sua resistência mecânica, assim como na durabilidade do material.

Araújo et al. (2000) cita que a resistência de um concreto depende essencialmente do fator água/cimento, isto é, quanto menor for este fator, maior será a resistência do concreto. Porém, evidentemente, necessita-se ter um mínimo de água para reagir com o cimento e dar trabalhabilidade ao concreto.

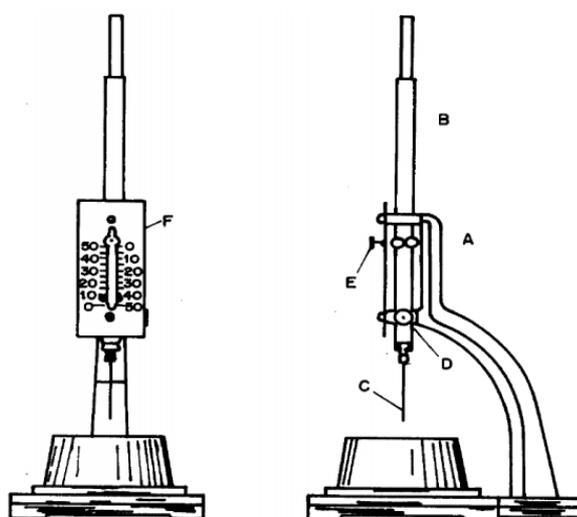
A água tem como propriedade química fornecer ao concreto propriedades reológicas exigidas. O concreto ideal precisa conter apenas água suficiente para adolecer a resistência máxima do cimento, ao mesmo tempo fornecendo as propriedades reológicas necessárias para o seu lançamento (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

2.4 Aparelho de Vicat

O tempo de pega no estado fresco do concreto é medido utilizando o aparelho de Vicat como apresentado na foto 1, composto por um tronco de cone, de altura de 4 cm e diâmetro de 8 cm, e a agulha de 1 mm de diâmetro (PETRUCCI, 1978).

Segundo a ABNT NBR 16607 (2017), o tempo de início de pega é definido desde a adição da água com o cimento até o momento que a agulha de Vicat, aplicada sem colisão, estacionar entre 1 a 4 mm da placa da base. O fim da pega é definido como o tempo decorrido desde a mistura da água até o momento que a agulha aplicada sobre a superfície da pasta não deixa sinais visíveis.

Foto 1. Aparelho de Vicat



Fonte: ABNT NBR 16606 (2017)

2.5 Agulha de Proctor

De acordo com Figueiredo (1997), a agulha de Proctor mede a consistência do concreto fresco e a relação água/cimento da mistura. Assim, determinando as características do material produzido.

Segundo a ABNT NBR 14278 (2012), para a execução dos ensaios devem ser realizados no mínimo 6 (seis) penetrações na superfície do concreto projetado. Cada penetração deve ser lida na escala da haste do equipamento e devidamente registrado. Os resultados das penetrações devem ser expressos em tensão, para obtenção da força de cravação e a área da seção transversal da sonda.

2.6 Métodos para dosagem do concreto

De acordo com Aitcin (2000), o objetivo de qualquer método de dosagem é determinar uma combinação econômica e adequada dos componentes do concreto, com intuito de produzir um concreto que possa adquirir várias propriedades desejadas ao menor custo possível.

Helene e Terzian (1992), citam que o método de dosagem IPT/EPUSP foi desenvolvido para proporcionar concretos convencionais a partir de quaisquer materiais disponíveis. Uma das etapas mais importantes desse método, é a determinação do teor de argamassa seca, pois ela define as características básicas de um concreto. Esse método parte da resistência característica do concreto aos 28 dias (f_{ck}), do diâmetro máximo dos agregados e da consistência do concreto para se obter as proporções adequadas de areia e pedra britada, de cada unidade de cimento, além da obtenção do fator água/cimento.

O método IPT/EPUSP, de acordo com Helene e Terzian (2002), diz que a melhor proporção entre os agregados disponíveis é aquela que consome uma menor quantidade de água para a obtenção de um abatimento desejado. Assim, com a trabalhabilidade almejada ideal, obtêm-se diferentes teores de argamassa e relações água/cimento.

2.6.1 Resistência da dosagem

De acordo com ABNT NBR 12655 (2015), a resistência aplicada como referência para dosagem é a resistência média aos 28 dias, obtida em corpos de prova cilíndricos padronizados.

Segundo Ribeiro et al. (2015), após obtido o resultado da resistência de dosagem, deve-se adotar um dos métodos de dosagem experimental para definição

das proporções adequadas de cimento, areia, brita e água que irão compor o concreto e realizar, se necessário, os ajustes para a obtenção de um concreto resistente, econômico e durável.

2.6.2 Resistência à compressão

De acordo com Andolfato (2002), a resistência à compressão simples é a propriedade mais importante de um concreto. Ela é verificada através de corpos de prova moldados e preparados segundo a ABNT NBR 5738 (2016), e ensaiados de acordo com a ABNT NBR 5739 (2015). O corpo de prova brasileiro é o cilíndrico, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, e a idade para o ensaio é de 28 dias.

A resistência do concreto é a propriedade mais valorizada pelos projetista e engenheiros de controle de qualidade. Com os ensaios de resistência à compressão, é possível determinar várias propriedades do concreto, como: módulo de elasticidade, estanqueidade ou impermeabilidade e resistência a intempéries (MEHTA E MONTEIRO, 2008).

A resistência à compressão consiste em um valor mínimo de 20 MPa para concretos apenas com armaduras passiva (armado) e 25 MPa para concretos com armadura ativa (protendido). O valor de 15 MPa pode ser usado somente em concreto magro e em obras provisórias (HELENE E ANDRADE, 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local

Os procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório de Construção Civil do Centro Universitário UNIFAFIBE, localizado no município de Bebedouro/SP.

3.2 Desenvolvimento

Os materiais empregados para elaboração dos corpos de prova utilizados para realização dos testes por meio do aparelho de Vicat, de acordo com a ABNT NBR 16607 (2017) e agulha de Proctor, de acordo com ABNT NBR 14278 (2012), seguiram as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas, sendo esses materiais: cimento Portland CP II-Z-32 produzido pela Itaú; areia média natural, pedrisco e água.

3.2.1 Determinação do traço de concreto

O traço utilizado nas dosagens dos concretos foi determinado pela equação (1):

$$C \left(\frac{c}{\gamma_c} + \frac{A_{gm}}{\gamma_{ag,m}} + \frac{A_{gg}}{\gamma_{ag,g}} + a/c \right) = 1000 \quad (1)$$

em que:

- C : consumo de cimento (kg/m^3);
- γ_c : massa específica do cimento (kg);
- $\gamma_{ag,m}$: massa específica do agregado miúdo (kg);
- $\gamma_{ag,g}$: massa específica do agregado graúdo (kg);
- a/c : relação água/cimento.

Para determinar a quantidade total dos agregados, foram utilizados $500 \text{ kg}/\text{m}^3$ de cimento e relação de água/cimento de 0,45, logo:

$$500 \left(\frac{1}{3,15} + \frac{A_{gm}}{2,65} + \frac{A_{gg}}{2,65} + 0,45 \right) = 1000 \rightarrow A_{gm}A_{gg} = 3,53 \quad (2)$$

Em seguida, a quantidade individual de agregado miúdo e agregado graúdo foram estabelecidas, sendo areia 45% e a brita 55%. Desta forma, por meio dos dados, o traço utilizado será 1: 1,6: 2: 0,45.

3.2.2 Preparação e produção dos corpos de prova

Segundo a ABNT NBR 12655 (2015), para a realização dos testes devem ser moldados no mínimo 6 (seis) exemplares de corpos de prova, para o concreto de grupo I (classe até C50) ambos com diâmetro de 10 (dez) cm e comprimento de 20 (vinte) cm.

Ainda segundo esta norma, antes de proceder a moldagem, os moldes e as bases devem ser revestidos com uma fina camada de óleo mineral. As superfícies dos apoios dos moldes devem ser horizontais, rígidas e livres de vibrações e qualquer outra atividade que atrapalhe sua formação e propriedades do concreto. Ao introduzir o concreto nos corpos de prova, o mesmo deve ser distribuído simetricamente, com auxílio de uma haste em movimentos circulares, para nivelar o concreto antes do início de adensamento.

3.3 Execução dos ensaios

Os ensaios foram executados com intuito de realizar uma análise comparativa da trabalhabilidade do concreto no seu estado fresco nos aparelhos de agulha de Vicat e agulha de Proctor e no estado endurecido para a resistência à compressão.

3.3.1 Ensaio agulha de Vicat

A agulha de Vicat, mostrada na foto 2, tem como função medir o início e fim de pega de uma pasta padrão de cimento.

De acordo com a ABNT NBR 16607 (2017), a agulha de Vicat necessita estar zerada para poder receber a pasta de cimento. Quando o ensaio é iniciado, é necessário que seja anotado o horário em que se deu contato da pasta com a água. Logo em seguida, deve-se encher a forma de tronco-cônico e armazenar o molde em uma câmara úmida, dando um tempo mínimo de 30 (trinta) minutos para sobrepor ao aparelho de Vicat. Após retirado da câmara úmida, o teste de início de pega é realizado a cada 15 (quinze) minutos na amostra durante o período de 45 (quarenta e cinco) minutos. Quando definido o início de pega, realiza-se as leituras a cada 30 (trinta) minutos.

Para determinação do fim de pega, deve ser feita a substituição da agulha de Vicat para a agulha de fim de pega. Com seu formato anular, facilita-se a observação de pequenas penetrações na pasta de cimento. Modificada a agulha, inverte-se o molde de maneira que a parte contrária da amostra possa ser realizado o ensaio. Feito isso, são obtidas as medidas do fim de pega semelhante ao início de pega.

Foto 2. Aparelho de Vicat



Fonte: Autorial Própria

3.3.2 Ensaio agulha de Proctor

Para a determinação da consistência do concreto, de acordo com a norma ABNT NBR 14278 (2012), é utilizada uma aparelhagem que é denominada agulha de Proctor (Foto 3), que é composta por uma sonda cilíndrica de 9,05 mm de diâmetro, que mede a trabalhabilidade oferecida pelo concreto. A norma afirma que deve ser feito a média no mínimo 6 (seis) penetrações na superfície do concreto projetado.

O tempo de intervalo para a realização das penetrações da agulha de Proctor no concreto foi de 10 (dez) minutos respeitando as distâncias de 10 (dez) cm de acordo com a norma citada.

Executadas as penetrações, é verificado o índice que corresponde a consistência do concreto

Foto 3. Agulha de Proctor



Fonte: Autoria Própria

3.3.3 Ensaio de resistência à compressão

Inicialmente, o corpo de prova (CP) é moldado e armazenado em câmara úmida. Após 28 (vinte e oito) dias o CP é retirado da câmara e nele é feito o teste de resistência à compressão na prensa pneumática (foto 4) conforme as orientações da ABNT NBR 5739 (2015). A prensa exerce uma força gradual de compressão sobre o CP até o mesmo romper. A força aplicada é dividida pela área do topo do corpo de prova em centímetros quadrados conforme a equação (3):

$$f_c = \frac{4F}{\pi.D^2} \quad (3)$$

em que:

- f_c : Resistência à compressão (MPa);
- F : Força máxima alcançada (N);
- D : Diâmetro da amostra (mm).

Foto 4. Prensa Pneumática



Fonte: Autoria Própria

3.4 Controle estatístico para amostra parcial

Para determinar esse controle, é necessário retirar alguns exemplares de moldes de corpos de prova, sendo no mínimo 6 exemplares de concreto, e realizar os cálculos para determinação do f_{ckest} de acordo com a equação 4.

$$f_{ckest} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + f_{m-1}}{m-1} - f_m \quad (4)$$

em que:

- f_1, f_2, f_m : Valores da resistência dos exemplares (MPa);
- m : Número dos corpos de prova dividido por 2 (N/2).

4 RESULTADOS

4.1 Ensaio de Vicat

4.1.1 Início de pega da pasta de cimento

A tabela 4 apresenta os dados para a determinação da pasta de consistência normal do cimento de acordo com o traço (1:0,45).

TABELA 4. Dados para a determinação da pasta consistência do cimento

Amostra (g)	Cimento (tipo)	Água na pasta (ml)
500 g	CP II Z - 32	225

Fonte: Autoria Própria

A tabela 5 apresenta a quantidade de penetrações, o horário e o resultado das penetrações do início de pega da pasta de cimento.

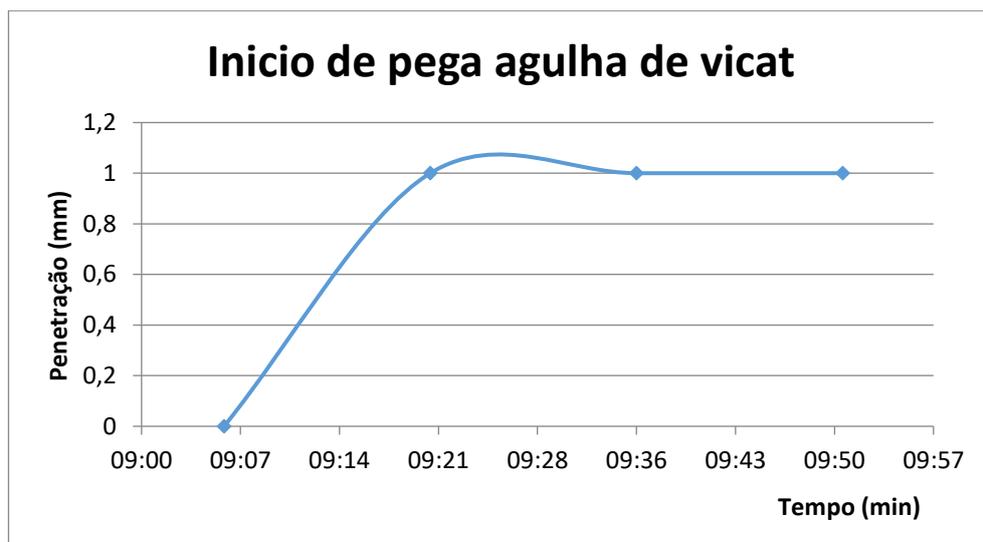
TABELA 5. Penetração da agulha de Vicat para início de pega

Penetração	Horário	Dist. Agulha da base de vidro (mm)
1º	09:06	0
2º	09:21	1
3º	09:36	1
4º	09:51	1

Fonte: Autoria Própria

O gráfico 1 demonstra a variação da consistência do início de pega da pasta de cimento.

GRÁFICO 1. Consistência do início de pega obtida pela agulha de Vicat.



Fonte: Autoria Própria

4.1.2 Fim de pega da pasta de cimento

A tabela 6 apresenta os resultados que foram determinados após a troca da agulha de início de pega para a agulha de fim de pega.

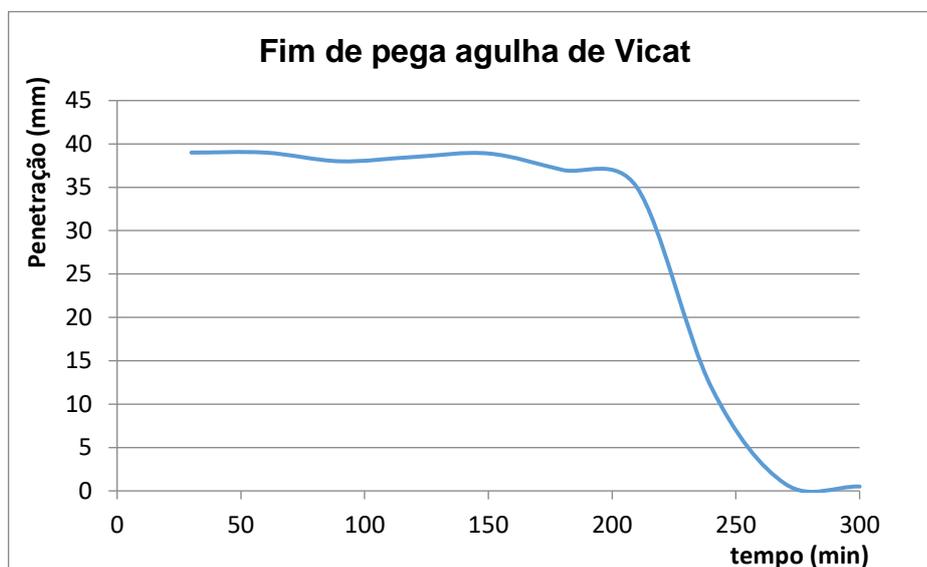
TABELA 6. Penetração da agulha de Vicat para fim de pega

Penetração	Horário (h)	Quanto a agulha penetrou (mm)	Quanto a agulha ficou da base de vidro (mm).
1º	10:06	39	1
2º	10:36	39	1
3º	11:06	38	2
4º	11:06	38,5	2,5
5º	12:06	38,9	29
6º	12:36	37	3
7º	13:06	35	5
8º	13:36	12	28
9º	14:06	0,8	33
10º	14:36	0,5	38

Fonte: Autoria Própria

O gráfico 2 apresenta a variação da penetração durante o ensaio do fim de pega da pasta.

GRÁFICO 2. Consistência do fim de pega obtida pela agulha de Vicat.



Fonte: Autoria Própria

4.2 Agulha de Proctor

A tabela 7 consta os resultados das penetrações e tensões utilizando a agulha de Proctor.

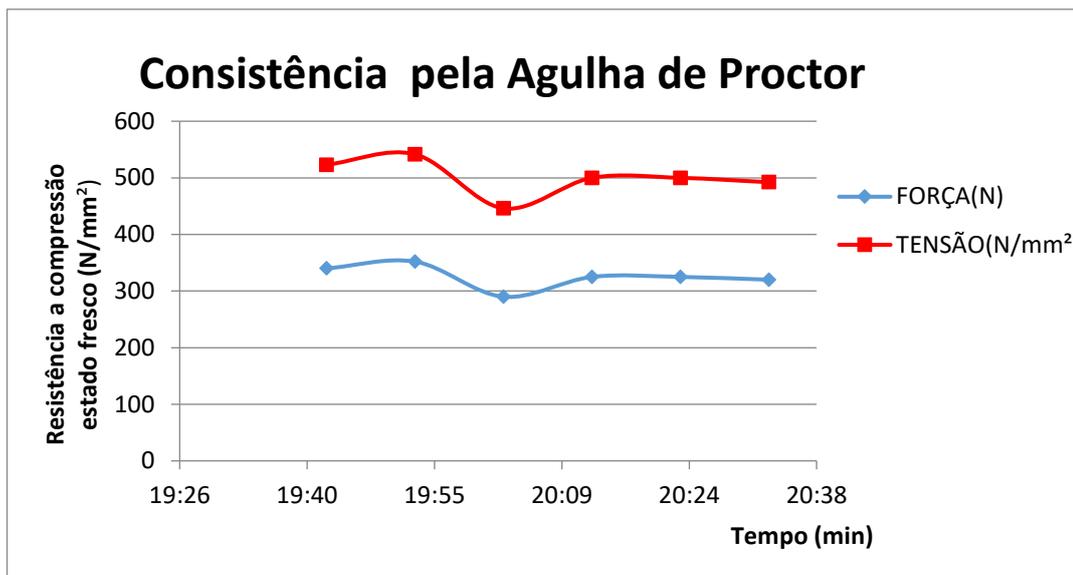
TABELA 7. Penetração da agulha de Proctor

Horário	Força (N)	Tensão (N/mm ²)
19:43	340	523,08
19:53	352	541,54
20:03	290	446,15
20:13	325	500,00
20:23	325	500,00
20:33	320	492,31

Fonte: Autoria Própria

O gráfico 3 apresenta a variação das tensões resultantes das penetrações.

GRÁFICO 3. Consistência pela agulha de Proctor.



Fonte: Autoria Própria

4.3 Ensaio de resistência à compressão

O resultado médio da resistência a compressão em cada corpo de prova é apresentado pela tabela 8.

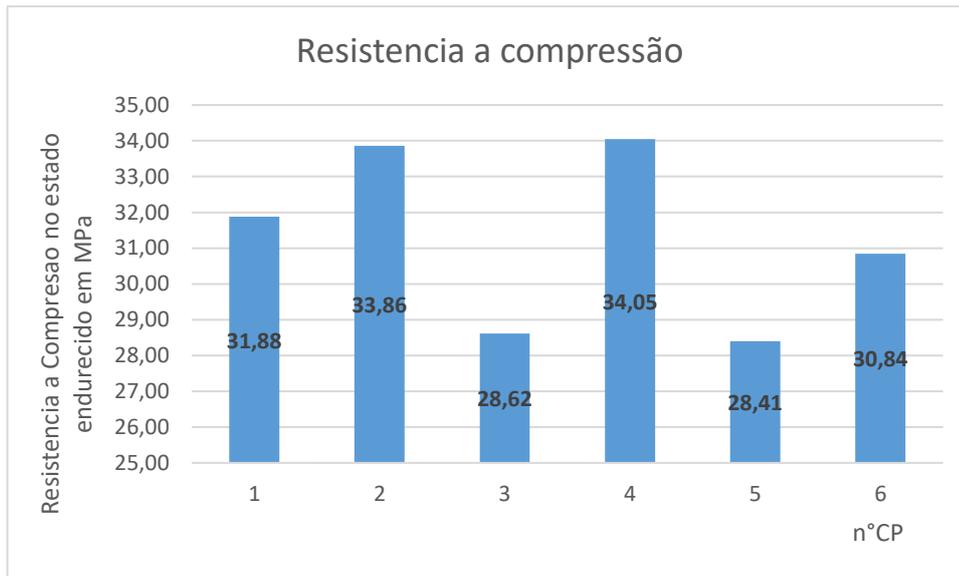
TABELA 8. Resistencia à compressão

Nº cp teste	d (cm)	h (cm)	h/d	Força em ton f	Fator x força	Força (Kgf)	Força (N)	Resist(Mpa)
1	10	19,96	1,996	25,52	25,52	25520	250367,8995	31,88
2	10	19,98	1,998	27,11	27,11	27110	265966,84	33,86
3	10	19,99	1,999	22,91	22,91	22910	224762,0916	28,62
4	10	19,99	1,999	27,26	27,26	27260	267438,4381	34,05
5	10	20	2	22,74	22,74	22740	223094,2804	28,41
6	10	19,98	1,998	24,69	24,69	24690	242225,0564	30,84

Fonte: Autoria Própria

O gráfico 4 apresenta medições das resistências obtidas pelo ensaio de resistência a compressão.

GRÁFICO 4. Resistência à compressão simples



Fonte: Autoria Própria

5 DISCUSSÕES

No ensaio de determinação de início de pega utilizando o aparelho de Vicat, pode ser visto, através das tabelas, que o resultado obtido pela amostra demonstra que a pasta de cimento em seu estado fresco está em condições de ser trabalhada dentro do período de 45 (quarenta e cinco) minutos, respeitando os limites da ABNT NBR 16607 (2017). Esse período de tempo possibilita que exista um maior controle do uso do concreto, permitindo o transporte, lançamento e adensamento do concreto.

Para o fim de pega foi possível observar que, ao decorrer do ensaio, a agulha foi penetrando menos devido a perda da homogeneidade, da consistência e do endurecimento do cimento chegando a cerca de 4h30min para o fim de pega, quando a agulha penetrou 0,05 mm da pasta de cimento conforme as orientações da ABNT NBR 16607 (2017) analisadas.

A realização do ensaio com o aparelho de Proctor foi iniciado logo após o despejo do concreto batido em betoneira de traço 1: 1,6: 2: 0,45 conforme exigido pela ABNT NBR 14278 (2012). O ensaio visa determinar a consistência no estado fresco do concreto, porém, não há limites definidos na norma para a obtenção desse parâmetro, portanto, recomendam-se maiores especificações para esse ensaio.

O teste da resistência à compressão na idade de 28 dias mostrou pouca variação nas medições realizadas nos corpos de prova cilíndricos, seguindo as

recomendações da ABNT NBR 5739 (2007) e foi obtida uma resistência média de 31,36 MPa com um desvio padrão de 2,26 MPa e um f_{ckest} de 26,14 MPa.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de agulha de Vicat e aparelho de Proctor, foi possível determinar que, para este estudo de caso, a agulha de Vicat teve maior funcionalidade para estabelecer definições de trabalhabilidade da utilização do concreto que foi produzido. Identificou-se, por meio do ensaio de resistência à compressão, que não houve uma variação expressiva nas resistências dos exemplares e foi alcançado uma resistência média satisfatória comparada ao f_{ck} do cimento que foi analisado.

Como sugestão para futuros trabalhos utilizando o aparelho de Proctor, deverá ser buscado maiores especificações para determinação da consistência do concreto devido a norma ser desprovida de informações que auxiliam na obtenção de resultados do ensaio e buscaremos recomendações da revisão da norma para melhores resultados.

REFERÊNCIAS

AITCIN, P. C. **Concreto de Alto Desempenho**, tradução de Geraldo G. Serra – São Paulo – Editora Pini, 2000.

ALVES, D. A. **Materiais de Construção**. Vol. 1. 5ª Edição. 1980. Editora: Livraria Nobel.

ANDOLFATO, R. P. **Controle tecnológico básico do concreto**. Ilha Solteira: UNESP/NEPAE, 2002.

ARAÚJO, R. C. P.; RODRIGUES, L. H. V.; FREITAS, E. G. A. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5738: **Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5739: **Concreto – Procedimento para moldagem e cura do corpo de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7225: **Materiais de pedra e agregados naturais**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 12665: **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 14278: **Concreto projetado – Determinação da consistência através da agulha de Proctor**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 16606: **Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 16607: **Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega**. Rio de Janeiro, 2017.

BARRAGÁN, B.E. **Falha e tenacidade do concreto reforçado com fibras de aço sob tensão e cisalhamento**. Tese (Doutorado) - Universidade Politécnica de Catalunya, Barcelona, Espanha, 2002.

BAUER, L.A.F. **Materiais de Construção**. 5.ed revisada. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 471 p. v. 1.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. São Paulo: Livraria Técnicos e Científicos Editora S/A, 1995.

CASTRO, A. L. de; LIBÓRIO, J. L. **A influência dos agregados sobre o componente do concreto de alto desempenho no estado fresco**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 48., 2006, Rio de Janeiro.

FIGUEIREDO, A. D. **Parâmetros de concreto e dosagem do concreto projetado com fibras de aço**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

GEYER, A. L. B.; SÁ, R. R. **Importância do concreto de qualidade do concreto no estado fresco**. Informativo técnico Realmix. Goiânia, 2006.

GIAMMUSSO, S. **Manual do Concreto**. São Paulo. PINI, 1992.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Ed. G. C. Isaia - São Paulo: IBRACON, 2007

HELENE, P., TERZIAN, P. **Materiais de Construção II - Tecnologia da Argamassa e do Concreto: Método IPT de Dosagem**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2002.

HELENE, P., TERZIAN, P., **“Manual de dosagem e controle do concreto”**. Ed. Pini, São Paulo, 1992.

ISAIA, G.C. **A água no concreto**. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

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

MEHTA, P K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e materiais**. Editora Pini. São Paulo, 1994.

MEHTA, K.; MONTEIRO, P. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk, 2014. v. 02.

MORAES, J. S. de L. J. **Aditivos para concreto**. Artigo (Graduação). Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Tradução Ruy Alberto Cremonini. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 5. ed. rev. Porto Alegre: Ed. Globo, 1978.

RIBEIRO, C. C; PINTO, J. D. S.; SRTALING, Tadeu. **Materiais de Construção civil**. 4.ed. Belo Horizonte, Editoria UFMG, 2015.

TEIXEIRA, R. B. **Análise da perda de resistência à compressão do concreto com adição de água para correção da perda de abatimento ao longo do tempo**. Revista de iniciação científica, v. 5, n. 1, 2007.