

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
RYDERSON CARLOS AMARO ROQUE

**COMPARATIVO DE CUSTO BENEFÍCIO DO USO DE CONCRETO AUTO
ADENSÁVEL E CONCRETO CONVENCIONAL PARA A FABRICAÇÃO DE
PEÇAS PRÉ-MOLDADAS NA REGIÃO DE CASCAVEL/PR**

CASCAVEL - PR
2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
RYDERSON CARLOS AMARO ROQUE

**COMPARATIVO DE CUSTO BENEFÍCIO DO USO DE CONCRETO AUTO
ADENSÁVEL E CONCRETO CONVENCIONAL PARA A FABRICAÇÃO DE
PEÇAS PRÉ-MOLDADAS NA REGIÃO DE CASCAVEL/PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Engenheiro Civil MSc Júlio Tozo Neto

CASCAVEL - PR
2016

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar e acima de tudo agradeço a Deus por tudo de bom acontecido em minha vida, pela saúde e pelas oportunidades que me proporcionou e continua me proporcionando, dia após dia. Sem ele ao meu lado nada disso seria possível.

Agradeço também toda minha família, em especial meus pais, pela força, incentivo, imenso carinho, compreensão e esforço que me permitiu vencer este desafio.

Ao meu orientador, Professor Júlio Tozo Neto, pela competente e segura orientação, interesse, dedicação, paciência e permanente disponibilidade durante este trabalho.

Ao Centro Universitário Assis Gurgacz, mais precisamente a coordenação do curso de Engenharia Civil, em especial à coordenadora e engenheira civil Débora Felten, as Assessoras da coordenação, Helena Marca e Andressa Ferreira, pela ajuda com seriedade e profissionalismo.

Aos grandes amigos Rony e Elton, pelo incentivo, paciência e ajuda durante todo esse período em que estávamos unidos nos momentos difíceis para vencer essa batalha.

À Cobra Construções, por ter cedido seu espaço para a realização dos experimentos e testes.

Aos meus companheiros de jornada acadêmica, grandes amigos. Foi uma satisfação imensa ter conhecido cada um de vocês.

À todos que, direta ou indiretamente, propiciaram a realização deste trabalho.

RESUMO

Com a grande concorrência no ramo da construção civil nos dias de hoje, é de extrema importância às empresas estarem atualizadas e em sinergia com as novidades que surgem, tanto em meios materiais quanto em relação a mão de obra especializada, buscando assim, otimizar a produção e a mão de obra que a compõe. O concreto auto adensável surge como uma das melhores inovações no ramo de concretos de alto desempenho, pensando nisso a indústria da construção civil, tanto convencional, quanto de pré-moldados, veem investindo cada vez mais em materiais e mão de obra especializada, porém ainda há uma grande dúvida no seu real custo benefício sobre o uso do concreto auto adensável. Essa pesquisa comparativa tem como objetivo analisar o custo benefício do uso do concreto auto adensável em uma determinada empresa. Durante dois dias foram acompanhados todos os processos para elaboração do produto final, desde a preparação das formas, até a concretagem das mesmas. Todos os tipos de serviços foram cronometrados, todas as mãos de obra utilizadas foram analisadas, também foi considerado o tempo de início e fim para a realização das tarefas, com o único objetivo de analisar as vantagens e desvantagens sobre o uso do concreto auto adensável em relação ao concreto convencional. Os resultados obtidos com esse estudo compreenderam vantagens e desvantagens, sobre o uso do concreto auto adensável. Vale destacar como desvantagens, o seu elevado custo para a confecção do concreto auto adensável, em relação a matéria prima comparada com o concreto convencional, que ficou em torno de 28,5%, para um concreto de resistência estimada em 40 MPa, e 11,1% a mais para o concreto auto adensável para a resistência estimada em 30 MPa. Foram levantados também o valor final entre matéria prima e mão de obra dos dois concretos, para o serviço de concretagem das peças pré-moldadas, tendo como valor final o concreto auto adensável custando 1,79% mais caro para o concreto de resistência estimada em 30 MPa, e 16,75% para o concreto de resistência estimada em 40 MPa. Em relação a qualidade final do produto, ou seja, a aparência dos concretos no estado endurecido, é clara a vantagem que o concreto auto adensável obteve sobre o concreto convencional, eliminado quase 100% das bolhas, já o concreto convencional apresentou grande índice de micro bolhas, o que deixa o concreto com aspecto de baixa qualidade.

Palavras chave: Concreto Auto Adensável. Custo benefício. Qualidade. Pré-moldado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Concreto Convencional.....	14
Figura 2 - Molde metálico para execução do <i>Slump Test</i>	16
Figura 3 - Jogo de Slump Test Completo	17
Figura 4 - Passo a passo para a realização do Slump Test com concreto convencional	19
Figura 5 - Molde metálico para execução de corpos de prova em concreto 10x20 cm.....	20
Figura 6 - Máquina de ensaio de rompimento de corpo de prova	23
Figura 7 - Concreto Auto Adensável.....	24
Figura 8 - Placa base para apoio do molde.....	27
Figura 9 – Betoneira utilizada para a confecção do concreto.....	29
Figura 10 - Placa pré-moldada.	32
Figura 11 – Placa pré-moldada concretada com concreto auto adensável	45
Figura 12 - Placa pré-moldada concretada com concreto auto adensável.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de camadas para moldagem de corpos de prova.	21
Tabela 2: Disposição para a execução dos corpos de prova.....	33
Tabela 3 - Resultado das resistência dos corpos de prova.....	35
Tabela 4 - Composição de matéria prima para 1 m ³ de concreto auto adensável com resistência de 30 Mpa.	38
Tabela 5 - Composição de matéria prima para 1 m ³ de concreto auto adensável com resistência de 40 Mpa.	38
Tabela 6 - Composição de matéria prima para 1 m ³ de concreto convencional com Fck de 30 Mpa.....	38
Tabela 7 - Composição de matéria prima para 1 m ³ de concreto convencional com Fck de 40 MPa.....	39
Tabela 8 – Tabela de valor da mão de obra de funcionários para cidade de Cascavel/PR.....	40
Tabela 9 – Composição de mão de obra para execução de 1 m ³ de concreto convencional	41
Tabela 10 – Composição de mão de obra para execução de 1 m ³ de concreto convencional ..	41
Tabela 11 - Valor final para serviço de concretagem com concreto de 30 Mpa.	42
Tabela 12 - Valor final para serviço de concretagem com concreto de 40 Mpa.	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultados das resistências entre os concretos para o traço de 30 Mpa.....	36
Gráfico 2 - Resultados das resistências entre os concretos para o traço de 40 Mpa.	37
Gráfico 3 – Diferença de valores dos concretos	39
Gráfico 4 – Diferença de porcentagem entre os concretos	44

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	9
1. 1 INTRODUÇÃO	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1. Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	12
CAPÍTULO 2	13
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1.1 Concreto Convencional	13
2.1.2 Materiais Utilizados para mistura do concreto convencional	14
2.2 PROCESSO DE EXECUÇÃO DE SLUMP TEST DO CONCRETO CONVENCIONAL	15
2.2.1 Aparelhagem necessária para realização do <i>Slump Test</i> com Concreto Convencional	15
2.2.2 Procedimento para execução de <i>Slump Test</i>	17
2.3 PROCESSO PARA MOLDAGEM E CURA DE CORPOS-DE-PROVA PARA CONCRETO CONVENCIONAL, CONFORME NBR 5738/2003.	19
2.3.1 Aparelhagem necessária para realização de moldagem e de cura de corpos de prova em concreto convencional, conforme NBR 5738/2003.	19
2.3.2 Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova para Concreto Convencional conforme NBR 5738/2003	20
2.4 PROCESSO DE ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS CONFORME NBR 5739/2007.	22
2.4.1 Aparelhagem necessária para realização do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos conforme NBR 5739/2007	Erro! Indicador não definido.
2.4.2 Execução do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, conforme NBR 5739/2007.	23
2.5 CONCRETO AUTO ADENSÁVEL	24
2.5.1 Materiais Utilizados para mistura do concreto auto adensável	25
2.5.1.1 Cimento	25
2.5.1.2 Minerais	25

2.5.1.3 Agregados graúdos e agregados miúdos	26
2.6 PROCESSO DE EXECUÇÃO DE SLUMP FLOW DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL	26
2.6.1 Aparelhagem para realização do teste	27
2.6.2 Execução de Slump flow com concreto auto adensável	27
2.6.3 Características gerais do concreto auto adensável utilizado neste trabalho	28
Fonte: Autor (2016)	29
CAPÍTULO 3	31
3.1 METODOLOGIA	31
3.1.1 Tipo de estudo	31
3.2 LOCAL DA PESQUISA	31
3.3 COLETA DE DADOS	31
3.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS CONCRETOS	32
3.5 EXECUÇÃO DE CORPOS DE PROVAS	33
3.6 ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVAS	33
3.7 ANÁLISE DE DADOS	33
3.8 APRESENTAÇÃO DE DADOS	34
CAPÍTULO 4	35
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1.1 Comparativo de Resistência entre os dois tipos de Concretos	35
4.1.2 Comparativo de Custo final entre o Concreto Auto Adensável e o Concreto Convencional	37
4.1.3 Vantagens e Desvantagens do uso do Concreto Auto Adensável em relação ao Concreto Convencional	44
CAPÍTULO 5	47
5. 1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
CAPÍTULO 6	48
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	48
REFERÊNCIAS	49

CAPÍTULO 1

1. 1 INTRODUÇÃO

Hoje sabemos que o processo de globalização tem permitido a engenheiros, e construtores em geral, tomar conhecimento das novidades em tipos de concreto que estão se propagando pelo mundo. É o caso dos concretos auto adensáveis, já usados no Brasil há alguns anos, mas ainda de forma restrita (ABESC).

É considerado concreto auto adensável, o concreto de capaz de possuir grande fluidez, preencher os espaços vazios das formas, envolvendo as armaduras das formas sem perda da estabilidade, e se auto nivelando sob o efeito da gravidade, tendo como principal destaque; comparado ao concreto convencional, a eliminação de energia mecânica para nivelamento em estruturas e formas (ILIESCO, 2007).

Segundo Ambrozetto, o concreto auto adensável, utilizado hoje, foi desenvolvido no Japão por volta de 1983, porém sua maior aplicação em obras civis ocorreu em 1997, neste país, com a concretagem das ancoragens da ponte metálica de maior vão livre do mundo. A ponte Akashi-Kaikyo, inaugurada em 1998, com 1991 metros de vão livre, consumiu nas ancoragens 290.000 m³ de concreto auto adensável (CAA). Os motivos alegados para a utilização de CAA nesta obra foi a velocidade de execução dispensa de adensamento, o qual seria muito difícil para este volume, e a qualidade final do concreto (AMBROZETTO; POLDI; BAIXO, 2012)

Sob o olhar de desconfiança de muitos engenheiros e proprietários de empresas que atuam no ramo da construção civil e no setor de pré-moldados, o concreto auto adensável vem sofrendo grande resistência de seu uso. Isso ocorre devido ao seu custo elevado, ao seu grande consumo de matéria prima, neste caso o cimento e, até mesmo, a falta de conhecimento das pessoas envolvidas em sua fabricação,

Contudo, percebe-se a importância de um estudo aprofundado do assunto, pois a busca da qualidade na construção civil é extensa, por conta da grande concorrência em todos os seus setores. Empresas de pré-moldados estão em constante fase de aperfeiçoamento em suas obras e peças fabricadas em suas indústrias. Porém, não podem deixar de descuidar da questão financeira, incluindo os custos finais para tal tipo de alterações e melhorias impostas neste processo.

Neste trabalho foram citadas as principais vantagens e desvantagens do uso do concreto auto adensável em relação ao concreto convencional, e será discutido o processo de fabricação dos concretos usados para a produção das peças pré-moldadas.

O estudo foi embasado em uma empresa atuante no ramo de pré-moldado, localizada na cidade de Cascavel/PR. Nele, serão levantados os valores dos diferentes tipos de concretos utilizado, também, será analisada a quantidade de mão de obra e de equipamentos utilizados para a fabricação das peças pré-moldadas. Com estes valores e quantidades adquiridas, foram apresentados o custo final de cada um dos diferentes tipos de concretos utilizados para a fabricação das peça pré-moldada.

Realizou-se um breve questionamento ao proprietário da empresa, no qual foram levantadas questões relacionadas à escolha do tipo do concreto utilizado em sua empresa, traços utilizados nos elementos estruturais, entre outras questões voltadas para a elaboração deste trabalho.

Foi realizada a análise na questão de resistência dos dois tipos de concreto, em que serão executados corpos de provas, conforme NBR 5738/2003 - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. O rompimento aconteceu com quarenta e oito horas após a concretagem, visto que a empresa adotou este padrão devido a testes já elaborados com corpos de prova, e a mesma analisou que o concreto possui uma resistência considerável para sua desforma.

Os resultados foram apresentados em planilhas, possuindo o custo final do valor do metro cúbico (m^3) de cada um dos concretos citados neste trabalho, valores de custo das peças estruturais fabricadas nestas empresas e mão de obra utilizada no processo com seus devidos pesos e valores. Dessa forma, foi possível apresentar a viabilidade financeira de ambos os concretos citados no estudo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Comparar o custo benefício do uso de concreto convencional e concreto auto adensável usados em peças pré-moldadas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as principais vantagens e desvantagens sobre o uso dos diferentes tipos de concreto utilizados na fabricação de peças pré-moldadas;
- Levantar custos financeiros para a fabricação dos diferentes tipos de concreto;
- Analisar qual a resistência dos dois tipos de concreto citados neste trabalho, com rompimento dos corpos de provas no segundo dia.

1.3 JUSTIFICATIVA

A busca da qualidade na construção civil tem gerado um grande campo de pesquisa e estudos para chegar à perfeição em peças pré-moldadas, fabricadas em indústrias de artefatos de cimento. Com base nesses critérios, proprietários e engenheiros demonstram muito interesse a se aprofundarem cada vez mais no assunto, na questão de qualidade do concreto confeccionado em suas empresas.

A industrialização da construção civil não é mais uma tendência e, sim, uma realidade. Os sistemas pré-fabricados em concreto são uma alternativa vantajosa para erguer edificações com agilidade e qualidade, devido à utilização de estruturas e fachadas produzidas na própria indústria e, assim, todos os critérios de padronização e normalização devem ser observados (ABCP).

Podemos considerar que hoje, Cascavel se tornou uma das principais cidades da região Oeste do Paraná a atuar no ramo de pré-moldado. Tendo alto índice de concorrência, proprietários estão interessados em oferecer qualidade e bom desempenho das peças pré-fabricadas, investindo em maquinários cada vez mais sofisticados, modernos e com melhor desempenho. Para isso, visam maior qualidade na obtenção da matéria prima, na fabricação das peças pré-moldadas e nas pessoas especializadas envolvidas no processo.

Um dos diferenciais que se pode citar encontrado em empresas de pré-moldados é a substituição do concreto convencional pelo concreto auto adensável para a fabricação de peças estruturais, como por exemplo: pilares e vigas. O uso deste concreto traz grande benefício devido a sua capacidade mecânica de fluir em formas, pois elimina o processo manual e o equipamento de vibração, obtendo um perfeito acabamento, desde que sejam tomados todos os devidos cuidados em sua fabricação.

Visto por muitos profissionais do ramo e por proprietários de empresas de pré-moldados com certa desconfiança sobre a verdadeira viabilidade, esse tipo de concreto, se comparado ao concreto convencional, tem uma elevação de custo adicional de insumos e produtos para garantir sua trabalhabilidade mecânica e fluidez que possui.

Com esse trabalho, busca-se comparar o uso do concreto convencional com o concreto auto adensável e o seu custo benefício para a produção de peças pré-moldadas.

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Qual tipo de concreto terá o melhor custo benefício para a produção de peças pré-moldadas para a empresa de Cascavel/PR?

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa aconteceu em campo, na qual foram analisados dois diferentes tipos de concreto utilizados para a fabricação de peças pré-moldadas em uma indústria de artefatos de cimento. Foram coletados os tipos de traços utilizados para a obtenção do concreto auto adensável e concreto convencional, com resistência a compressão de 30 e 40 MPa aos 28 dias, ambos utilizando cimento CP V ARI RS na mistura.

Foram levantados, também, a quantidade de toda a matéria prima, maquinário utilizado e mão de obra para a fabricação do concreto e das peças estruturais pré-moldadas.

O custo de mão de obra foi obtido por meio de entrevista com o setor financeiro da empresa.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Concreto Convencional

O concreto convencional é um material de construção resultante da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), agregados (pedra e areia) e água. Logo após a mistura, o concreto deve possuir plasticidade suficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento em formas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre aglomerante e água (ALMEIDA, 2002).

Conforme a NBR 12655/1996, o preparo do concreto consiste nas operações de execução do concreto, desde o armazenamento dos materiais, sua medida e mistura, até a verificação das quantidades utilizadas desses materiais. Essa verificação tem por finalidade comprovar que o proporcionamento da mistura atende ao traço especificado e deve ser feita uma vez ao dia ou quando houver alteração do traço.

A elaboração do traço acontece por meio do estudo da dosagem que fornece as quantidades teóricas dos materiais componentes a ser usado na mistura do concreto. Coerência e segurança fazem parte da qualidade, portanto, são necessários ensaios no laboratório, trabalhabilidade, abatimento (Slump), coesão, exsudação, segregação, teor de argamassa ar aprisionado, resistência mecânica, módulo de elasticidade, condição de exposição (UNHOCHAPECÓ, 2005).

Vale ressaltar que o concreto convencional é separado em duas propriedades básicas, sendo elas no estado fresco e no estado endurecido. Para o concreto no estado fresco, as propriedades desejáveis são as que asseguram a obtenção de uma mistura fácil de transportar, lançar e adensar, sem a segregação do mesmo. Uma das principais propriedades do concreto, quando fresco, são: consistência, plasticidade, poder de retenção de água e trabalhabilidade.

Já no estado endurecido, as características que um concreto deve possuir são as seguintes: resistência, durabilidade, impermeabilidade e aparência. Todas essas características, com exceção da aparência, melhoram sensivelmente com o uso adequado da relação água/cimento (MELADO, 2014).

Figura 1 – Concreto Convencional



Fonte: Autor (2016)

2.1.2 Materiais Utilizados para mistura do concreto convencional

2.1.2.1 Cimento

O cimento é obtido aquecendo-se calcário e argila até a sintetização (clinker de cimento). Depois se mói a mistura até obter-se um produto de textura fina. Os cimentos, como aglomerantes hidráulicos, determinam as características do concreto (ALMEIDA, 2002).

2.1.2.2 Agregados Miúdos e Graúdos

Para a obtenção do concreto convencional, é essencial a adição de agregados miúdos e graúdos na mistura, de forma a dar coesão no concreto. Como definição, pode-se levar em consideração que, todo agregado que passa pelo processo de peneiramento na malha 4 (4,8 mm de lados), pode ser considerado como agregado miúdo, por exemplo: a areia.

Agregados graúdos são materiais que devem ser adicionados à massa de cimento e à água para dar-lhe a forma no concreto, tornando-se mais econômico, além de sua influência, que traz grande benefício ao concreto

Em relação à retração e à resistência, ao tamanho, à densidade e à forma dos seus grãos, podendo definir as características desejadas.

Exemplos de agregados graúdos muito utilizados no processo de fabricação de concreto: a brita e o pedrisco (ALMEIDA, 2002).

2.1.2.3 Água de Amassamento

O teor de água do concreto fresco é dado pelo fator água-cimento, isto é, pela relação em peso água-cimento. Esta varia geralmente entre 0,3 e 0,6. Quanto menor for o teor de água, maior é a resistência do concreto e menor é a trabalhabilidade (ALMEIDA, 2002).

2.2 PROCESSO DE EXECUÇÃO DE SLUMP TEST DO CONCRETO CONVENCIONAL

Conforme a NBR NM 67/1998, este procedimento tem como objetivo determinar a consistência do concreto fresco por meio da medida de seu assentamento, com procedimentos especificados pela própria norma.

2.2.1 Aparelhagem necessária para realização do *Slump Test* com Concreto Convencional

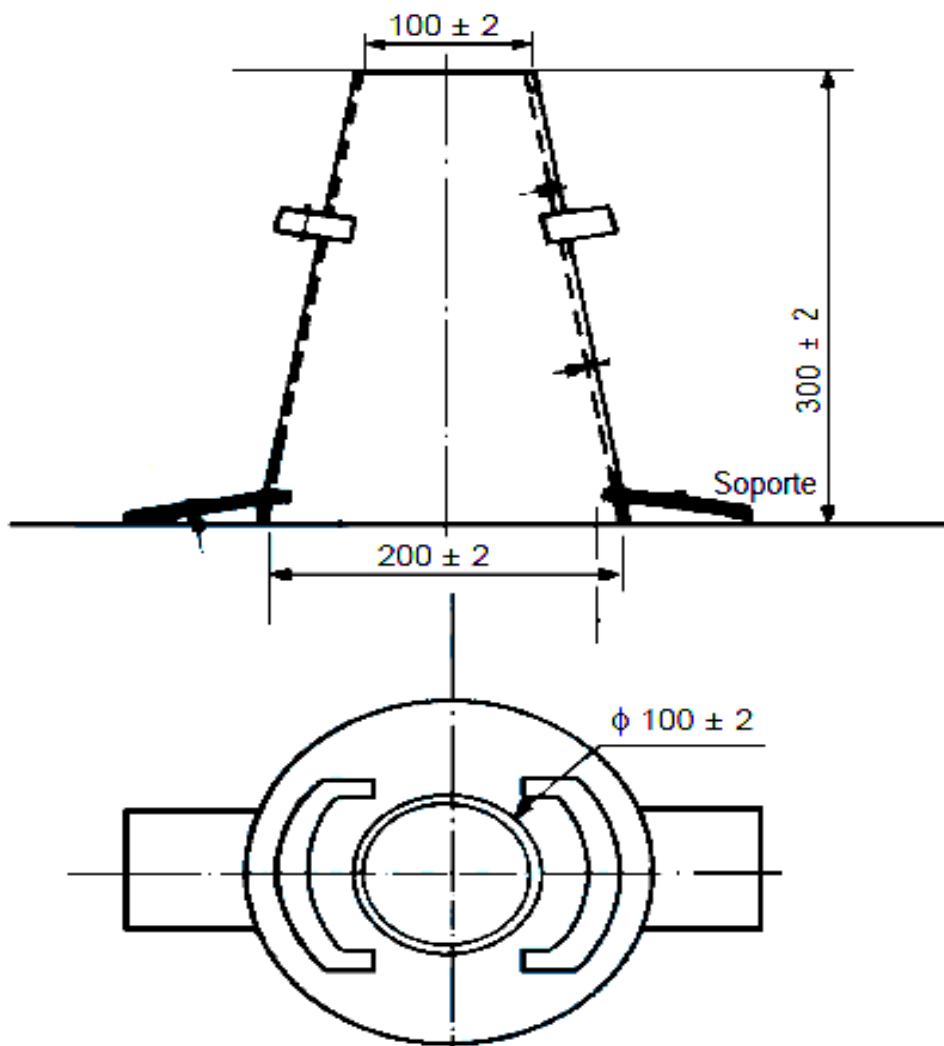
Com base na NBR NM 67/1998, para a execução de tal procedimento, utilizou-se as seguintes aparelhagens:

- ✓ Molde metálico para o corpo de prova de ensaio, feito de metal não facilmente atacável pela pasta de cimento, com espessura igual ou superior a 1,5 mm. O molde deve ter a forma de um tronco de cone oco, com as seguintes dimensões internas: diâmetro da base inferior a $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, diâmetro da base superior $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ e altura total de $300 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Conforme podemos ver na figura 2.

- ✓ Haste de compactação deve ser de seção circular, reta, feita de aço ou outro material adequado, com diâmetro de 16 mm, comprimento de 600 mm e extremidades arredondadas.
- ✓ Placa de base para apoio do molde, a mesma deve ser metálica, plana, quadrada ou retangular, com lados de dimensão não inferior a 500 mm e espessura igual ou superior a 3 mm.

Na Figura 2, destaca-se a o detalhamento das dimensões da forma do molde de *Slump Test*.

Figura 2 - Molde metálico para execução do *Slump Test*



Fonte: NBR NM 67/1998 (2016)

Abaixo com a Figura 3 podemos ver o jogo completo para para execução do *Slump Test*.

Figura 3 - Jogo de Slump Test Completo



Fonte: SOLO CAP (2016)

2.2.2 Procedimento para execução de *Slump Test*

A NBR NM 67/1998 relata sobre umedecer o molde e a placa de base e, em seguida, colocar o molde sobre a placa de base. Durante o preenchimento do molde com o concreto de ensaio, o operador deve se posicionar com os pés sobre suas aletas, de forma a mantê-lo estável, posicionado em sua lateral.

De acordo com NBR NM 67/1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone orienta a encher rapidamente o molde com o concreto coletado, feito em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde compactado, lembrando que a placa de base deve ser colocada sobre uma superfície rígida, plana, horizontal e livre de vibrações.

De tal forma, a mesma prescreve que se deve compactar cada camada com 25 golpes da haste de socamento e distribuir uniformemente os golpes sobre a seção de cada uma. Para a

compactação da parte inferior, é necessário inclinar levemente a haste e efetuar cerca de metade dos golpes em forma de espiral até o centro e compactá-la em toda a sua espessura. Também, orienta-se que sejam compactadas a segunda e a superior, cada uma por meio de toda sua espessura e de forma que os golpes apenas penetrem na camada anterior.

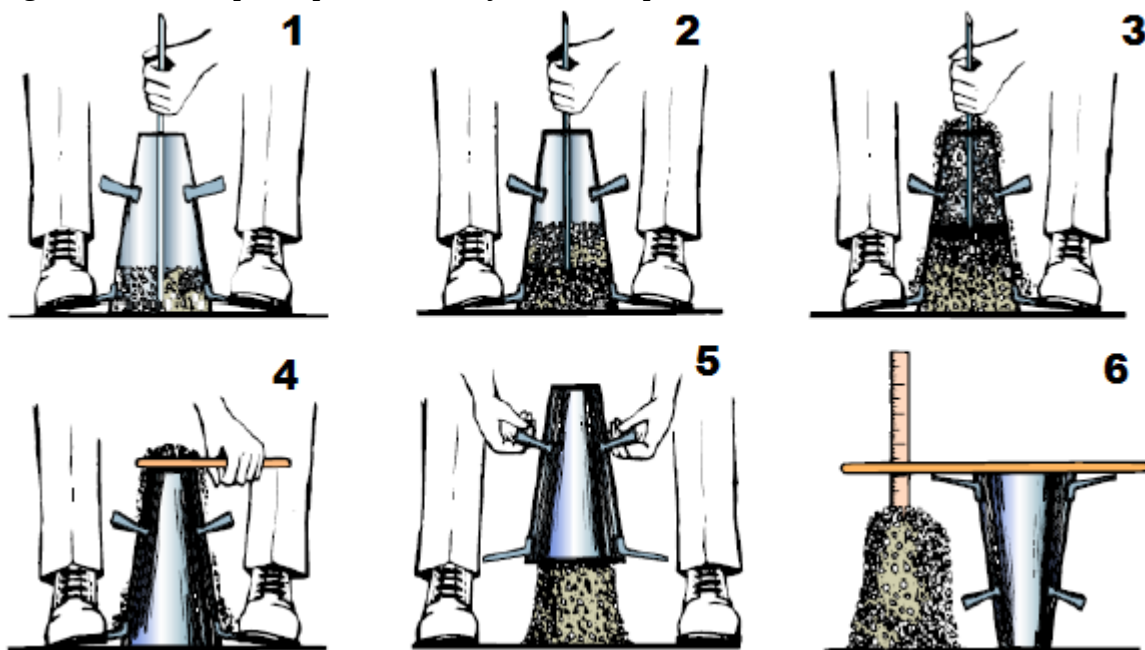
Deve-se, no preenchimento e na compactação da camada superior, acumular o concreto sobre o molde, antes de iniciar o adensamento. Se durante a operação de compactação a superfície do concreto ficar abaixo da borda do molde, deve-se adicionar mais concreto para manter um excesso sobre a superfície do molde durante toda a operação da camada superior. Além disso, orienta-se rasar a superfície do concreto com uma desempenadeira e com movimentos rolantes da haste de compactação, em seguida, limpar a placa de base e retirar o molde do concreto, levantando-o cuidadosamente na direção vertical. A operação de retirar o molde deve ser realizada em 5 s a 10 s, com um movimento constante para cima, sem submeter o concreto a movimentos de torção lateral.

Baseado na NBR NM 67/1998, 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 s. Na sequência, imediatamente após a retirada do molde, deve-se medir o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova, que corresponde à altura média do corpo de prova desmoldado.

Caso ocorra um desmoronamento ou deslizamento da massa de concreto ao realizar o desmolde e esse desmoronamento impeça a medição do assentamento, o ensaio deve ser desconsiderado, realizando nova determinação sobre outra porção de concreto da amostra, mas, caso nos dois ensaios consecutivos ocorra um desmoronamento ou deslizamento, o concreto não é necessariamente plástico e coeso para a aplicação do ensaio de abatimento.

Pode-se ver o passo a passo para a execução do *Slump Test* para concreto convencional na Figura 4.

Figura 4 - Passo a passo para a realização do Slump Test com concreto convencional



Fonte: Club do concreto (2016)

2.3 PROCESSO PARA MOLDAGEM E CURA DE CORPOS-DE-PROVA PARA CONCRETO CONVENCIONAL, CONFORME NBR 5738/2003.

A NBR 5738/2003, tem o objetivo de prescrever o correto procedimento para moldagem e cura de corpos de prova de concreto, tal norma se aplica a corpos de prova cilíndricos, utilizados nos ensaios de compressão e de tração por compressão axial.

2.3.1 Aparelhagem necessária para realização de moldagem e de cura de corpos de prova em concreto convencional, conforme NBR 5738/2003.

De acordo com a mesma, para a realização da moldagem e para a cura de corpos de prova em concreto, deve-se possuir moldes metálicos no formato cilíndricos, com altura igual ao dobro do diâmetro. Para este trabalho, todos os corpos de prova em concreto foram moldados em moldes com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Conforme pode-se ver na Figura 5.

Figura 5 - Molde metálico para execução de corpos de prova em concreto 10x20 cm



Fonte: Contenco (2016)

Para o adensamento do concreto convencional no molde metálico, a NBR 5738/2003 orienta o uso de uma haste de adensamento, devendo ser em aço, no formato cilíndrico, com superfície lisa de $(16,0 \pm 0,2)$ mm de diâmetro e comprimento de 600 mm a 800 mm, um ou os dois extremos em forma semiesférica e diâmetro igual ao da haste.

2.3.2 Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova para Concreto Convencional conforme NBR 5738/2003

De acordo com a NBR 5738/2003, para tal procedimento de moldagem do corpos-de-prova, a dimensão básica do corpo-de-prova deve ser no mínimo quatro vezes maior que a dimensão nominal máxima do agregado graúdo do concreto. As partículas de dimensão superior à máxima nominal, que ocasionalmente sejam encontradas na moldagem dos corpos-de-prova, devem ser eliminadas por peneiramento do concreto.

Ainda seguindo as mesmas normas acima, orienta-se que, antes de proceder à moldagem dos corpos-de-prova, os moldes e suas bases devem ser convenientemente revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral. A superfície de apoio dos moldes deve ser rígida, horizontal, livre de vibrações e outras perturbações que possam modificar a forma e as propriedades do concreto dos corpos-de-prova durante sua moldagem e início de pega.

De acordo com a NBR 5738/2003 deve-se proceder a uma prévia nova mistura da amostra para garantir a sua uniformidade e colocar o concreto dentro dos moldes em número de camadas que corresponda ao que determina a Tabela 1 abaixo, utilizando uma concha de seção U.

Tabela 1 - Número de camadas para moldagem de corpos de prova

Tipo de corpo-de-prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Prismático	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	--	--
¹⁾ Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.				

Fonte: NBR 5738/2003 (2016)

As normas complementam, ainda que, para a realização do adensamento manual com haste, deve-se introduzir o concreto no molde em camadas de volume aproximadamente igual e adensar cada camada utilizando a haste, que deve penetrar no concreto com seu extremo em forma de semiesfera o número de vezes definido na Tabela acima.

Ainda conforme elas, descreve-se que, a primeira camada deve ser atravessada em toda a sua espessura, quando adensada com a haste, evitando-se golpear a base do molde. Os golpes devem ser distribuídos uniformemente em toda a seção transversal do molde, cada uma das camadas seguintes também deve ser adensada em toda sua espessura, fazendo com que a haste penetre aproximadamente 20 mm na camada anterior. Se a haste de adensamento criar vazios na massa de concreto, deve-se bater levemente na face externa do molde, até o fechamento destes.

Com base na NBR 5738/2003, alerta-se que a última camada deve ser moldada com quantidade em excesso de concreto, de forma que, ao ser adensada, complete todo o volume do molde e seja possível proceder ao seu rasamento, eliminando o material em excesso, tendo

em vista que em nenhum caso é aceito completar o volume do molde com concreto após o adensamento da última camada.

As normas descrevem que, independentemente do método utilizado, após o adensamento da última camada; deve ser feito o rasamento da superfície com a borda do molde, empregando para isso uma régua metálica ou uma colher de pedreiro adequada para o devido procedimento.

Seguindo a mesma base teórica, orienta-se sobre o manuseio e o transporte do corpo de prova. Ao manuseá-los, deve-se evitar trepidações, golpes, inclinações e, de forma geral, qualquer movimento que possa perturbar o concreto ou a superfície superior do corpo-de-prova.

A cura do corpo de prova após a moldagem, de acordo com a NBR 5738/2003, orienta-se que sejam colocados os moldes sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra causa que possa perturbar o concreto, durante as primeiras 24 h, e em local protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto.

2.4 PROCESSO DE ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS CONFORME NBR 5739/2007.

Com orientações da NBR 5739/2007, para a realização de tal procedimento, deve-se utilizar-se da máquina de ensaio, devendo a mesma atender os valores admissíveis determinados pela NBR NM ISO 7500-1. Segue abaixo a Figura 6, máquina utilizada no processo de rompimento dos corpos de prova.

Figura 6 - Máquina de ensaio de rompimento de corpo de prova



Fonte: SENAI Cascavel (2016)

A NBR 5739/2007 prescreve que, para a realização do processo de rompimento de corpos de provas cilíndricos, a máquina deve ser equipada com dois pratos de aço, cujas superfícies de contato com o corpo de prova tenham sua menor dimensão 4% superior ao maior diâmetro do corpo de prova que deve ser ensaiado.

2.4.2 Execução do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, conforme NBR 5739/2007.

Essa norma cita que, antes do início do ensaio, as faces dos pratos e do corpo de prova devem ser limpas e secas, antes de serem colocadas na posição do ensaio na máquina, deve-se cuidar, também, da correta centralização do corpo de prova.

No item 5.6 da NBR 5739/2007, prescreve-se que o carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente e sem choques, com a velocidade de carregamento de 0,45 (+/- 15) MPa. Esta deve ser mantida constante durante todo processo de ensaio. Destaca-se, também, que o carregamento só deve cessar quando houver uma queda de força que indique a ruptura.

2.5 CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

Entende-se por concreto auto adensável (CAA) aquele capaz de preencher os espaços vazios das formas e se auto adensar. O CAA é caracterizado pela grande capacidade de fluxo sem segregação.

Um concreto só será considerado auto adensável se três propriedades forem alcançadas simultaneamente: fluidez, coesão necessária para que a mistura escoe intacta entre barras de aço (ou habilidade passante) e resistência à segregação. (TUTUKIAN, 2002).

A determinação do traço para o concreto auto adensável difere muito daqueles utilizados para concretos convencionais, no que diz respeito à seleção e à caracterização dos materiais, pois, o auto adensável apresenta uma grande quantidade de finos e presença de 13 adições minerais e químicas, assim como, pelos benefícios alcançados nas suas propriedades frescas. Atualmente, já existem métodos conhecidos, desenvolvidos por alguns pesquisadores da literatura, tais como: Método de Okamura, Método de Gomes e Método EFNARC.

Abaixo se destaca o comportamento do concreto auto adensável, conforme se pode ver na Figura 7.

Figura 7 - Concreto Auto Adensável



Fonte: Autor (2016)

2.5.1 Materiais Utilizados para mistura do concreto auto adensável

De acordo com Tutikian e Dal Molin (2008), os tipos de materiais utilizados para a elaboração do concreto auto adensável, basicamente, são os mesmos utilizados para o concreto convencional, porém, com maior quantidade de finos (adições minerais quimicamente ativas ou fílers), pelo fato do concreto auto adensável ter a necessidade de ser mais fluido e, também, de aditivos plastificantes, super plastificantes e/ou modificadores de viscosidade, quando houver necessidade.

Segundo Tutikian e Dal Molin (2008), existe um consenso no meio técnico de que algumas características e propriedades dos materiais constituintes afetam o comportamento das misturas, permitindo otimizar as propriedades reológicas, mecânicas e de durabilidade do concreto.

2.5.1.1 Cimento

Segundo Tutikian e Dal Molin relata que para a confecção de CAA, podem ser utilizados os mesmos cimentos já adotados para a produção de concretos estruturais convencionais, como por exemplo, o cimento CP II E-32 e o CP V ARI, sendo idênticas às prescrições referentes à durabilidade e aos usos adequados. Não existem critérios científicos que especifiquem o cimento mais adequado para CAA. O melhor cimento é aquele que apresenta a menor variabilidade em termos de resistência à compressão. (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

2.5.1.2 Minerais

Segundo Dal Molin e Tutikian (2008), uma das principais características do CAA é a sua elevada resistência à segregação, apesar da alta fluidez ou deformabilidade no estado fresco. Para aumentar a coesão da mistura e evitar a segregação do agregado gráúdo, normalmente são utilizados aditivos modificadores de viscosidade ou adições minerais.

As adições minerais devem ser escolhidas após uma análise técnica e econômica e podem ser diversas, desde que tenham áreas superficiais maiores que a do componente que estão substituindo. Além de responsáveis pela resistência à segregação da mistura, as adições

minerais podem desempenhar um papel importante para a resistência e durabilidade do concreto, tanto física quanto quimicamente. O efeito químico das adições minerais ocorre a partir da capacidade de reação com o hidróxido de cálcio - Ca(OH)_2 composto frágil e solúvel que se forma durante a hidratação do cimento Portland. Dele deriva um composto resistente, o C-S-H (silicato hidratado de cálcio), que ocupa os vazios de maiores dimensões existentes na pasta de cimento ou na zona de transição, aumentando o desempenho mecânico e a durabilidade do concreto. Dependendo da superfície específica das partículas e da composição química das mesmas, essas reações pozolânicas podem ser lentas ou rápidas (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

2.5.1.3 Agregados graúdos e agregados miúdos

A seleção do agregado miúdo está condicionada à demanda de água, fator essencial por sua influência sobre a coesão e fluidez do concreto. Agregados miúdos com partículas arredondadas e lisas são preferíveis para produção de CAA, porque aumentam a fluidez da mistura para uma mesma quantidade de água.

Para garantir a passagem do concreto por todos os obstáculos durante o lançamento e reduzir a tendência à segregação, as exigências quanto à dimensão máxima característica do agregado graúdo são mais restritivas. Recomendam que a dimensão máxima característica do agregado graúdo seja inferior a $2/3$ do espaçamento entre barras ou grupos de barras e a $3/4$ do cobrimento mínimo de concreto às armaduras. Na prática, isso implica em não utilizar tamanhos máximos superiores a 19 mm, sendo habituais os tamanhos compreendidos entre 12,5 e 19 mm (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

2.6 PROCESSO DE EXECUÇÃO DE SLUMP FLOW DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

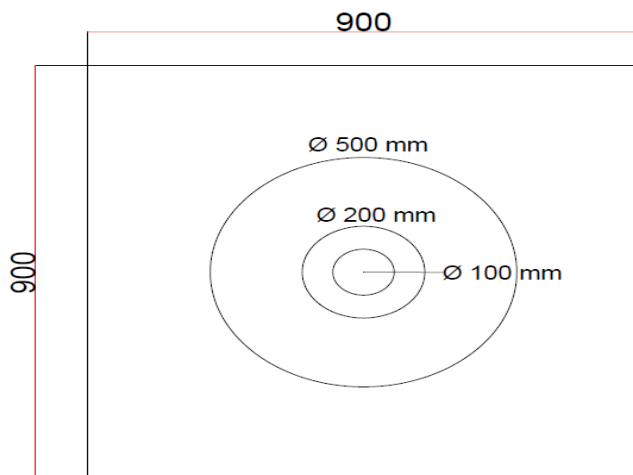
Com base na NBR 15823/2010 – Determinação do Espalhamento e do Tempo de Escoamento – Método do Cone de Abrams, este teste tem o objetivo de verificar a fluidez do concreto auto adensável, em fluxo livre, sob a ação do seu próprio peso, empregando-se o cone de Abrams.

2.6.1 Aparelhagem para realização do teste

Para a execução de tal procedimento, baseou-se na NBR 15823/2010 - Determinação do Espalhamento e do Tempo de Escoamento – Método do Cone de Abrams, utilizando-se as seguintes aparelhagens:

- ✓ Molde metálico conforme item 2.3.1 deste trabalho, destacado na figura 02 acima;
- ✓ Placa base metálica para apoio do molde, com dimensões mínimas de 900 mm de lado e espessura de 1,5 mm, a mesma deverá possuir três demarcações circulares centradas com diâmetros de 100, 200 e 500 mm, conforme Figura 8:
- ✓ Régua metálica de 1000 mm graduada;
- ✓ Recipiente com capacidade de 10 L, de material não absorvente e não reagente com os compostos de concreto, que permita verter o concreto no molde de uma só vez;
- ✓ Complemento tronco cônico adaptável à parte superior do molde;
- ✓ Colher de pedreiro para retirada de excesso de concreto da superfície do molde;
- ✓ Cronômetro com resolução mínima de 0,1 s.

Figura 8 - Placa base para apoio do molde



Fonte: Autor (2016)

2.6.2 Execução de *Slump flow* com concreto auto adensável

Com base na NBR 15823/2010 - Determinação do Espalhamento e do Tempo de Escoamento – Método do Cone de Abrams, orienta-se que, antes da execução do ensaio, deve-se limpar e umedecer internamente o molde, em seguida, deve-se posicionar o molde na marcação circular, na medida dos 200 mm, com a amostra de concreto em mão, não devendo

ultrapassar o tempo de 2 min, após sua coleta, orienta-se preencher o molde sem adensamento e de forma contínua e uniforme, com auxílio do tronco-cônico.

Após o fim do preenchimento do molde, deve-se retirar o complemento do troco-cônico, remover o excesso de concreto com auxílio da colher de pedreiro, realizar a limpeza da placa base, retirando todo resíduo de concreto. A desmoldagem é efetuada levantando-se, cuidadosamente, o molde pelas alças na direção vertical, com velocidade constante e uniforme, não ultrapassando o tempo de 5 s, lembrando que o processo de preenchimento e desmoldagem não deve ultrapassar o tempo de 1 min.

No momento da desmoldagem, imediatamente após o molde perder o contato com a placa de base, o cronômetro deve ser acionado no momento em que o operador inicia o levantamento do molde e parado quando a massa de concreto cobrir totalmente a marca circular de 500 mm da placa base, registrando esse intervalo de tempo em segundos.

O resultado do ensaio é o espalhamento da massa de concreto obtido pela média aritmética de duas medidas perpendiculares do diâmetro realizadas em milímetros. Já o resultado do ensaio é o intervalo de tempo, em segundos, entre o início e o final de escoamento do concreto a partir do diâmetro do molde de 200 mm até os 500 mm da seção circular da placa base.

Para o processo de moldagem e cura dos corpos de prova, confeccionados com concreto auto adensável, usou-se como base a NBR 5738/2003, seguindo os mesmos procedimentos descritos no item 2.3 desse trabalho.

Já o ensaio de compressão para os corpos de prova moldados com concreto auto adensável, foi usado como base a NBR 5739/2007, com o procedimento detalhado no item anterior 2.4 desse trabalho.

2.6.3 Características gerais do concreto auto adensável utilizado neste trabalho

Neste trabalho não foi realizado o ensaio de dosagem, os traços utilizados para elaboração do mesmo, foi obtido através de entrevistas com o setor de engenharia da empresa, conforme podemos ver abaixo:

Tipo de Concreto	Traço utilizado
Concreto Convencional com resistência estimada de 30 Mpa com idade de 28 dias	Cimento; Areia; Pedrisco; Água 1; 2,48; 2,80; 0,48
Concreto Convencional com resistência estimada de 40 Mpa com idade de 28 dias	Cimento; Areia; Pedrisco; Água 1; 2,01; 2,80; 0,45
Concreto Auto Adensável com resistência estimada de 30 Mpa com idade de 28 dias	Cimento; Areia; Pedrisco; Água; Aditivo 1; 2,68; 2,75; 0,41; 0,0082
Concreto Auto Adensável com resistência estimada de 40 Mpa com idade de 28 dias	Cimento; Areia; Pedrisco; Água; Aditivo 1; 2,23; 2,0; 0,34; 0,01

Os concretos analisados nessa pesquisa foi executado em betoneira com auto carregador com capacidade de 600 L, conforme podemos ver na figura 9.

Figura 9 – Betoneira utilizada para a confecção do concreto



Fonte: Autor (2016)

Também através das entrevistas, foram levantadas as dados sobre as características dos ensaios de fluidez do concreto auto adensável, no qual apresentou os seguintes resultados:

O *Slump flow test*, atingiu um diâmetro médio de 590 mm e t500 com o tempo de 6s atendendo a NBR 15823-1 da Tabela A.1 na qual estabelece classes de espalhamento do concreto auto adensável em função de sua aplicação.

Já os resultados do ensaio *Caixa L*, os parâmetros atingidos foram os seguintes:

- ✓ TL20 = 1,04s;
- ✓ TL40 = 1,98s;
- ✓ RB = 0,87s.

Tendo atendido aos parâmetros estabelecidos pela literatura, como dito na NBR 15823-1 (ABNT 2010) da Tabela A.3 – Classes de habilidade passante do CAA em função de sua aplicação.

Nos resultados de ensaio do Funil V, foi relatado que houve esvaziamento ocorrido num tempo de 6,01s, atendeu os intervalos, recomendados pela NBR 15823-1 Tabela A.2 – Classes de viscosidade plástica aparente do CAA em função de sua aplicação - Satisfazendo a propriedade do CAA no estado fresco, de alta fluidez sobre o efeito apenas da gravidade e sendo classificado como VF 2.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo

Trata-se de uma pesquisa em campo, que teve como objetivo, analisar o custo benefício entre dois diferentes tipos de concretos usados em fabricação de peças pré-moldadas, sendo eles, o concreto convencional e o concreto auto adensável. Para cada tipo de concreto, foram analisados dois diferentes traços usados na mistura, para a obtenção do concreto com resistência estimada de 30 e 40 MPa aos 28 dias.

3.2 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa aconteceu na cidade de Cascavel/PR, com população estimada, no ano de 2015, de 312.778 habitantes, ocupando uma área territorial de 2.100,831 km² (IBGE, 2015). A empresa citada no trabalho é atuante no ramo de pré-moldados há mais de dez anos no, atendendo toda região.

Nesse trabalho, não é citado o nome da empresa por questão de privacidade. Hoje, seu principal tipo de concreto utilizado para a fabricação dos elementos pré-moldados é o convencional, porém, com esses elementos já estão sendo utilizados o concreto auto adensável CAA.

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada em campo, por meio de entrevistas, análises e fotos.

Os resultados das resistências dos diferentes tipos de concreto foram coletados a partir do rompimento dos corpos de provas, utilizando-se prensa automática, na qual a empresa é autorizada para tal tipo de serviço.

Os valores dos materiais utilizados na mistura dos concretos, foram obtidos através do setor financeiro da empresa.

3.4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS CONCRETOS

Foram analisados o processo de produção do concreto na empresa, tanto o convencional, como o auto adensável, onde foram verificados quais os tempos das máquinas e das ferramentas que foram utilizadas no processo para a obtenção dos dois tipos de concretos, quantidade e o tempo de mão de obra para a concretagens das peças e, principalmente, a quantidade de matéria prima utilizada para cada tipo de concreto, nas resistências de 30 e 40 MPa.

As peças que foram concretadas para a elaboração do estudo são placas em concreto com armadura leve, moldadas em formas metálicas, com espessura de 5 cm e vigas nas dimensões de 13x15 cm, como pode-se ver na Figura 9.

Figura 10 - Placa pré-moldada.



Fonte: Autor (2016)

3.5 EXECUÇÃO DE CORPOS DE PROVAS

Os corpos de prova foram executados conforme especificações da NBR 5738/2003 “Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova”. O molde utilizado para execução dos corpos de prova foram formas metálicas cilíndricas com dimensões de 10x20 cm. No total foram executados doze corpos de prova, conforme Tabelas 02 e 03.

O tipo de cura utilizado neste trabalho foi a cura ambiente.

Tabela 2 - Disposição para a execução dos corpos de prova

	Concreto com estimativa de 30 Mpa			Concreto com estimativa de 40 Mpa		
Idade (Dias)	2 dias	7 dias	28 dias	2 dias	7 dias	28 dias
Concreto Convencional						
Concreto Auto Adensável						

Fonte: Autor (2016)

3.6 ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVAS

O rompimento aconteceu conforme determinação da NBR 5739/07 - Concreto — Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Nota-se que a empresa trabalha com desforma das peças a cada dois dias, por questão de maior produtividade. Foi previsto o rompimento dos corpos de provas com dois dias, com o intuito de verificar qual tipo de concreto possui maior resistência no segundo dia após a concretagem das formas.

3.7 ANÁLISE DE DADOS

Após a obtenção das respostas do questionário e rompimento dos corpos de prova, foram feitas as análises do tipo de traço utilizado por cada um dos diferentes tipos de concretos.

Foram analisados a quantidade e tempo de mão de obra utilizada para a concretagem das mesmas peças pré-moldadas, utilizando as mesmas formas, com o intuito de igualar o volume de concreto utilizado no processo de fabricação dos dois tipos de concretos citados nesse trabalho.

Assim, foi possível comparar qualitativamente as peças concretadas, com cada tipo de concreto. E por último, a resistência que cada um alcançou no segundo dia de cura, período em que aconteceu a desforma das peças.

Foram apresentados os valores finais da composição do m³ de cada concreto, com valores de mão de obra baseados na tabela do sindicato dos trabalhadores de Cascavel/PR. O valor dos agregados e aglomerantes foram obtidos por meio de entrevista com o proprietário e com o setor financeiro da empresa.

3.8 APRESENTAÇÃO DE DADOS

A apresentação dos dados foi feita por meio de planilhas e gráficos. Verificou-se a resistência dos três corpos de provas de cada tipo de concreto. Foram expostas, também, imagens das peças concretadas, destacando a qualidade de cada uma das peças e quais as patologias e defeitos encontrados nas mesmas. Observou-se quais os tipos de ferramentas utilizadas para a confecção e lançamento do concreto nas formas.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Comparativo de Resistência entre os dois tipos de Concretos

Com a realização desse trabalho, demonstrou-se uma das alternativas viáveis de tipo de concreto que pode ser usado em empresas de pré-moldado, tanto no quesito de qualidade, quanto no quesito financeiro. Pode-se afirmar isso, baseado nos custos diretos para a produção deste produto.

Nas Tabelas 4 e 5, encontram-se os resultados do comparativo de resistência entre os dois concretos citados. Pode-se verificar, também, com análise nos Gráficos 1 e 2, a diferença do tempo de pega entre os diferentes tipos de concreto.

Tabela 3 - Resultado das resistência dos corpos de prova

	Concreto com estimativa de 30 Mpa			Concreto com estimativa de 40 Mpa		
Idade (Dias)	2 dias	7 dias	28 dias	2 dias	7 dias	28 dias
Concreto Convencional	12,5	23,6	33,8	29,9	34,5	48,4
Concreto Auto Adensável	13,6	27,2	36,5	25,8	35,2	40,9

Fonte: Autor (2016)

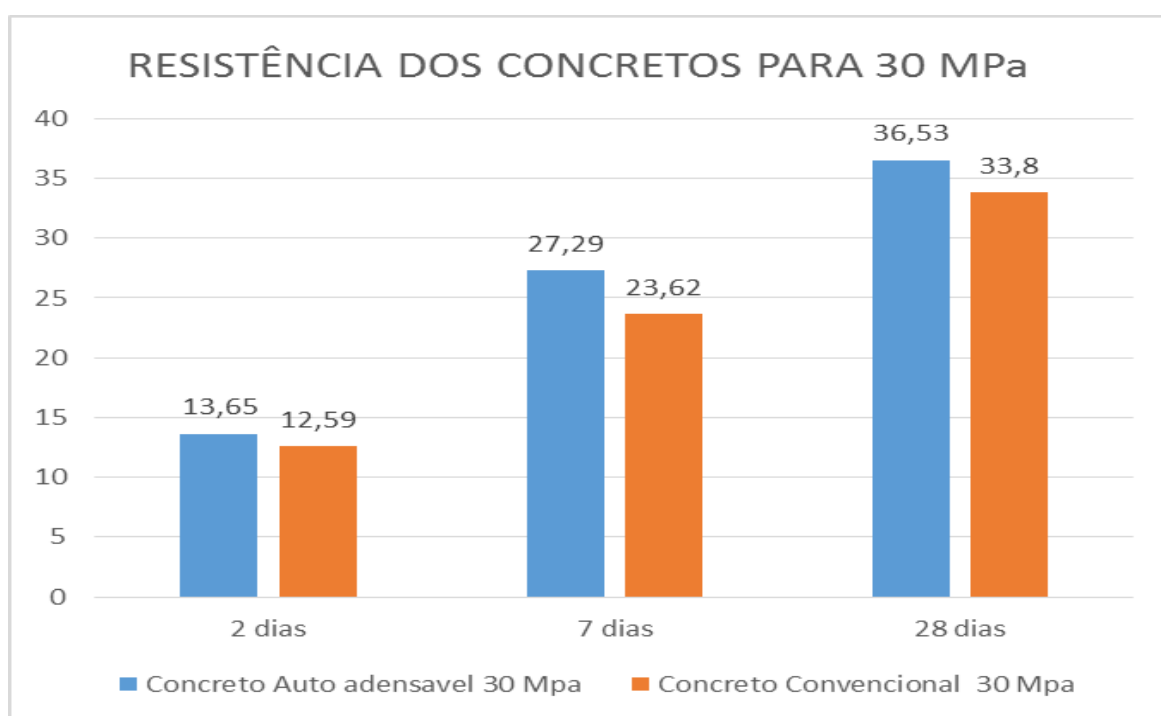
Pode-se verificar nos resultados de resistência, com o rompimento dos corpos de prova que, o concreto auto adensável apresenta um melhor desempenho comparado ao concreto convencional, com o maior ganho de resistência em menor tempo. Porém, ao verificar o concreto para resistência de 40 Mpa, pode-se observar uma pequena vantagem do concreto convencional em relação ao concreto auto adensável no segundo dia de cura, mas podemos observar também que no vigésimo oitavo dia de cura, esperava-se que o concreto convencional obtivesse a resistência de 40 Mpa, e o resultado alcançado foi de 48 Mpa de resistência, sendo 8 Mpa a mais que o esperado.

Tal resultado pode interferir diretamente nos resultados dos trabalhos, como, o custo real do concreto convencional para resistência de 40 Mpa, e o custo benefício entre os dois

concretos em estudo. Uma das possíveis causas da alteração dos resultados, pode ter sido o método de dosagem utilizado pela empresa, onde a mesma possui o método de volumes em carrinho de mão, lançados diretamente no carregador da betoneira, algo que pode variar, por ser um processo manual, e por existir uma grande chance de erro ao encher os carrinhos de mão utilizando-se de pá.

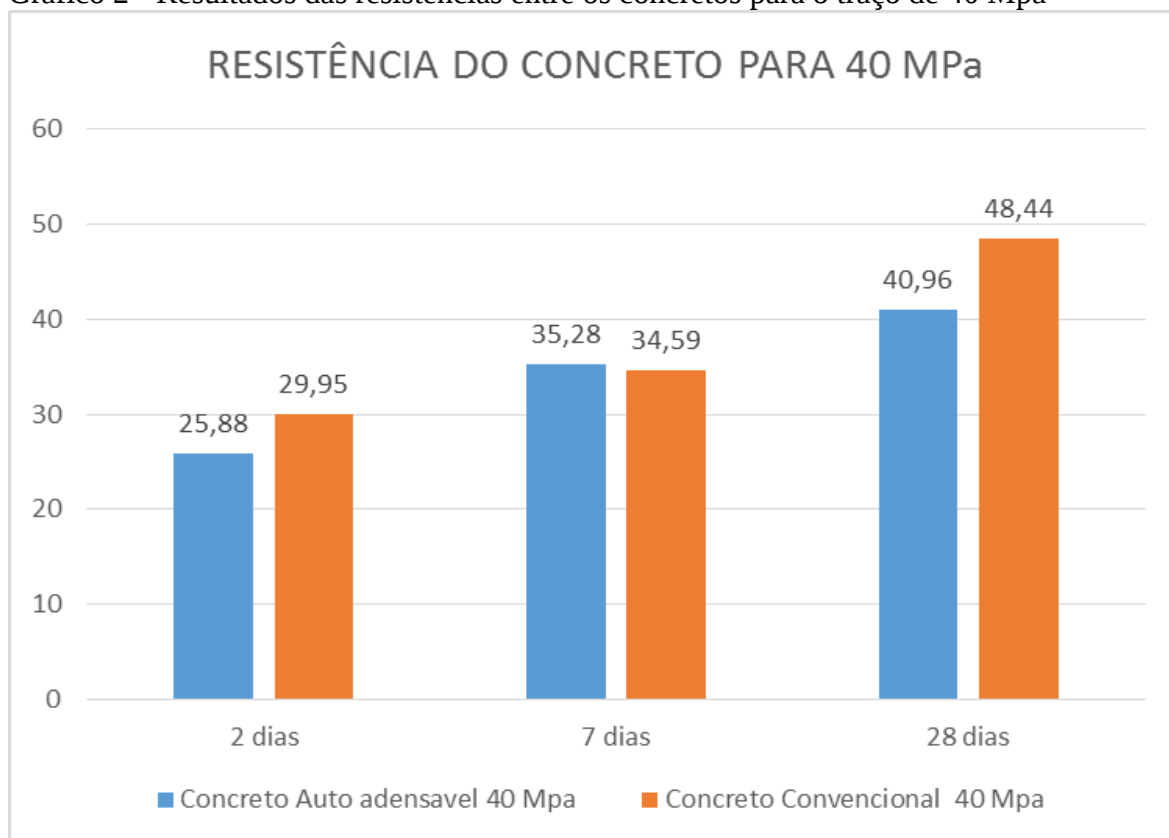
Para um melhor entendimento, pode-se analisar os Gráficos 1 e 2, que comparam os dois tipos de concreto nos quesitos resistência e idades de 2, 7 e 28 dias.

Gráfico 1 – Resultados das resistências entre os concretos para o traço de 30 Mpa



Fonte: Autor (2016)

Gráfico 2 - Resultados das resistências entre os concretos para o traço de 40 Mpa



Fonte: Autor (2016)

4.1.2 Comparativo de Custo final entre o Concreto Auto Adensável e o Concreto Convencional

Os valores citados nesse trabalho, para elaboração de custo da composição dos dois tipos de concreto, foram obtidos por meio de entrevistas diretas com o setor financeiro da empresa, foram repassados os valores de matéria prima usados na mistura dos concretos.

Seguem as Tabelas 6, 7, 8 e 9, com os traços e seus devidos valores para a composição de 1 m³ para cada um dos concretos utilizados pela empresa.

Tabela 4 - Composição de matéria prima para 1 m³ de concreto auto adensável com resistência de 30 Mpa

TRAÇO PARA CONCRETO AUTO ADESÁVEL PARA RESISTÊNCIA DE 30 MPa					
Traço: 1; 2,68; 2,75; 0,41; 0,0082					
Material Utilizado	Quantidade	Unidade	Valor	Total	Peso (%)
Cimento CP V ARI RS	344,68	Kg	R\$ 0,51	R\$ 175,79	64%
Areia média a fina	927,08	Kg	R\$ 0,03	R\$ 30,59	11%
Pedrisco 3/8 VSI	950,85	Kg	R\$ 0,04	R\$ 40,75	15%
Água	142,63	L	R\$ -	R\$ -	0%
Aditivo plastificante	2,85	L	R\$ 9,00	R\$ 25,67	9%
Valor do traço				R\$ 272,81	100%

Fonte: Autor (2016)

Tabela 5 - Composição de matéria prima para 1 m³ de concreto auto adensável com resistência de 40 Mpa

TRAÇO PARA CONCRETO CONVENCIONAL PARA RESISTÊNCIA DE 40 MPa					
Traço: 1; 2,23; 2,0; 0,34; 0,01					
Material Utilizado	Quantidade	Unidade	Valor	Total	Peso (%)
Cimento CP V ARI RS	427,17	Kg	R\$ 0,51	R\$ 217,85	65%
Areia média a fina	951,97	Kg	R\$ 0,04	R\$ 40,80	12%
Pedrisco 3/8 VSI	854,33	Kg	R\$ 0,03	R\$ 28,19	8%
Água	144,02	L	R\$ -	R\$ -	0%
Aditivo plastificante	5,13	L	R\$ 9,00	R\$ 46,13	14%
Valor do traço				R\$ 332,98	100%

Fonte: Autor (2016)

Tabela 6 - Composição de matéria prima para 1 m³ de concreto convencional com Fck de 30 Mpa

TRAÇO PARA CONCRETO CONVENCIONAL PARA RESISTENCIA DE 30 Mpa					
Traço: 1; 2,48; 2,80; 0,48					
Material Utilizado	Quantidade	Unidade	Valor	Total	Peso %
Cimento CP V ARI RS	344,58	Kg	R\$ 0,51	R\$ 175,74	72%
Areia Média a Fina	854,56	Kg	R\$ 0,03	R\$ 28,20	11%
Pedrisco 3/8 VSI	964,82	Kg	R\$ 0,04	R\$ 41,35	17%
Água	165,40	L	R\$ -	R\$ -	0%
Valor do traço				R\$ 245,29	100%

Fonte: Autor (2016)

Tabela 7 - Composição de matéria prima para 1 m³ de concreto convencional com Fck de 40 MPa

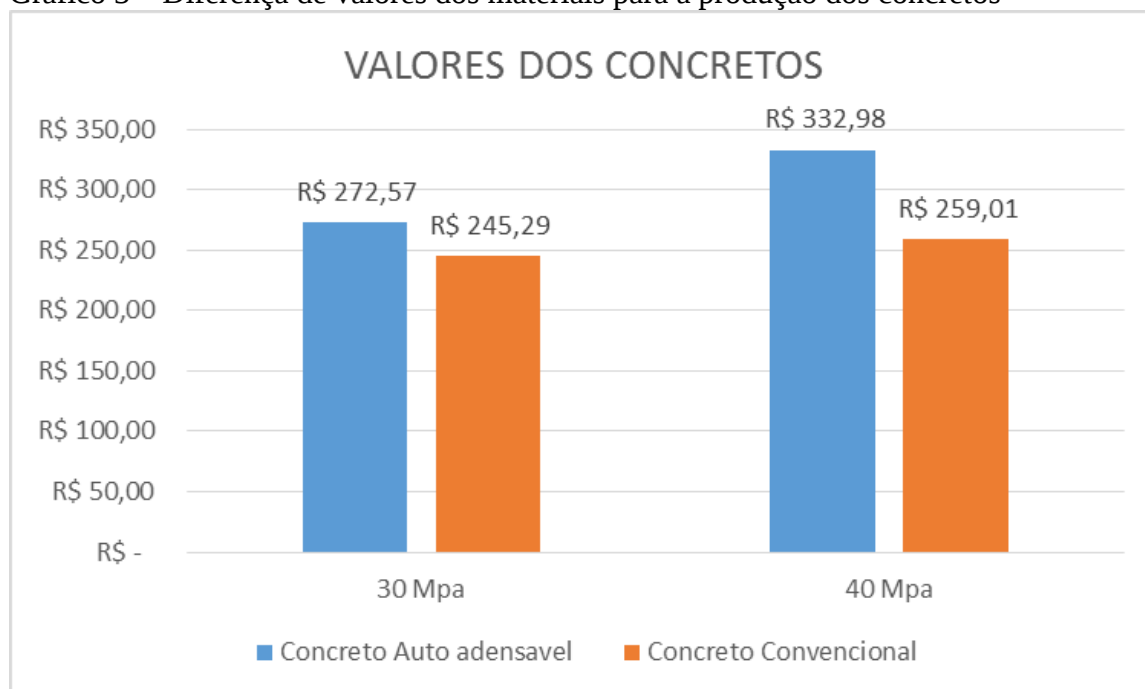
TRAÇO PARA CONCRETO CONVENCIONAL PARA RESISTÊNCIA DE 40 MPa					
Traço: 1; 2,01; 2,80; 0,45					
Material Utilizado	Quantidade	Unidade	Valor	Total	Peso %
Cimento CP V ARI RS	372	Kg	R\$ 0,51	R\$ 189,70	73%
Areia Média a Fina	748	Kg	R\$ 0,03	R\$ 24,67	10%
Pedrisco 3/8 VSI	1041	Kg	R\$ 0,04	R\$ 44,64	17%
Água	167	L	R\$ -	R\$ -	0%
Valor do traço				R\$ 259,01	100%

Fonte: Autor (2016)

No Gráfico 3, pode-se fazer uma melhor análise no resumo de preços de cada um dos concretos, sendo que, para o concreto de 30 Mpa, o concreto auto adensável se torna 11,12 % mais caro em relação ao concreto convencional. Já para o concreto de resistência de 40 Mpa, essa margem se torna maior, chegando a 28,5 % mais caro que o concreto convencional.

Tal elevação de preço do concreto auto adensável é pela necessidade de alto número de agregados finos em sua composição, em relação ao concreto convencional. Outro fator que impacta bastante no custo do concreto auto adensável, é a necessidade do uso de hiperplastificante, já que o concreto convencional não tem a necessidade de tal produto para sua confecção.

Gráfico 3 – Diferença de valores dos materiais para a produção dos concretos



Fonte: Autor (2016)

O valor de mão de obra dos funcionários foram obtidos por meio da tabela de salário para o ano de 2016, fornecida no sindicato dos trabalhadores na indústria da construção civil de Cascavel/PR, no qual a empresa se enquadra para base de salário de seus funcionários.

Segue a tabela 10 com valores das horas de cada função.

Tabela 8 – Tabela de valor da mão de obra de funcionários para cidade de Cascavel/PR

 SINDICATO DOS TRABALHADORES NAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE CASCAVEL E Rua Fagundes Varella, 2051 - Coqueiral - Cascavel - PR - CEP 85.807-480 Fone: (45) 3226 1525 - Email: sintrivel@sintrivel.org.br * Site: www.sintrivel.org.br				
ARTEFATOS DE CIMENTO				
TABELA DE SALÁRIO PARA O MÊS DE JUNHO DE 2016				
Vigência: 01/06/2016 a 31/05/2017				
Função	Nº de Horas	Mês 30 Dias	Salário Mensal	
Auxiliar	5,95	220,00	R\$	1.309,00
Profissional ou Oficial	8,03	220,00	R\$	1.766,60
Encarregado	11,42	220,00	R\$	2.512,40

DIFERENÇA DE SALARIO DE JUNHO A AGOSTO DE 2016				
Função	Junho 2016	Julho 2016	Agosto 2016	Total
Auxiliar	R\$ 116,60	R\$ 116,60	R\$ 116,60	R\$ 349,80
Profissional ou Oficial	R\$ 158,40	R\$ 158,40	R\$ 158,40	R\$ 475,20
Encarregado	R\$ 224,40	R\$ 224,40	R\$ 224,40	R\$ 673,20

Fonte: Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção Civil de Cascavel/Pr (2016)

Os valores finais de cada um dos concretos foi com base no serviço de concretagem das peças pré-moldadas, os quais foram cronometrados os tempos de concretagem tanto no concreto convencional, quanto no concreto auto adensável, chegando ao valor final para tal serviço de cada um dos concretos, incluindo mão de obra e material para a composição dos diferentes tipos de concretos.

Abaixo na Tabela 9, são apresentados os valores de mão de obra utilizado para a concretagens das peças, utilizando-se o concreto convencional e o concreto auto adensável.

Tabela 9 – Composição de mão de obra para execução de 1 m³ de concreto convencional

Valor de mão de obra para concretagem utilizando-se concreto convencional para serviços de concretagem				
Funcionário	Valor da Hora	Quantidade de horas	Total	Peso (%)
Encarregado	R\$ 11,42	1,64	R\$ 18,74	37%
Oficial	R\$ 8,03	2,33	R\$ 18,73	37%
Auxiliar	R\$ 5,95	2,22	R\$ 13,22	26%
Total por m³			R\$ 50,69	100%

Fonte: Autor (2016)

Tabela 10 – Composição de mão de obra para execução de 1 m³ de concreto convencional

Valor gasto com mão de obra para concretagem utilizando-se concreto auto adensável para serviço de concretagem				
Funcionário	Valor da Hora	Quantidade de horas	Total	Peso (%)
Encarregado	R\$ 11,42	1,15	R\$ 13,12	45%
Oficial	R\$ 8,03	0,83	R\$ 6,67	23%
Auxiliar	R\$ 5,95	1,61	R\$ 9,57	33%
Total por m³			R\$ 29,36	100%

Fonte: Autor (2016)

Pode-se analisar nas tabelas 9 e 11, que com a utilização do concreto auto adensável há uma redução de aproximadamente 42% do valor gasto com mão de obra.

É possível ver as Tabelas 11 e 12 com seus valores finais dos serviços para cada tipo de concreto.

Tabela 11 - Valor final para serviço de concretagem com concreto de 30 Mpa

Comparativo de custo entre o concreto convencional e concreto auto adensável para resistência de 30 Mpa aos com idade de 28 dias				
Serviço	Concreto Convencional	Concreto Auto adensável	Diferença de Valores entre os produtos R\$/m³	Peso (%)
	Valor R\$/m³	Valor R\$/m³		
Valor da Composição do concreto	R\$ 245,29	R\$ 272,57	R\$ 27,28	11%
Mão de obra Encarregado	R\$ 18,74	R\$ 13,12	-R\$ 5,62	43%
Mão de obra Oficial	R\$ 18,73	R\$ 6,67	-R\$ 12,06	181%
Mão de obra Auxiliar	R\$ 13,22	R\$ 9,57	-R\$ 3,65	38%
Equipamento de Vibração	R\$ 0,64	R\$ -	-R\$ 0,64	100%
Valor total do m³	R\$ 296,62	R\$ 301,93	R\$ 5,31	1,79%

Fonte: Autor (2016)

Tabela 12 - Valor final para serviço de concretagem com concreto de 40 Mpa

Comparativo de custo entre o concreto convencional e concreto auto adensável para resistência de 40 Mpa aos com idade de 28 dias				
Serviço	Concreto Convencional	Concreto Auto adensável	Diferença de Valores entre os produtos R\$/m³	Peso (%)
	Valor R\$/m³	Valor R\$/m³		
Valor da Composição do concreto	R\$ 259,01	R\$ 332,98	R\$ 73,97	29%
Mão de obra Encarregado	R\$ 18,74	R\$ 13,12	-R\$ 5,62	43%
Mão de obra Oficial	R\$ 18,73	R\$ 6,67	-R\$ 12,06	181%
Mão de obra Auxiliar	R\$ 13,22	R\$ 9,57	-R\$ 3,65	38%
Equipamento de Vibração	R\$ 0,64	R\$ -	-R\$ 0,64	1%
Valor total do m³	R\$ 310,34	R\$ 362,34	R\$ 52,00	17%

Fonte: Autor (2016)

Pode-se analisar, com relação a Tabela 12, que o concreto auto adensável obteve uma diferença no valor final para o serviço de concretagem das peças de R\$ 52,00 a mais em relação ao concreto convencional, cerca de 17% mais caro. Grande desvantagem se dá, pelo motivo da diferença de valores da composição dos concretos, algo em torno de 28,55% a mais em relação ao concreto convencional, como se pode ver no Gráfico 4.

Porém, é possível analisar que todos os serviços de mão de obra utilizados para a concretagens das peças se tornaram mais barato, tendo uma queda considerável na mão de obra utilizada para tal serviço, quando se utiliza o concreto auto adensável.

Tal queda de percentual em relação a valores tem muito a ver com a eliminação de mão de obra para adensamento do concreto, já que ao utilizar-se o concreto auto adensável, está-se eliminando toda a mão de obra de adensamento do mesmo, serviço este que não se pode eliminar ao utilizar o concreto convencional.

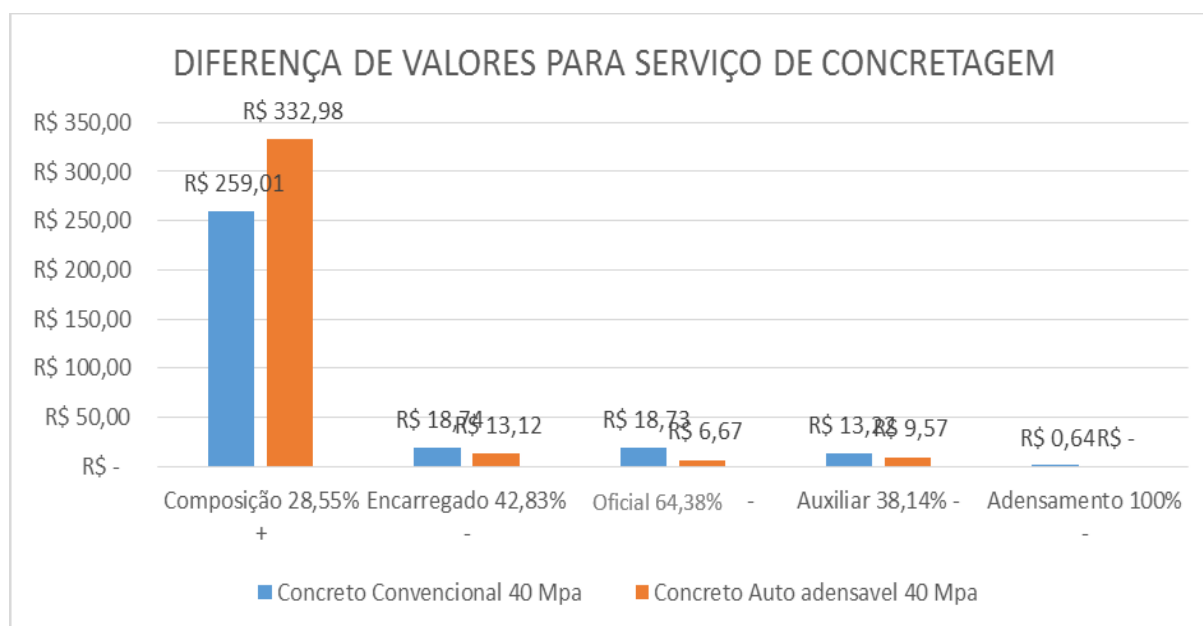
Outro fator importante que colaborou para a queda de percentual foi a redução de tempo que se obteve ao utilizar o concreto auto adensável, conforme dito acima, todo o serviço de concretagem foi cronometrado do começo ao fim, tanto pra concreto auto adensável, quanto para o concreto convencional.

Para a concretagem das peças com o concreto convencional, começou-se o processo às 15h com término às 17h30, com tempo de 2h30. Já se utilizando o concreto auto adensável, os serviços se iniciaram às 15h35, com término às 17h35, com tempo decorrido de 2h.

Com esses dados, pode-se observar que se obteve uma redução de tempo de 20% quando utilizado o concreto auto adensável para a concretagem das peças.

Segue abaixo o Gráfico 4, destacando a diferença de porcentagem da composição e dos serviços utilizados para concretagens de peças pré-moldadas.

Gráfico 4 – Diferença de valores entre os concretos



Fonte: Autor (2016)

4.1.3 Vantagens e Desvantagens do uso do Concreto Auto Adensável em relação ao Concreto Convencional.

Antes de citar as vantagens e desvantagens, pode-se analisar as Figuras 10 e 11, para verificação da qualidade final da peça entre o concreto auto adensável e concreto convencional.

Figura 9 – Placa pré-moldada concretada com concreto auto adensável



Fonte: Autor (2016)

Figura 102 - Placa pré-moldada concretada com concreto auto adensável



Fonte: Autor (2016)

Pode-se analisar que houve, claramente, uma grande diferença entre os tipos de concreto, uma das falhas mais notáveis comparando um concreto ao outro, foi a ocorrência de bolhas nas peças concretadas com o convencional, fato este eliminado com o auto adensável, devido o mesmo possuir alta fluidez nas formas e ter maior capacidade de preencher os vazios.

Já o concreto convencional necessita de adensamento por energia mecânica, utilizando-se equipamento de vibração, porém, tal processo exige elevado conhecimento e atenção, pois a tarefa executada de maneira errada pode acarretar em várias falhas, por exemplo, a grande ocorrência de bolhas, conforme se pode ver na Figura 11.

Abaixo se encontram algumas das vantagens e desvantagens analisadas na elaboração do uso do concreto auto adensável.

Desvantagens

- ✓ Alto custo da composição para a confecção do concreto;
- ✓ Maior controle dos materiais e do processo de fabricação;
- ✓ Exige maior treinamento e conhecimento dos profissionais envolvidos no processo de produção do concreto;

Vantagens:

- ✓ Eliminação da mão de obra no processo de adensamento do concreto;
- ✓ Redução em cerca de 20% do tempo de serviço;
- ✓ Maior ganho de resistência em determinado período;
- ✓ Elimina o uso de equipamento de adensamento;
- ✓ Prolonga a vida útil das formas, devido à eliminação da vibração do concreto.
- ✓ Maior gasto e manutenção com equipamentos de vibração do concreto;
- ✓ Pode gerar danos nas formas devido ao processo de vibração;

CAPÍTULO 5

5. 1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a análise entre dois diferentes tipos de concretos, utilizados para concretagens de peças pré-moldadas. Com este, foi possível observar as vantagens e desvantagens no uso de cada um dos diferentes tipos de concretos e, ainda, verificar a diferença de valores, onde gera mais impacto na diferença de valores, podendo analisar se é viável ou não a utilização de tal concreto.

De modo geral, espera-se demonstrar os valores finais dos serviços das concretagens das peças pré-moldadas, utilizando-se os dois tipos de concreto, no qual foi visto que, apesar de eliminar consideravelmente uma grande porcentagem de mão de obra, utilizando o concreto auto adensável, ele ainda torna o custo mais elevado, devido a sua composição ser mais cara.

Pode-se ver, também, que houve uma série de vantagens do concreto auto adensável em relação ao concreto convencional e que mesmo o produto sendo mais caro, é viável a sua utilização em empresas com grande escala de produção, por conseguir uma considerável redução no tempo de serviço de concretagem das peças pré-moldadas, quando comparado ao concreto convencional.

Porém, para empresas de pequeno porte, onde sua produção é limitada ou não há uma produção em escala, o uso do concreto auto adensável se torna inviável, por tornar o custo final mais elevado, podendo encarecer o valor final da peça pré-moldada.

Apesar de existir muitas vantagens sobre o uso do concreto auto adensável, vale a pena salientar que, para a produção deste concreto, é exigido um maior conhecimento teórico e prático sobre o concreto auto adensável, exigindo mão de obra especializada e profissionais competentes para elaboração do tipo de concreto. Pois, não existe uma forma exata de cálculo para a obtenção do traço para este tipo.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Elaboração de novos traços para o concreto auto adensável com a intenção de baixar o custo da composição;
- ✓ Uso de alguma outra matéria prima para diminuir o consumo de cimento, como por exemplo: sílica ativa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67/1998** Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

_____. **NBR 9062/2006** Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.

_____. **NBR 5738/2003** - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.

_____. **NBR 5739/2007** – Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

_____. **NBR 15823/2010** – Determinação do Espalhamento e do Tempo de Escoamento – Método do Cone de Abrams.

Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem – ABESC. **Concreto em Destaque**. Disponível em < <http://www.abesc.org.br/assets/files/concreto-em-destaque.pdf> > acesso em: 24 mai.2016.

Camara Brasileira da Indústria Construção Civil premiando a Qualidade. **Utilização de concreto auto-adensável em estruturas de edifícios com custos inferiores ao concreto convencional**. Disponível em:

http://www.realmixconcreto.com.br/downloads/Nova_Tecnica_Concreto_Auto_Adensavel.pdf > Acesso em: 20 mar.2016.

AMBROZETTO, J.J.; POLDI E. H.T.; PONTES, F; LINTZ, R. C. C.; **Estudos Bibliográficos sobre Concreto Auto-Adensável**. Disponível em:

< <http://www.prp.rei.unicamp.br/pibic/congressos/xxcongresso/paineis/000185.pdf> > Acesso em: 20 mar.2016.

LARA F. N. D; LIMA, K. U; MESQUITA, D. C. S.; VIEIRA, D. C.; SANTANA, A. F. R.; **Análise dos Benefícios Econômicos Provenientes do uso do Concreto Auto-Adensável**. Disponível em:

<<http://www.ifnmg.edu.br/arquivos/2016/proppi/sic/resumos/82ce6e1c-4eb1-40f7-b4b7-1f3b59dd780d.pdf>> Acesso em: 20 Mar. 2016.

TUTIKIAN, B.F; MOLIN, D.C. **Concreto Auto-Adensável**. 2008.

VARELA M. **Granulometria**. Disponível em:

<<https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/granulometria-1/granulometria>> Acesso em: 05 de outubro de 2016.

Dosagem de Concreto. Disponível em:

<<https://www.unochapeco.edu.br/static/data/portal/downloads/1279.pdf>> Acesso em: 05 Out. 2016.

MELADO, B. A. M. **Concretos - Tipos de Concretos**. Disponível em <

<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/05/concretos1.pdf> > Acesso em: 05 Out 2016.

ALMEIDA, L. C. **Concreto Notas de aula da disciplina AU414 - Estruturas IV– Concreto armado**. Disponível em < <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf> > Acesso em: 06. Out 2016.

ENSAIO DE SLUMP. Disponível em Disponível em <[Test
http://www.clubedoconcreto.com.br/?](http://www.clubedoconcreto.com.br/?)> Acesso em: 06 Out. 2016.

LABORATÓRIO SENAI DE CASCAVEL/PR. Disponível em<
<http://www.senaipr.org.br/cascavel-1-9523-69469.shtml> > Acesso em: 06. Out. 2016.

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE PROPRIEDADES DO CONCRETO
AUTOADENSÁVEL VISANDO SUA APLICAÇÃO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS.

Disponível em:

<http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgec/dissertacoes_arquivos/Dissertacoes/Diogo%20Jatoba%20de%20Holanda%20Cavalcanti.pdf> Acesso em: 05 Out. 2016.