

JOÃO PAULO SOARES PEREIRA

RENATO PEREIRA DA SILVA

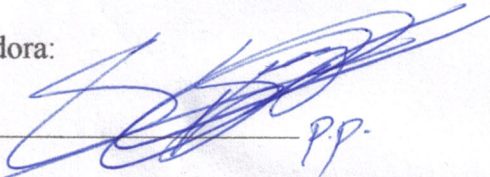
RODOLPHO ROCHA DE LIMA GALVÃO

**O uso do penetrômetro de bolso como ferramenta
para estabelecer o tempo de pega do concreto com
materiais da região de Goiânia**

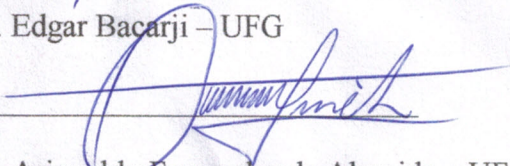
Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação
em Engenharia Civil ou Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de
Goiás.

Aprovado em: 30 / 07 / 2018.

Banca Examinadora:


Prof. Dr. André Luiz Bortolacci Geyer – UFG (Orientador)


Prof. Dr. Edgar Bacarji – UFG


Prof. Dr. Ariovaldo Fernandes de Almeida – UFG

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Prof. Dr. André Luiz Bortolacci Geyer (orientador)

Em: 17 / 07 / 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL E SANITÁRIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**O uso do penetrômetro de bolso como ferramenta
para estabelecer o tempo de pega do concreto com
materiais da região de Goiânia**

**JOÃO PAULO SOARES PEREIRA
RENATO PEREIRA DA SILVA
RODOLPHO ROCHA DE LIMA GALVÃO**

Goiânia
2018

JOÃO PAULO SOARES PEREIRA
RENATO PEREIRA DA SILVA
RODOLPHO ROCHA DE LIMA GALVÃO

**O uso do penetrômetro de bolso como ferramenta
para estabelecer o tempo de pega do concreto com
materiais da região de Goiânia**

Projeto de Pesquisa apresentado na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Bortolacci Geyer.

Goiânia
2018

RESUMO

Este trabalho foi idealizado na busca de se mostrar a viabilidade de uso do penetrômetro de bolso como ferramenta de controle do tempo para utilização do concreto em obras. Os materiais escolhidos para a produção do concreto foram os de maior uso na região de Goiânia. Foram realizados ensaios de tempos de pega do cimento pelo ensaio de Vicat, e do concreto com o uso do próprio penetrômetro de bolso. Foi feito o teste de abatimento de tronco cone de concreto para confirmar essa viabilidade, foram realizados ensaios de resistência do concreto à compressão axial em corpos de prova que foram moldados em diferentes tempos da produção da argamassa de concreto: no instante em que o concreto foi preparado, no instante em que houve o início de pega do cimento pelo ensaio de Vicat, no instante em que houve o fim de pega do cimento pelo ensaio de Vicat e no instante em que houve o início de pega do concreto pelo penetrômetro de bolso. Analisando a partir daí, pelo ensaio de resistência à compressão axial, os valores obtidos para cada molde de corpo de prova, foi possível verificar se houveram mudanças significativas nos valores dessas resistências em MPa. Os resultados apontaram para a viabilidade do uso do aparelho, tendo em vista que foram alcançados os valores de f_{ck} esperados, com pequenas variações entre os corpos de prova rompidos aos 7 dias e também aos 28 dias.

Palavras-chave: Penetrômetro. Tempo. Pega. Concreto. Cimento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1– Agulha de Meynadier	18
Figura 2.2– Agulha de Proctor.....	18
Figura 2.3– Penetrômetros Para concreto ASTM C780	19
Figura 3.1 – Cimento CP II-Z 32.....	22
Figura 3.2 – Brita tipo 0.....	23
Figura 3.3 – Areia média.....	23
Figura 3.4 – Início de pega pelo aparelho de Vicat.....	25
Figura 3.5 – Fim de pega pelo aparelho de Vicat.....	26
Figura 3.6 – Betoneira do Laboratório de Materiais de Construção da UFG.....	28
Figura 3.7 – Abatimento do concreto.....	29
Figura 3.8 – Aplicação do penetrômetro de bolso.....	30
Figura 3.9 – Corpos de prova na mesa vibratória.....	31
Figura 3.10 – Corpos de prova identificados.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Tipos de Cimento Portland	13
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Tentativas para pasta de consistência normal.....	24
Tabela 3.2 – Início de pega Vicat.....	24
Tabela 3.3 – Tempo de fim de pega de Vicat.....	27
Tabela 3.4 – Quantitativo dos materiais para produção do concreto.....	27
Tabela 3.5 – Leituras com o penetrômetro de bolso.....	30
Tabela 3.6 – Ensaio de compressão (7 dias).....	33
Tabela 3.7 – Ensaio de compressão (28 dias).....	34
Tabela 4.1 – Variações percentuais aos 7 dias.....	35
Tabela 4.2 – Variações percentuais aos 28 dias.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Resistências do concreto aos 7 dias.	35
Gráfico 4.2 – Resistências do concreto aos 28 dias.	36
Gráfico 4.3 – Leituras do penetrômetro de bolso.	37

Sumário

CAPÍTULO 1

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	JUSTIFICATIVA	10
1.2	OBJETIVOS	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1	ELEMENTOS CONSTITUINTES DO CONCRETO.....	11
2.1.1	Concreto.....	11
2.1.2	Cimento	12
2.1.3	Agregados	13
2.1.4	Água.....	14
2.1.5	Aditivos	15
2.2	PEGA	15
2.2.1	Tempo de pega	16
2.2.2	Consistência da pasta normal.....	17
2.2.3	Agulha de Meynadier	17
2.2.4	Agulha de Proctor	18
2.2.5	Penetrômetro para concreto ASTM C780	19
2.3	TRABALHABILIDADE	19
3	METODOLOGIA.....	21
3.1	MATERIAIS	21
3.2	MÉTODOS	23
3.2.1	Determinação da pasta de consistência normal.....	23

3.2.2	Tempos de pega do cimento – Ensaio de Vicat	24
3.2.3	Teste de abatimento do tronco de cone de concreto	27
3.2.4	Tempo de Pega do Concreto	29
3.2.5	Ensaio de resistência à compressão axial	31
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	35
5	CONCLUSÕES.....	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

O cimento, por estar presente em várias etapas construtivas da construção civil, é um dos materiais mais utilizados, ficando atrás somente da água. Isso ocorre devido as quatro principais propriedades desse material: resistência a água, plasticidade no estado fresco, baixo custo e disponibilidade.

Visando ter uma segurança em relação a qualidade das estruturas de concreto, como o acabamento, a durabilidade, segurança e resistência, é necessário que se faça o recebimento e manuseio correto do material tanto quando é entregue pelas concreteiras, quanto quando é produzido em campo. Ensaios para a determinação do tempo de pega são feitos em relação à pasta de cimento, mesmo se sabendo que existem alterações quando se trata do concreto em si. Por isso, fazer uso de tecnologias móveis, é de fato, uma forma inteligente e inovadora, já que essas ferramentas melhoram o acompanhamento das obras devido à informação instantânea obtida, aumentando assim a qualidade e produtividade sobre todo o processo construtivo.

É importante saber a diferença entre a diminuição da trabalhabilidade e o fim do tempo de pega do concreto, pois não necessariamente um concreto que teve sua trabalhabilidade reduzida, não é mais utilizável. Para que não haja desperdício do material em obra, ter essa informação com um fácil acesso é essencial. Mesmo sendo necessário a utilização de uma maior energia para se manusear e adensar o concreto próximo ao tempo de fim de pega, a economia em relação a um novo pedido do material deve ser levada em conta.

Dessa forma é de vital importância possuir um conhecimento técnico normativo, para que estas ferramentas sejam usadas corretamente tanto em obras pequenas, quanto nas de grande porte. Por isso nesse trabalho, foram feitas correlações de dados entre o penetrômetro de bolso como instrumento de uso em campo e o ensaio de Vicat, que é o mais comum utilizado em laboratório para se estimar esse tempo de pega, logo, o tempo de seu manuseio sem perdas na sua resistência final.

Portanto, foram realizados ensaios na cidade de Goiânia, estado de Goiás, para que seja possível fazer uma correlação entre o tempo de pega de cimento e o tempo de pega do concreto, preparados com o mesmo tipo de cimento. Foi utilizado o Cimento Portland CII-Z

32 (mais usado nas concreteiras da região) e para a medição dos tempos de pega, foram realizados dois ensaios: ensaio de Vicat, para o cimento, e o uso do penetrômetro de bolso, para concreto.

1.1 JUSTIFICATIVA

É importante possuir informações sobre o tempo de início de pega do cimento e, conseqüentemente, do concreto, a fim conhecer o tempo disponível para manuseio desse material, compreendendo desde a mistura de seus componentes até a aplicação e adensamento do mesmo. Vale ressaltar que o tempo de pega do concreto possui variações devido a dois fatores: temperatura e presença de agregados.

Em obras, é comum que haja o desperdício do concreto devido ao seu difícil manuseio após o início do tempo de pega, o que não significa que o concreto não é mais trabalhável.

Assim, é de suma importância que seja demonstrado o quão difere o tempo de pega nos dois métodos que serão utilizados, seja por penetrômetro de bolso, seja pelo método da agulha Vicat, para que se mostre viável ou não o uso dessa ferramenta móvel em campo.

De acordo com MEHTA E MONTEIRO (2008),

“Qualquer estudo de dosagem dos concretos tem fundamentos científicos e tecnológicos fortes, mas sempre envolve uma parte experimental em laboratório e/ou campo, o que faz com que certos pesquisadores e profissionais considerem a dosagem do concreto mais como uma arte do que uma ciência”.

1.2 OBJETIVOS

Os principais objetivos deste trabalho são:

- Comparar os dados obtidos no uso do penetrômetro, com os dados do ensaio de Vicat.
- Analisar se há alguma relação entre os dados obtidos nos dois ensaios.
- Avaliar a aplicação do ensaio de Penetrômetro de Bolso (ASTM C 780) como ferramenta para medir o início da pega em concreto e com isto contribuir para determinação do tempo máximo de manuseio possível numa obra.
- Observar as variações de resistência à compressão axial do concreto quando moldado em tempos diferentes.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item será apresentada uma abordagem da literatura a respeito dos elementos para composição do concreto em si, além dos ensaios e equipamentos, exigidos por norma, necessários para a obtenção dos dados para a coleta de dados para o trabalho.

2.1 ELEMENTOS CONSTITUINTES DO CONCRETO

2.1.1 Concreto

“O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento”, definição feita por Inês Battagin, superintendente do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados-18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Pode-se dizer que o concreto é uma pedra artificial moldada de acordo com a necessidade construtiva do ser humano, pois é um material que depois de endurecido, tem resistência parecida às rochas e, no estado fresco tem sua modelagem em formas e tamanhos variados.

Portanto, as duas propriedades do concreto que o destacam como material construtivo mais utilizado atualmente são: sua resistência à água (sofre menor deterioração quando exposto à água em comparação com outros materiais), e sua plasticidade (que torna possível a construção de formas diferenciadas). Outra vantagem é devido ao fato dos elementos constituintes do concreto possuírem uma disponibilidade abundante na natureza.

Uma característica importante a se mencionar sobre o concreto é o f_{ck} , segundo a norma NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto ele representa a resistência característica à compressão do concreto aos 28 dias de idade.

2.1.2 Cimento

De acordo com NEVILLE (1997), cimento é um “material aglomerante usado em construção, constituído de substâncias calcárias e argilosas pulverizadas e calcinadas, ligadas com água para formar uma pasta mole que se solidifica ao secar.” Ele pode ser definido também como sendo um aglomerante ativo e hidráulico, pois é o material ligante que promove a união dos grãos dos agregados e necessita de um elemento externo para iniciar sua reação, que é a água.

Existem dois tipos de cimento. Os cimentos não hidráulicos, que não precisam da água para ativar suas reações e que após atingirem o estado enrijecido, se dissolvem ao contato direto com a água. E os cimentos utilizados na produção do concreto, que em ambiente aquoso, reagem e se solidificam tornando-se resistentes à água, chamados de cimento hidráulico. Este último é o cimento Portland, o mais utilizado na construção civil.

No Brasil, existem cerca de cinco tipos básicos de cimento portland e três especiais. Todos são indicados para o uso na construção civil, porém há diferenças entre eles, como mostrado no Quadro 2.1. “Conhecer bem as características e propriedades, ligadas a cada tipo, ajuda a aproveitá-las da melhor forma possível na aplicação que se tem em vista”, afirma Arnaldo Forti Battagin, gerente do laboratório da Associação Brasileira do Cimento Portland (ABCP).

O cimento é composto principalmente do material clínquer (uma mistura de calcário, argila e componentes químicos) e se diferencia de acordo com a adição de outros materiais, como: gesso, que aumenta o tempo de pega; escória, que aumenta a durabilidade na presença de sulfato, mas, quando em grandes quantidades, pode diminuir a resistência; argila pozolânica, que confere maior impermeabilidade ao concreto; e o próprio calcário, que, muitas vezes, é utilizado em maior quantidade para reduzir o custo do cimento.

Quadro 2.1 – Tipos de Cimento Portland.

Tipo de Cimento	Adições	Sigla	Norma
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana ou filer (até 5%)	CP I-S 32 CP I-S 40	5732
Cimento Portland Composto	Escória (6-34%)	CP II-E 32 CP II-E 40	11578
	Pozolana (6-14%)	CP II-Z 32	
	Filer (6-10%)	CP II-F 32 CP II-F 40	
Cimento Portland de Alto-Forno	Escória (35-70%)	CP III 32 CP III 40	5735
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV 32	5736
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Materiais carbonáticos (até 5%)	CP V-ARI	5733
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos	Estes cimentos são designados pela sigla RS. Ex.: CP III-40 RS, CP V-ARI RS		5737

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

Disponível em: <http://www.fazfacil.com.br/wp-content/uploads/2012/08/tipos-cimento.gif>

2.1.3 Agregados

A NBR 9935 define agregado como o material granular pétreo, sem forma ou volume definido, a maioria das vezes quimicamente inerte, obtido por fragmentação natural ou artificial. Os agregados são produzidos a partir de quebras de material rochoso ou da exploração material particulado natural como areia, seixo rolado ou pedregulho.

Existem, contudo, outras características do agregado além da resistência, tais como o tamanho, forma e textura da superfície, granulometria (distribuição granulométrica e mineralógica), que reconhecidamente influem na resistência do concreto em vários níveis. (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

Os agregados têm sua importante participação na produção de concretos e argamassas. Em conjunto com um material aglomerante (cimento mais água), se transformam em uma rocha artificial e passam a apresentar diversos usos dentro da engenharia. Em geral, devem ser formados por partículas duras e resistentes, sem que haja a presença de produtos prejudiciais a argamassa, tais como: argila, mica, silte, saís, matéria orgânica, entre outros.

A composição granulométrica dos agregados é determinada em ensaios padronizados de peneiração. As curvas granulométricas devem ficar dentro de certos limites definidos normativamente para que, ao serem misturados, possuam um alto grau de entrosamento, resultando em uma mistura homogênea com volumes mínimos de espaços vazios entre as partículas. Isso impacta principalmente na economia da pasta de cimento, que é o material de maior valor na produção do concreto.

2.1.3.1 Agregados miúdos

Agregados miúdos, ou areias, são divididas de acordo com o seu módulo de finura. Segundo a NBR 7211, são os agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm.

2.1.3.2 Agregados graúdos

Agregados graúdos mais conhecidos como britas, são fragmentos de rochas, como granito, gnaiss, calcário e basalto por exemplo, que ao serem detonadas e trituradas, num processo conhecido como britagem, e passarem por peneiramento, tem sua utilização por diversas partes da engenharia.

Segundo a Norma NBR 7211 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os diferentes tipos de brita são classificados de acordo com a sua granulometria.

2.1.4 Água

Na produção do concreto a água é responsável pelas reações de hidratação do cimento, onde chega a cerca de 20% de seu volume, como também participa no processo da cura (CONCRETO E CONSTRUÇÕES, 2010). Tem presença imprescindível na mistura do concreto, pois é necessária para a obtenção do teor necessário de trabalhabilidade para o manuseio do concreto nas suas diversas aplicações. E principalmente devido a interação nas reações de hidratação do concreto.

Impurezas podem influenciar na resistência do concreto, no tempo de pega, ser causa de manifestações patológicas como eflorescência, corrosão das armaduras e ataque à microestrutura do concreto (CONCRETO E CONSTRUÇÕES, 2010). Se estabeleceu uma norma brasileira, a ABNT NBR 15900: 2009, que é composta de 11 partes que especificam os requisitos para água ser considerada adequada ao preparo do concreto e também descreve os procedimentos de amostragem e métodos para a sua avaliação. A água é analisada de acordo com os limites de cada composto especificado pela norma, a fim de se ter o controle tecnológico sobre a ocorrência de manifestações indesejáveis no concreto, oriundos da alta concentração de compostos prejudiciais na mistura do concreto. Por isso água utilizada na produção do concreto deve ser, de preferência, potável.

2.1.5 Aditivos

Denominam-se aditivos os materiais adicionados aos ingredientes normais do concreto, durante a mistura, para obter propriedades desejáveis, tais como: aumento da plasticidade, controle do tempo de pega, controle do aumento da resistência, redução do calor de hidratação, etc.

NEVILLE (1997, p. 251) ressalta que “os aditivos não são um remédio para a falta de qualidade dos ingredientes do concreto, para proporções não adequadas da mistura, ou para o despreparo da mão de obra para transporte, lançamento e adensamento”.

Os aditivos plastificantes possuem efeitos benéficos por permitirem a redução da quantidade de água necessária para obter a plastificação desejada. O uso de aditivos retardadores é uma solução para concretagens em regiões quentes por exemplo, pois o tempo de pega normal, fica reduzido devida às temperaturas mais elevadas.

Os aditivos para concreto são em geral explorados comercialmente por fabricantes especializados, cujos catálogos contém informações essenciais sobre seu melhor emprego.

2.2 PEGA

De acordo com NEVILLE (1997),

“Este é o termo usado para referência ao enrijecimento da pasta de cimento, embora seja arbitrária a definição do enrijecimento da pasta que é considerado pega. Em termos gerais, pega se refere à mudança do estado fluido para um estado rígido. Embora durante a pega a pasta adquira uma certa resistência, para efeitos práticos, é importante distinguir pega de endurecimento, que se refere ao aumento de resistência de uma pasta de cimento depois da pega. Na prática, os termos início de

pega e fim de pega são usados para descrever arbitrariamente estados escolhidos da pega”.

2.2.1 Tempo de pega

As reações entre o cimento e a água são as razões básicas da pega do concreto, mesmo que o tempo de pega do concreto não corresponda com o do cimento. A pega, o enrijecimento e o endurecimento são fenômenos que se manifestam das reações progressivas de hidratação do cimento (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Durante a pega a pasta adquire certa resistência, mas é necessário distinguir pega de endurecimento, que se refere ao aumento da resistência, de uma pasta de cimento depois da pega (NEVILLE, 1997).

O tempo de início de pega do cimento segundo a NBR 16607 – Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega é “o intervalo de tempo transcorrido desde o momento em que o cimento entra em contato com a água até o momento em que a agulha de Vicat penetra na pasta e estaciona a (6 ± 2) mm da placa-base do molde tronco-cônico, em condições normalizadas de ensaio.”.

Para o concreto de maneira similar ao cimento tem-se o que se chama arbitrariamente tempos de pega. De acordo com a “NBR NM 9 – Concreto e argamassa- Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração” o tempo de início de pega para o concreto pode ser definido como “tempo decorrido após o contato inicial do cimento com a água de amassamento, necessário para uma argamassa atingir a resistência à penetração igual a 3,4 MPa”.

No concreto, o início da pega representa aproximadamente o tempo em que a pasta se torna não trabalhável, porém não quer dizer que não é mais utilizável. Em resultado, a utilização do concreto após este tempo, se torna difícil.

Em situações práticas, o tempo de início de pega sugere uma ideia do tempo disponível para o manuseio do concreto produzido com o mesmo cimento. Porém esse resultado não é muito confiável, tendo em vista que o ensaio é feito em condições padronizadas enquanto, no campo, o concreto sofre a ação de elementos como a temperatura e umidade relativa do ar, não controladas, que podem influenciar no tempo de pega (SILVA, 2007).

O tempo de fim de pega do cimento segundo a NBR 16607 – Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega é o “intervalo de tempo transcorrido desde o momento em que o cimento entra em contato com a água até o momento em que a agulha de Vicat penetra 0,5 mm na pasta, em condições normalizadas de ensaio.”. No concreto, o final da pega

representa aproximadamente o tempo que a pasta leva para se solidificar completamente, o que está relacionado ao tempo em que se inicia o desenvolvimento da resistência a uma taxa significativa.

De maneira similar ao tempo de início de pega, a norma NBR NM 9 define o tempo de fim de pega para o concreto como: “tempo decorrido após o contato inicial do cimento com a água de amassamento, necessário para uma argamassa atingir a resistência à penetração igual a 27,6 MPa. ”

2.2.2 Consistência da pasta normal

Para se determinar o início e fim de pega do cimento, deve se utilizar uma pasta de cimento pura com consistência padrão. Por isso é necessário estabelecer para cada cimento, o teor de água da pasta que irá produzir a consistência requerida.

Com o auxílio do aparelho de Vicat, é medida a consistência da pasta, usando uma sonda com 10 mm de diâmetro presa no suporte da agulha. Mistura-se uma pasta de cimento e água de modo padronizado e logo em seguida coloca-se a mesma em um molde. Coloca-se a sonda em contato com a superfície superior da pasta e é solta. Devido ao seu peso, a sonda penetra na pasta de cimento de acordo com a consistência desta. Essa consistência é considerada normal, quando a sonda desce até uma profundidade de $6 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ do fundo do molde após 30 s do instante em que foi solta, de acordo com a norma NBR 16606. O teor de água da pasta é designado em porcentagem, relacionado à massa de cimento seco.

Para se medir os tempos de pega do cimento e do concreto existem alguns aparelhos dos quais podemos citar estes a seguir

2.2.3 Agulha de Meynadier

Este método consiste na medição da força exigida de penetração de uma agulha com dimensões definidas, a uma determinada profundidade no concreto projetado. Este dispositivo indica a resistência pela compressão de uma mola, e é equipado com um indicador de anel deslizante. A ponteira foi especialmente desenvolvida para montagem rápida com um parafuso de fixação. Similar à agulha de proctor, a agulha de Meynadier se presta para determinação do tempo de pega do concreto.

Figura 2.1– Agulha de Meynadier.



Fonte: Catálogo Solotest.

Disponível em: <http://www.solotest.com.br/catalogos/D14.PDF>

2.2.4 Agulha de Proctor

Para determinação do tempo de endurecimento do concreto e, conseqüentemente, do tempo de pega do cimento. Possui mola com capacidade para até 50Kgf com graduação gravada no corpo e 9 agulhas com diferentes áreas. Conforme normas: NBR 14278, 9832; NM 9 e ASTM C403.

Figura 2.2– Agulha de Proctor



Fonte: Catálogo Solotest

Disponível em: <http://www.solotest.com.br/catalogos/D14.PDF>

2.2.5 Penetrômetro para concreto ASTM C780

Penetrômetro para Concreto ASTM C780 para determinação do início de pega em concreto, com escala de 0 a 700Psi. O penetrômetro deve ser pressionado contra o concreto até a penetração de 25,4mm (haste possui marcação). Quando esta penetração atingir o valor de 500psi, diz-se que é o início de pega do concreto. Conforme norma: ASTM C 780. Disponível em 2 versões: de bolso, (indicativo) ou com anel dinamométrico, de maior exatidão.

Estes penetrômetros são regulamentados na norma americana ASTM C780, entretanto, especialmente a versão de bolso, tem as características necessárias para atender a seção “Aparelho para aplicação de força” da NBR NM 9 Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração, norma que será utilizada como guia nos ensaios de determinação do tempo de pega do concreto.

Figura 2.3– Penetrômetros Para concreto ASTM C780.



Fonte: Catálogo Solotest.

Disponível em: <http://www.solotest.com.br/catalogos/D14.PDF>

2.3 TRABALHABILIDADE

Dizemos que um concreto é trabalhável quando esse pode ser adensado com facilidade, mas de acordo com (NEVILLE, 1997) “ dizer simplesmente que a trabalhabilidade determina a facilidade de lançamento e a ausência de segregação é uma descrição muito pobre dessa propriedade essencial do concreto. ” A trabalhabilidade necessária para cada caso da utilização do concreto varia de acordo com o tamanho das seções, com o tipo de armadura ou dependendo dos meios de adensamento disponíveis no local por exemplo. Então não é possível definir trabalhabilidade como uma propriedade física do concreto, sem nenhuma relação com as circunstâncias de cada tipo de construção.

A definição de trabalhabilidade segundo a norma é um tanto mais qualitativa:

“ Propriedade que determina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto ou da argamassa recém-misturados que determina a facilidade a homogeneidade com a qual podem ser misturados, lançados, adensados e acabados. (ASTM C 125-93). “

De acordo com MEHTA & MONTEIRO (2008), “ uma mistura de concreto que não possa ser lançada facilmente ou adensada em sua totalidade provavelmente não fornecerá as características de resistência e trabalhabilidade esperadas. “

Novamente, trabalhabilidade para NEVILLE (1997):

“ É uma propriedade essencial, no que diz respeito ao produto final, pois o concreto deve ter uma trabalhabilidade que possibilite adensamento até um máximo de compacidade com uma quantidade razoável de energia, ou com a quantidade de energia que se esteja preparado para aplicar em determinadas condições. “

A importância da trabalhabilidade em tecnologia do concreto é óbvia. Ela é uma das propriedades básicas que devem ser atendidas.

CAPÍTULO 3

3 METODOLOGIA

Foram realizados ensaios para se encontrar os tempos de pega do cimento e do concreto além do ensaio de resistência à compressão axial do concreto.

Para o cimento, os ensaios se basearam nas normas NBR 16607 e NBR 16606, relativas à determinação do tempo de pega e determinação da pasta de consistência normal, respectivamente.

Foi realizado o teste de abatimento de tronco do concreto, com o intuito de conhecer a consistência da pasta de concreto, de acordo com a norma NBR NM 67 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, logo após a mistura dos materiais na betoneira.

Para a determinação do tempo de pega do concreto foram utilizados os procedimentos contidos na NBR NM 9 Concreto e argamassa – Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração,

Para a realização do ensaio de resistência à compressão axial, foi necessário seguir os procedimentos contidos na NBR 5738 Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova e na NBR 5739 Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

Ambos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da UFG no primeiro semestre de 2018 sob a orientação do professor da UFG Dr. André Luiz Bortolacci Geyer.

Os ensaios foram realizados pelos alunos integrantes do Trabalho de Conclusão de Curso e pelo laboratorista Deusair, do Laboratório de Materiais de Construção da UFG.

3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para os ensaios foram basicamente:

- Cimento Portland CP-II Z-32;
- Água;

- Agregado graúdo (brita granulito 0);
- Agregado miúdo (areia artificial média).

Os equipamentos utilizados para os ensaios serão os descritos nas NBR 16606, NBR16607, NBR NM 9, NBR 5739 e ASTM C 780.

O cimento escolhido foi o CP II-Z 32, mostrado na Figura 3.1, por ser um dos mais utilizado nas obras da cidade de Goiânia e desta maneira fornecer resultados mais relevantes para a região.

Figura 3.1 – Cimento CP II-Z 32



Pelo mesmo motivo de buscar resultados mais relevantes para a região de Goiânia foram escolhidos os tipos de agregado graúdo e agregado miúdo, utilizando respectivamente a brita tipo 0 e a areia média mostrados na Figura 3.2 e Figura 3.3.

Figura 3.2 – Brita tipo 0



Figura 3.3 – Areia média



3.2 MÉTODOS

3.2.1 Determinação da pasta de consistência normal

A execução do ensaio para determinação da pasta de consistência normal foi baseada na norma regulamentadora NBR 16606- Determinação da pasta de consistência normal.

Para se obter a pasta de consistência normal, foram realizadas três tentativas com diferentes teores de argamassa, de acordo com a Tabela 3.1. As pastas eram misturadas em argamassadeira mecânica e depois testadas através da sonda de Tetmajer (parte integrante do aparelho de Vicat).

3.2.2 Tempos de pega do cimento – Ensaio de Vicat

Para a determinação do tempo de pega do cimento foi utilizado o ensaio de Vicat, descrito na NBR 16607. Essa norma determina a utilização de pasta de cimento de consistência normal cujo preparo é descrito na NBR 16606.

Os materiais utilizados e suas respectivas quantidades utilizadas para a pasta de consistência normal estão inseridas na Tabela 3.2. Foi feito então molde tronco-cônico com a pasta para posteriores medições de tempo de início de pega e tempo de fim de pega do cimento.

Tabela 3.1 – Pasta de consistência normal.

Ensaio Vicat		
Materiais	água	cimento
massa (g)	155,0	500,0

3.2.2.1 Tempo de início de Pega do cimento

Após 30 minutos do enchimento do molde começaram a ser realizadas penetrações da agulha de Vicat. As medições foram realizadas em intervalos de 20 minutos inicialmente e mais ao fim do teste em intervalos de 10 minutos, conforme dados inseridos na Tabela 3.3.

Tabela 3.2 – Início de pega Vicat.

Tempo de Início de Pega Vicat		
Ocorrência	Tempo(min)	Distância da placa-base(mm)
horário mistura	0	-
medição 1	30	0
medição 2	50	0
medição 3	70	0
medição 4	90	0
medição 5	110	0
medição 6	130	0,5
medição 7	140	0,8
medição 8	150	1,7
medição 9	160	3
medição 10	170	5

OK! ((6±2) mm)

Com um tempo de 2 horas e 50 minutos após a mistura encontrou-se uma distância de 5mm entre a placa base e a agulha de Vicat, mostrado na Figura 3.4, sinalizando então o tempo de início de pega da pasta segundo a norma NBR 16607.

Figura 3.4 – Início de pega pelo aparelho de Vicat.



3.2.2.2 Tempo de Fim de Pega do cimento

Para a determinação do tempo de fim de pega, substituiu-se a agulha de Vicat para uma agulha com um dispositivo anular, mostrado na Figura 3.5, que facilita observar quando a agulha penetra apenas 0,5 mm na pasta, penetração esta que segundo a NBR 16607

determina como o momento em que se dá o tempo de fim de pega do cimento, contando-se desde o tempo da mistura dos materiais.

Figura 3.5 – Fim de pega pelo aparelho de Vicat.



Os testes de penetração com o dispositivo são feitos no molde tronco-cônico invertido, o mesmo utilizado para determinar o tempo de início de pega. As medições estão inseridas na Tabela 3.4.

Tabela 3.3 – Tempo de fim de pega de Vicat.

Tempo de Fim de Pega Vicat		
Ocorrência	Tempo (min)	Marca acessório anular
medição 1	190	-
medição 2	220	-
medição 3	250	-
medição 4	265	-
medição 5	280	ocorreu

OK!

3.2.3 Teste de abatimento do tronco de cone de concreto

Inicialmente foi definido o teor de argamassa com relação água/cimento de 53%. Com base neste teor de argamassa e com auxílio da experiência do técnico de laboratório da UFG, foi calculado o traço escolhido nas proporções de 1,000 : 1,641 : 2,390 : 0,565 (cimento : agregado miúdo : agregado graúdo : água). O traço foi escolhido para atender um fck de 25 MPa. A mistura foi executada na betoneira disponível no Laboratório de Materiais de Construção da UFG, Figura 3.6, sem o uso de aditivos.

Tabela 3.4 – Quantitativo dos materiais para produção do concreto

Materiais p/ concreto	Cimento CP-II Z-32	Areia média	Brita tipo "0"	Água
massa(kg)	14,0	23	33,5	7,92

Figura 3.6 – Betoneira do Laboratório de Materiais de Construção da UFG.



Os materiais secos foram colocados na betoneira e a água foi sendo colocada aos poucos enquanto a betoneira estava ligada. O tempo inicial anotado para o ensaio, foi o tempo em que a água foi adicionada à mistura. A partir deste tempo foi adotado um procedimento com ciclos de 20 minutos, em que a betoneira era mantida desligada por 19 minutos, e no último minuto ela era ligada girando a mistura.

Antes do primeiro ciclo do procedimento citado, realizou-se o ensaio de abatimento da mistura, onde a massa de concreto foi colocada dentro de uma forma tronco-cônica, em três camadas igualmente adensadas, cada uma com 25 golpes. O abatimento medido foi de 8 ± 1 cm, Figura 3.7, o que de acordo com a supervisão do orientador é um resultado satisfatório para consistência do concreto, pois indica que a pasta de concreto possui trabalhabilidade suficiente para a realização das moldagens dos corpos de prova usados no ensaio de resistência à compressão.

Figura 3.7 – Abatimento do concreto.



3.2.4 Tempo de Pega do Concreto

Este ensaio foi direcionado pela NBR NM 9 e ASTM C 780. Alterações nos procedimentos e parâmetros foram utilizadas de acordo com orientações do professor Dr. André Luiz Bortolacci Geyer.

Como foi dito anteriormente, foram determinados ciclos de 20 minutos, 19 minutos com a betoneira em repouso e 1 minuto com ela ligada rodando. A cada começo de ciclo foram feitas medidas de resistência a penetração com o penetrômetro de bolso, Figura 3.8, essas medidas foram inseridas na Tabela 3.5.

Figura 3.8 – Aplicação do penetrômetro de bolso.



Tabela 3.5 – Leituras com o penetrômetro de bolso.

Ensaio Penetrômetro de Bolso	
Tempo(min)	Leitura Penetrômetro(psi)
0	-
16	0
36	0
56	0
76	0
96	0
116	0
136	0
156	0
170	0
190	20
210	20
230	100
250	160
270	180
280	200
300	250

No tempo em que a mistura estava em repouso, a betoneira era tampada com um saco plástico para diminuir a evaporação da água da mistura. Este procedimento durou até o tempo de 300 minutos em que aconteceu a medição de 250 psi e determinado o início de pega de acordo com o penetrômetro de bolso.

A NBR NM 9 sugere 3,4 MPa, cerca de 500psi, como valor de referência para encontrar o tempo de início de pega do concreto, porém de acordo com instrução do orientador André Luiz Bortolacci Geyer, existem literaturas que recomendam o uso de 250 psi para determinar o tempo de início de pega, dado que após esse valor o enrijecimento do concreto se dá de maneira muito rápida, o que poderia ocasionar não ser mais possível moldar o corpo de prova.

3.2.5 Ensaio de resistência à compressão axial

Para a realização deste ensaio foi utilizada a norma NBR 5739 como referência.

Durante as medições de resistências a penetração do penetrômetro de bolso, foram moldados corpos de prova de acordo com a norma NBR 5738.

Utilizou-se uma concha de seção U para colocar o concreto nos corpos de prova em duas etapas, ambas adensadas através de uma mesa vibratória, Figura 3.9 (Imagem mesa vibratória).

Figura 3.9 – Corpos de prova na mesa vibratória.



Em seguida foi feito o arrasamento com uma colher de pedreiro e a identificação dos corpos de prova, Figura 3.10.

Figura 3.10 – Corpos de prova identificados.



Ao todo foram feitos 16 corpos de prova, em 4 momentos diferentes:

- Tempo inicial (imediatamente após a homogeneização da mistura);
- Tempo de início de pega do ensaio de Vicat;
- Tempo de fim de pega do ensaio de Vicat;
- Tempo em que se mediu 250 psi no penetrômetro.

Tempos correspondentes a 0, 170, 280 e 300 minutos, respectivamente. Desta forma separamos os corpos de prova em 4 grupos, com 4 corpos de prova cada, 16 no total. Os grupos foram nomeados por: Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3 e Grupo 4. Sendo Grupo 1 referente ao grupo dos corpos de prova moldados no tempo inicial, Grupo 2 aos moldados no tempo de início de pega do ensaio de Vicat, Grupo 3 aos moldados no tempo de fim de pega do ensaio de Vicat e Grupo 4 aos moldados no tempo em que se mediu 250 psi no penetrômetro (tempo de início de pega do concreto).

Aos 7 dias e 28 dias os corpos de prova foram rompidos de acordo com a norma NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, no equipamento do Laboratório de Materiais de Construção da UFG. Aos 7 dias foram rompidos dois corpos de prova de cada grupo e anotados seus valores médios de resistência à compressão. Aos 28 dias romperam-se os 8 corpos de prova restantes, da mesma forma sendo considerados os seus valores médios de resistência.

A máquina de prensa fornece os valores de resistência à compressão axial em Kgf (quilograma força), e a transformação desse valor para Mpa (megapascal) é feita a partir da formula tal.

$$f_c = \frac{4F}{\pi D^2} \quad (3.1)$$

Onde:

f_c é a resistência à compressão, em megapascals;

F é a força máxima alcançada, em newtons;

D é o diâmetro do corpo de prova, em milímetros.

Considerando também que um quilograma-força equivale a 9,80665 newtons.

Os valores encontrados aos 7 dias e 28 dias foram inseridos nas Tabelas 3.6 e 3.7 respectivamente.

Tabela 3.6 – Ensaio de compressão (7 dias).

Ensaio compressão (7 DIAS)			
corpos de prova	Força (kgf)	Resistência Média (MPa)	momento de moldagem
Grupo 1	18900	23,0	após mistura do concreto
	18000		
Grupo 2	14400	19,5	tempo início de pega Vicat
	16800		
Grupo 3	17700	22,3	tempo fim de pega Vicat
	18000		
Grupo 4	17100	21,6	tempo penetrômetro de bolso
	17500		

Tabela 3.7 – Ensaio de compressão (28 dias).

Ensaio compressão (28 DIAS)			
corpos de prova	Força (Kgf)	Resistência Média (MPa)	momento de moldagem
Grupo 1	20700	26,1	após mistura do concreto
	21100		
Grupo 2	19200	24,3	tempo início de pega Vicat
	19800		
Grupo 3	20700	25,7	tempo fim de pega Vicat
	20400		
Grupo 4	21800	27,7	tempo penetrômetro de bolso
	22600		

CAPÍTULO 4

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Passados os 7 e 28 dias depois da moldagem dos corpos de prova, estes foram rompidos. A média dos resultados estão especificadas no Gráfico 4.1. O gráfico apresenta os valores obtidos a partir de 8 corpos de prova para a idade de 7 dias moldados em diferentes tempos (logo após a mistura, no início de pega segundo o ensaio de Vicat, no fim de pega segundo o ensaio de Vicat e no início de pega segundo o penetrômetro). Observa-se que os corpos de prova apresentam entre si valores de resistências com diferenças não significativas. A tabela tal mostra as variações, em porcentagem, entre as resistências à compressão de cada grupo de corpos de prova e a média das resistências entre todos os grupos.

Gráfico 4.1 – Resistências do concreto aos 7 dias.

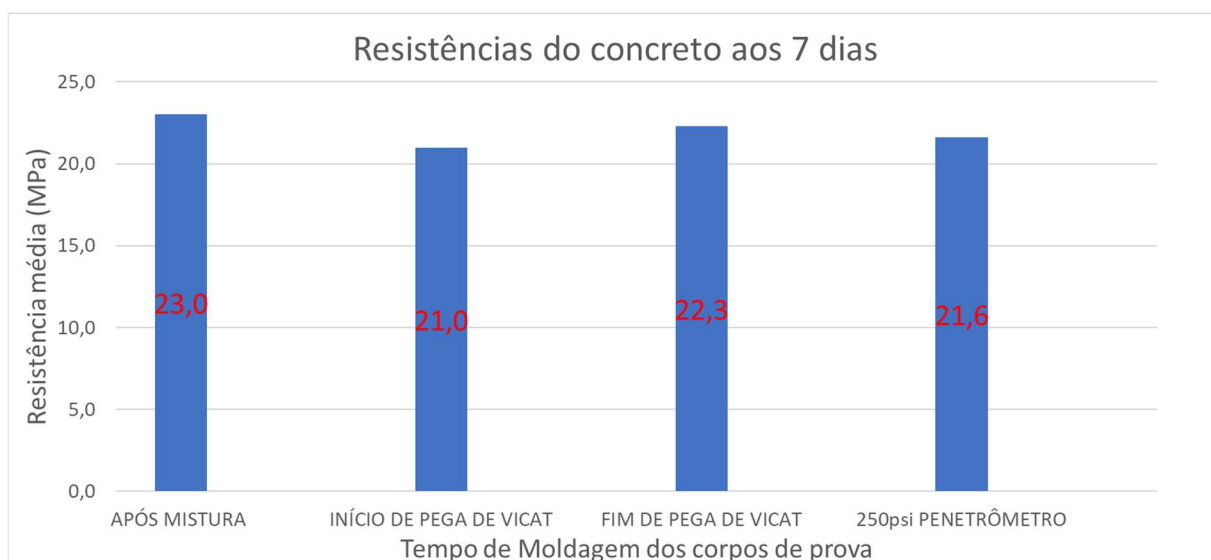
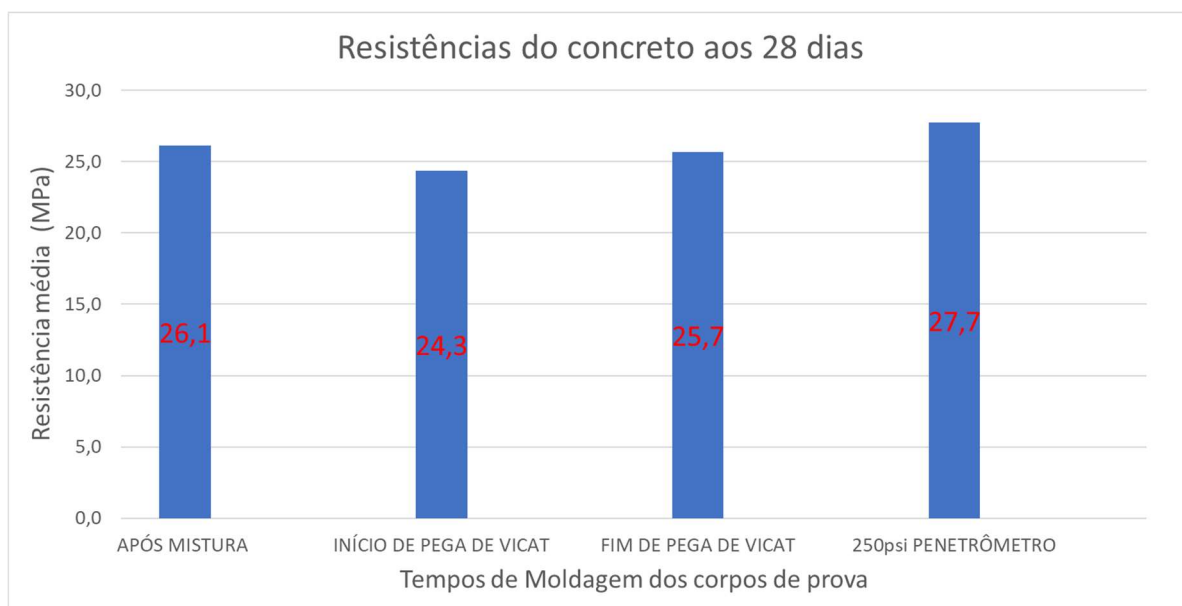


Tabela 4.1 – Variações Percentuais aos 7 dias.

Variações Percentuais aos 7 dias			
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
4,46%	-4,64%	1,46%	-1,74%

O gráfico 4.2 mostra as resistências para os corpos de prova rompidos aos 28 dias após a moldagem. Da mesma maneira, os resultados apontam para leves alterações de resistência, inclusive com ganho para o corpo de prova moldado no tempo mais posterior, tempo de início de pega do concreto de acordo com o penetrômetro de bolso.

Gráfico 4.2 – Resistências do concreto aos 28 dias.



De maneira geral então, encontramos alterações irrelevantes nas resistências dos corpos de prova para as moldagens no decorrer do tempo até o tempo considerado de início de pega do concreto, pelo valor arbitrado no penetrômetro de bolso. A Tabela 4.2 mostra as variações, em porcentagem, entre as resistências à compressão de cada grupo de corpos de prova e a média das resistências entre todos os grupos.

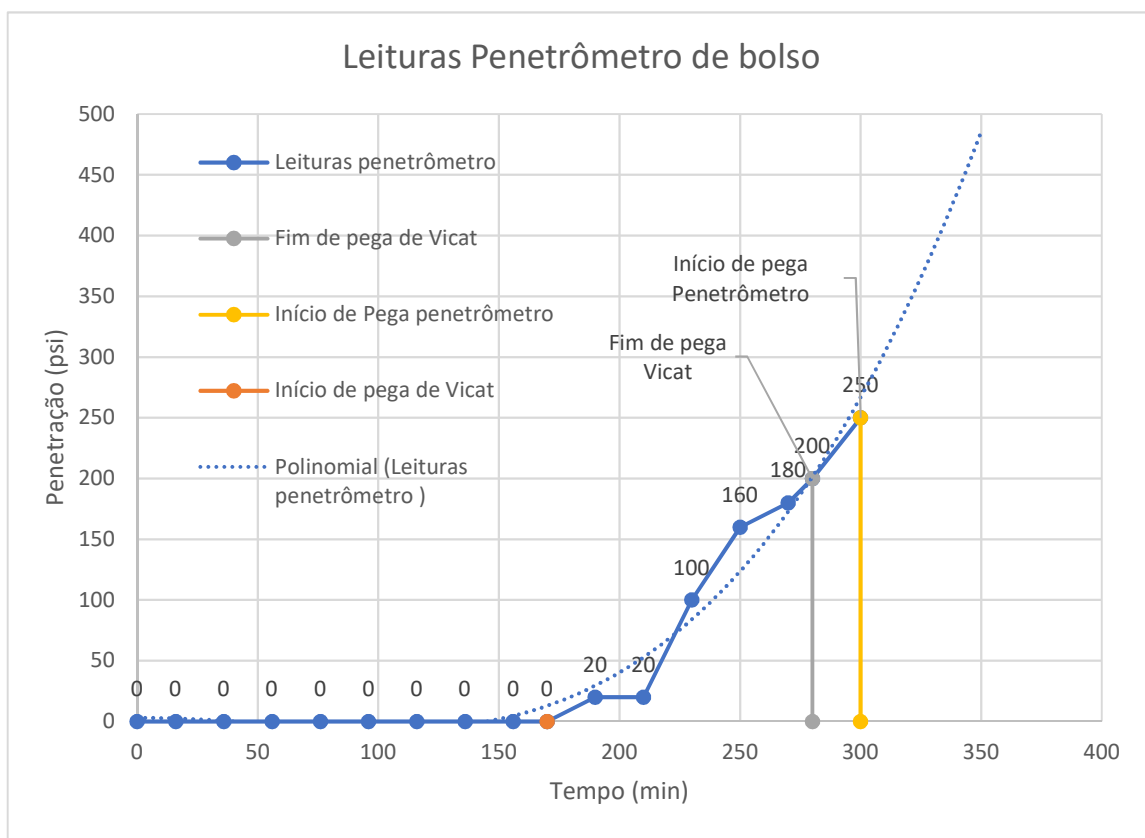
Tabela 4.2 – Variações percentuais aos 28 dias

Variações Percentuais			
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
0,57%	-6,79%	-0,97%	6,32%

É importante salientar que a utilização do penetrômetro de bolso permitiu que o concreto fosse moldado num tempo maior do que aquele determinado pelo ensaio de Vicat, mantendo o comportamento mecânico do concreto.

No Gráfico 4.3, são apresentas as leituras feitas pelo penetrômetro de bolso ao longo do tempo além de estarem correlacionados os dados referentes aos ensaios de tempos de pega do cimento. Ainda neste mesmo gráfico através de uma linha de tendência pôde-se fazer uma projeção de tempo para se ter o resultado de 500 psi, valor de resistência à penetração que a norma NBR NM 9 e C 403/C 403M recomenda ser utilizado para determinar o tempo de início de pega do concreto. Visualmente pode se observar que a projeção indica que com pouco mais de 50 minutos o valor prescrito pela norma seria alcançado.

Gráfico 4.3 – Leituras do penetrômetro de bolso.



A escolha de realizar a última moldagem quando foi obtido a resistência à penetração de 250 psi, diferente de como diz a norma, se deve ao fato de que enrijecimento estava aumentando rapidamente, o que começou a dificultar as moldagens dos corpos de provas. Essa escolha não interferiu na análise dos resultados, pois de qualquer maneira o momento em que foi alcançado essa resistência, já era superior ao momento em que se apresentou o início de pega de Vicat.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÕES

Correlacionando os ensaios de Vicat e de resistência à penetração do penetrômetro de bolso, foi possível observar que o início de pega do concreto ocorreu 1 hora e 50 minutos após o início de pega do cimento.

Isso mostra que se tem um intervalo de tempo maior do que o determinado pelo ensaio de Vicat para se trabalhar com o concreto. O ensaio de Vicat se mostra menos preciso por não levar em consideração situações de campo, na qual existem influências de variáveis em relação a umidade e temperatura por exemplo.

Foi possível obter uma correlação entre os tempos de início de pega do cimento e do concreto, mostrando a eficiência do uso do penetrômetro de bolso em obra para a conferência da possibilidade do uso do concreto, passado o tempo estimado de uso do mesmo, através do ensaio de Vicat realizado em laboratório.

Os objetivos gerais deste trabalho foram atendidos, visto que, o penetrômetro de bolso, que nos ensaios foi utilizado simulando uma situação em obra, pode ser utilizado em campo para determinação do tempo de início de pega do concreto. Mostrando que para o tempo de manuseio é mais adequado se basear no tempo de início de pega do penetrômetro de bolso ao invés do obtido pelo ensaio de Vicat.

Mesmo a recusa de recebimento de material ser recomendada por normas, após determinados períodos de tempos, seja para o transporte ou para lançamento e adensamento, foi confirmado a viabilidade do uso do concreto, pois o penetrômetro de bolso se mostrou um instrumento eficiente para aferir concretos que ainda possam ser moldados, tendo em vista que a resistência à compressão não foi comprometida. Possibilitando evitar em muitos casos o descarte do concreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados** – Determinação da composição granulométrica: NBR NM 248. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto** – Especificação. NBR 7211. Rio de Janeiro, 1983.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Água para amassamento de concreto** – Requisitos. NBR 15900. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland** – Determinação da resistência à compressão. NBR 7215. Rio de Janeiro, 1997.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland** – Determinação do tempo de pega. NBR NM 65. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cimento Portland** – Determinação da pasta de consistência normal. NBR NM 43. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto** – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto** – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. NBR 5739. Rio de Janeiro, 2018.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto** – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto e argamassa** – Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração. NBR NM 9, Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto Projetado** – Determinação da consistência através da agulha de Proctor: NBR 14278. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Estruturas de de Concreto – Procedimento: NBR 6118. Rio de Janeiro, 2004.
- ASTM: American Society for Testing and Materials. **Standard Specification for Portland Cement**: ASTM C150.1994.
- ASTM: American Society for Testing and Materials. **Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry**: ASTM C780. 2007.
- ASTM: American Society for Testing and Materials. **Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance**: C 403/C 403M. 2008.
- Catálogo SOLOTEST Concreto – Agregado. **Módulo de Elasticidade / Tempo de Pega**. Disponível em: <<http://www.solotest.com.br/catalogos/D14.PDF>>. Acessado em 04 nov. 2017.
- CONCRETO E CONSTRUÇÕES. Pavimento de concreto: Segurança, durabilidade e conforto nos corredores de ônibus da linha verde de Curitiba**. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora, 2010. Trimestral.
- ENV. **COMMON CEMENT TYPES AND CLASSES** : ENV:197-1. UK, 1992.
- MEHTA, K.P.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A.M. Propriedades do concreto. Tradução de Salvador E. Giammusso. 2^a. ed. Ver. Atual. São Paulo: Pini, 1997. 828p.

Rev. Concreto & Construções. Ano XXXVII | Nº 53 Jan. • Fev. • Mar. | 2009. **Concreto: o material construtivo mais consumido no mundo.** Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf>. Acessado em 28 out. 2017.

Rev. IBRACON Estrut. Mater. vol.5 no.6 São Paulo Dec. 2012. **Tempo de lançamento do concreto.** Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-41952012000600005&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acessado em 28 out. 2017.