



**AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DA INCLINAÇÃO E DA APLICAÇÃO
DE PONTE DE ADERÊNCIA EM JUNTAS DE CONCRETAGEM NA
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO UTILIZANDO TELAS DE AÇO**

SÃO PAULO
2019



LAURA REBEL MOREIRA ALVES
LUIZA FORLIN PEREIRA ERTHAL RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DA INCLINAÇÃO E DA APLICAÇÃO
DE PONTE DE ADERÊNCIA EM JUNTAS DE CONCRETAGEM NA
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO UTILIZANDO TELAS DE AÇO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

SÃO PAULO
2019

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil Carlos Britez da empresa Britez Consultoria, pela sugestão de emprego de telas de aço no estudo de juntas de concretagem, em decorrência do desempenho que esta metodologia obteve em teste realizado na prática em uma obra em que o mesmo participou na cidade do Rio de Janeiro/RJ.

Aos engenheiros civis José Roberto Falcão Bauer e Luís Borin da empresa Falcão Bauer, pelas recomendações técnicas referentes à tecnologia do concreto.

À empresa L. A. Falcão Bauer – C.T.C.Q. Ltda., pela disponibilização do laboratório e dos equipamentos de ensaio necessários para a realização do presente trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a interferência da inclinação e da aplicação de ponte de aderência em juntas de concretagem na resistência à tração na flexão utilizando telas de aço. Para tal, foram realizados ensaios de tração na flexão em corpos de prova prismáticos com juntas inclinadas a 45° e a 90° com e sem a aplicação de ponte de aderência. Para garantir a inclinação e o posicionamento das juntas no meio dos corpos de prova durante a primeira etapa de concretagem, foi utilizada tela padrão viveiro, fixada às formas com arames. Após a realização dos ensaios, foi feito um tratamento estatístico nos resultados obtidos, concluindo-se que mediante emprego de ponte de aderência em junta inclinada obtêm-se valores estatisticamente similares aos observados para os corpos de prova de referência, que não apresentam juntas de concretagem. A execução de junta de concretagem inclinada sem o emprego de ponte de aderência ainda assim produziu resultados superiores ao observado em juntas de construção verticais, tanto com e sem o emprego de ponte de aderência, estando estes últimos estatisticamente empatados.

Palavras chave: juntas de concretagem; juntas frias; ponte de aderência; tração na flexão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalhe da junta de concretagem com uso de tela de aço galvanizada (Britez et al. 2013)	24
Figura 2. Detalhe do funcionamento de tela de aço galvanizada durante a concretagem: pouca fuga de nata (Britez et al. 2013).....	24
Figura 3. Junta de concretagem com posicionamento vertical a 90°	31
Figura 4. Junta de concretagem com posicionamento inclinado a 45°.....	31
Figura 5. Perspectiva do dispositivo auxiliar para a realização do ensaio.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Traço de concreto.....	32
Tabela 2. Resultados corpos de prova sem junta de concretagem.....	53
Tabela 3. Resultados corpos de prova com junta 90° e com ponte de aderência.....	54
Tabela 4. Resultados corpos de prova com junta 45° e com ponte de aderência.....	55
Tabela 5. Resultados corpos de prova com junta 90° e sem ponte de aderência.....	56
Tabela 6. Resultados corpos de prova com junta 45° e sem ponte de aderência.....	57
Tabela 7. Comparativo da redução das resistências à tração na flexão dos corpos de prova de concreto, frente aos diferentes tipos de juntas de concretagem.....	61

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS.....	8
SUMÁRIO.....	9
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.2.1. Objetivo Geral	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
1.3. HIPÓTESE	14
1.4. JUSTIFICATIVAS	14
1.4.1. Tecnológicas.....	15
1.4.2. Econômicas	15
1.4.3. Sociais	15
1.4.4. Ecológicas	16
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	17
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	33
3.1 DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE JUNTAS DE CONCRETAGEM.....	33
3.2 DOSAGEM DO CONCRETO.....	34
3.3 PREPARO DAS FORMAS E POSICIONAMENTO DAS TELAS METÁLICAS NA REGIÃO DE JUNTA DE CONCRETAGEM	36
3.4 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA NA 1ª ETAPA DE CONCRETAGEM.....	38
3.5 DESMOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA NA 1ª ETAPA DE CONCRETAGEM.....	40

3.6	PREPARO DAS JUNTAS E MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA NA 2ª ETAPA DE CONCRETAGEM	40
3.7	RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS DIFERENTES TIPOS DE JUNTAS DE CONCRETAGEM..	43
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	55
4.1	CORPOS DE PROVA DE REFERÊNCIA	55
4.2	CORPOS DE PROVA APRESENTANDO JUNTA VERTICAL (90°) E PONTE DE ADERÊNCIA.....	56
4.3	CORPOS DE PROVA APRESENTANDO JUNTA INCLINADA A 45° E PONTE DE ADERÊNCIA.....	56
4.4	CORPOS DE PROVA APRESENTANDO JUNTA NA VERTICAL (90°) E SEM PONTE DE ADERÊNCIA.....	57
4.5	CORPOS DE PROVA APRESENTANDO JUNTA INCLINADA A 45° E SEM PONTE DE ADERÊNCIA.....	58
4.6	COMPARATIVO DOS RESULTADOS	59
4.7	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	60
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	62
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
	ANEXO A.....	71

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho serão tecidas considerações acerca da avaliação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos moldados com posicionamento de junta de concretagem a 45° e a 90°, considerando-se o emprego ou não de ponte de aderência na interface entre diferentes etapas de concretagem. Uma das séries de corpos de prova foi moldada de uma única vez, sem junta de concretagem, para ser utilizada como referência para o presente estudo.

A programação prévia de execução de juntas de concretagem em obras civis decorre normalmente da necessidade de se concretar grandes trechos de lajes ou quaisquer outros elementos estruturais de grande porte, sendo necessária a interrupção da concretagem por motivos relacionados à tecnologia do concreto, objetivando realizar a compensação da retração plástica, bem como operacionais, como, por exemplo, por limitação de área de trabalho (espaço reduzido para o posicionamento de caminhões e bombas), restrições de horário de trabalho, de fornecimento do concreto por parte de concreteiras, entre diversos outros fatores.

A realização do planejamento de interrupção de concretagem em obra se torna importante para garantir que, quando da continuidade da concretagem, ocorra a adequada aderência entre concretos de diferentes etapas de concretagem, tornando o elemento estrutural monolítico e eliminando a possível ocorrência de manifestações patológicas nestes locais, tais como fissuras, segregações, infiltrações, entre outras ocorrências. Através deste planejamento, é possível optar pela utilização de tela hexagonal padrão viveiro, transpassada em duas vezes nas regiões de junta de concretagem, proporcionando uma maior facilidade no tratamento local, visto que com o emprego de tela não se faz necessário o apicoamento do concreto na região de junta para garantir a aderência entre o concreto antigo e o novo.

Além da apresentação dos subsídios técnicos obtidos através de ensaios laboratoriais, neste trabalho serão tecidas considerações acerca das dificuldades operacionais em se realizar cada um dos diferentes tipos de juntas de concretagem ensaiados, para que se tenha com clareza uma percepção de que nem sempre a melhor condição constatada em laboratório representa facilidade e praticidade quanto à execução in loco.

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica e discorre sobre as estruturas de concreto armado e seus materiais constituintes, sobre a execução de juntas de concretagem, o emprego de pontes de aderência e manifestações patológicas que podem ser observadas quando não se faz um tratamento adequado na região de interface entre diferentes etapas de concretagem.

O **Capítulo 3** trata sobre o estudo de campo empregado neste trabalho, apresentando as etapas de moldagem dos corpos de prova prismáticos em duas etapas de concretagem e ruptura.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados obtidos mediante realização de cálculo estatístico dos valores de resistência à tração na flexão dos corpos de prova prismáticos rompidos, comparando-se com a sua forma de ruptura.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Qual é o impacto na resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos de concreto, através da execução de juntas de concretagem verticais ou inclinadas com telas metálicas, considerando-se o emprego ou não de ponte de aderência na ligação entre diferentes etapas de concretagem?

1.2. OBJETIVOS

Neste tópico serão mencionados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar a interferência da inclinação e da aplicação de ponte de aderência em juntas de concretagem na resistência à tração na flexão utilizando tela de aço.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Avaliar se a aplicação de ponte de aderência na ligação entre concretos de diferentes etapas de concretagem confere relevante ganho de resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos, frente aos elementos que não receberam este tipo de produto industrializado na interface da junta;
- b) Avaliar se o emprego de telas galvanizadas padrão viveiro em região de junta quando se planeja a paralisação de uma concretagem produz resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos com ordem de grandeza similar a corpos de prova de referência, moldados de uma única vez, sem junta de concretagem;
- c) Verificar comparativamente o impacto da inclinação de juntas de concretagem na resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos, considerando-se posicionamentos da junta a 45° e a 90°;

- d) Apresentar considerações gerais a respeito das vantagens e desvantagens quanto a cada tipo de execução de juntas de concretagem propostos neste trabalho.

1.3. HIPÓTESE

Supõe-se que o emprego de ponte de aderência na região de juntas de concretagem impacte em uma maior resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos de concreto, se comparado à execução de juntas de concretagem sem o emprego deste produto.

Referente à inclinação de juntas de concretagem, a 45° ou a 90°. Espera-se que com a inclinação de 45° se obtenha maior resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos de concreto, se comparado à execução de juntas a 90°, em decorrência de uma maior superfície de contato, aumentando a aderência entre os concretos das diferentes etapas de concretagem.

1.4. JUSTIFICATIVAS

O presente trabalho se justifica pela crescente demanda por execução de grandes volumes de concretagem, que carecem de paralisação para conter efeitos de retração plástica e por secagem, e até mesmo por questões logísticas de concreteiras e da organização do canteiro de obras para acesso dos caminhões, posicionamento de bombas, entre diversos outros fatores que impactam no processo de concretagem.

A seguir são apresentadas as justificativas subdivididas por área de interesse.

1.4.1. Tecnológicas

Desenvolvimento de um programa experimental para a avaliação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos de concreto utilizando-se diferentes tipos de juntas de concretagem, com e sem ponte de aderência e com inclinação de 45° ou 90°, comparativamente a corpos de prova de referência, moldados através de uma única etapa de concretagem.

1.4.2. Econômicas

A execução de juntas de concretagem de forma satisfatória, que se mostrem com relevante equivalência à realização de concretagens em uma única etapa impacta na redução de manifestações patológicas oriundas da má execução de juntas, reduzindo possíveis gastos futuros com manutenções na estrutura em decorrência deste tipo de falha executiva. Além da possível redução da capacidade portante da estrutura, a presença de falhas nas juntas reduz a sua vida útil, pois permite o ingresso mais facilmente de agentes agressivos, podendo ocasionar inclusive infiltrações por estes pontos, caso estejam situados em áreas expostas às intempéries.

1.4.3. Sociais

A realização de tratamento adequado em região de juntas de concretagem impacta na eliminação de possíveis recuperações futuras que deveriam ser realizadas nestes pontos caso não fossem utilizadas as boas práticas da engenharia, reduzindo o incômodo aos usuários da edificação.

Adicionalmente, em regiões expostas às intempéries, a execução inadequada de juntas de concretagem pode propiciar a percolação direta de águas pluviais ou de lavagem do piso, impactando no surgimento de fungos e musgos

pela presença de umidade, tendo como consequência não somente a degradação da estrutura de concreto armado no decorrer do tempo, como também incômodo aos usuários e impacto direto na saúde dos mesmos.

1.4.4. Ecológicas

A eliminação do tratamento de manifestações patológicas em decorrência de falhas executivas em juntas de concretagem impacta em redução da quantidade de materiais de reparo a serem utilizados, com consequente diminuição na geração de resíduos da construção civil.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com a finalidade de se atingir os objetivos expostos no item 1.2 deste documento técnico, o presente trabalho se desdobrará em três etapas principais:

- a) Realização de revisão bibliográfica acerca da execução de juntas de concretagem e das manifestações patológicas que ocorrem na interface entre concretos de diferentes etapas de concretagem quando a execução não é feita adequadamente;
- b) Pesquisa bibliográfica a respeito do emprego de pontes de aderência em região de juntas de concretagem e sobre o impacto da inclinação da junta na aderência entre os concretos;
- c) Execução de programa experimental, onde serão realizados ensaios de determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos de concreto, sendo uma série de referência moldada de uma única vez, sem junta, e demais séries considerando posicionamento de junta de concretagem a 45° e a 90° e com o emprego de ponte de aderência.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentadas considerações referentes às estruturas de concreto armado, seus materiais constituintes, execução de juntas de concretagem com e sem o emprego de telas metálicas e aplicação de pontes de aderência.

2.1 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

A concepção de estruturas de concreto armado ocorreu em meados do século 19 e desde então é considerado o método construtivo mais utilizado no mundo (DYER, 2015). Constitui-se basicamente da união de concreto e aço, formando um sistema mutuamente benéfico. O concreto possui elevada resistência à compressão e baixa à tração. O aço, por sua vez, tem como uma das suas principais características uma elevada resistência à tração, compensando esta deficiência do concreto simples. (PINHEIRO et al., 2010).

De acordo com Bastos (2006), os primeiros materiais a serem empregados nas construções foram a pedra natural e a madeira, sendo o ferro e o aço empregados séculos depois. O concreto armado somente surgiu mais recentemente, por volta de 1850. Para um material de construção ser considerado bom, ele deve apresentar duas características básicas: resistência e durabilidade. A pedra natural tem resistência à compressão e durabilidade muito elevadas, porém, tem baixa resistência à tração. A madeira tem razoável resistência, mas tem durabilidade limitada. O aço tem resistências, elevadas, mas requer proteção contra corrosão. O concreto armado surgiu então da necessidade de se aliar as qualidades da do concreto e do aço.

2.1.1. Armaduras

De acordo com Pinheiro et al. (2010) o aço é uma liga de ferro-carbono com elementos adicionais, resultante da primeira redução do minério de ferro. Os aços com finalidade estrutural possuem teores de carbono variando entre 0,18% e 0,25%. Dentre suas principais vantagens, pode-se citar ductilidade, incombustibilidade, facilidade de ser trabalhado, resistência à tração, compressão, flexão e torção, resistência ao impacto, abrasão e desgaste.

Segundo Gonçalves (2015), a obtenção do aço é feita através da mistura de minério de ferro, coque (retirado de carvão mineral) e fundentes (como as “cástinas” que são argilas calcárias, que funcionam também como corretor de pH), que são sintetizados em um equipamento chamado alto-forno, sob temperaturas da ordem de 1500 °C. O aço possui tensão de escoamento bem definida, e cada tipo é especificado com relação a esta propriedade. Denominam-se através das letras CA, seguindo do valor da tensão de escoamento medido em kgf/mm². O aço possui módulo de elasticidade único no valor de 210 GPa.

Os aços estruturais para concreto armado, de fabricação nacional podem ser classificados em dois grupos principais (FREITAS, 2007):

- a) Aços de dureza natural laminados a quente: são os mais utilizados no concreto armado, como o CA-25 e CA-50, antigamente denominados aços tipo A. Os aços CA-50 apresentam mossas (saliências) que aumentam a aderência. Como eles são laminados a quente, não perdem suas propriedades de resistência quando aquecidos ao rubro e resfriados em seguida (condicionalmente até 1100 °C a 1200 °C). Com isso, podem ser soldados com eletrodos consumíveis comerciais, e não sofrem demasiadamente a ação de chamas moderadas, como no caso de incêndios;
- b) Aços encruados a frio: são aços obtidos por tratamentos a frio dos aços comuns, como os atuais CA-60, antigamente denominados aços tipo B. O aço encruado a frio por torção combinada com tração. Havendo

defeitos no material, ele rompe por ocasião do encruamento, o que torna o processo de fabricação um verdadeiro ensaio de detecção de defeitos.

No entanto, uma das suas desvantagens é sua susceptibilidade à corrosão, o que ocasiona a perda de material da superfície como resultado de uma reação química, com consequente redução de seção transversal e perda de capacidade portante (DYER, 2015).

Adicionalmente, tem-se como desvantagens ao uso do concreto armado (GONÇALVES, 2015):

- a) Peso próprio elevado, relativamente à resistência;
- b) Reformas e adaptações são de difícil execução;
- c) Fissuração (existe, ocorre e deve ser controlada);
- d) Baixo grau de proteção térmica. Transmite calor e som.

Desta forma, para se realizar a concretagem deve-se atentar para as condições da armadura, cuja superfície necessita estar sem ferrugens e substâncias deletérias que impactem negativamente o aço, o concreto ou a aderência entre eles. De acordo com a norma ABNT (2014):

Armaduras que apresentem produtos destacáveis na sua superfície em função de processo de corrosão devem passar por limpeza superficial antes do lançamento do concreto. Após limpeza deve ser feita uma avaliação das condições da armadura, em especial de eventuais reduções de seção. Armaduras levemente oxidadas por exposição ao tempo em ambientes de agressividade fraca a moderada, por períodos de até três meses, sem produtos destacáveis e sem redução de seção, podem ser empregadas em estruturas de concreto. Caso a armadura apresente nível de oxidação que implique em redução de seção, deve ser feita uma limpeza enérgica e posterior avaliação das condições de utilização.

De acordo com Bertolini (2010), a corrosão de armaduras pode ter vários efeitos:

- a) Pode influir na segurança estrutural, reduzindo a seção resistente dos elementos de suporte ou dos elementos de junção;
- b) Quando o componente é vinculado ou mesmo completa ou parcialmente imerso em um material rígido e frágil, a ação expansiva dos produtos de corrosão pode induzir distorções ou fissurações;
- c) Quando o ataque é localizado, a corrosão pode determinar a perfuração do componente; no caso de tubulações ou recipientes, há, portanto, o risco de perda de líquidos ou gases;
- d) Para combinações específicas de material metálico, ambiente e condições de solicitação mecânica, podem formar-se fissuras que podem levar a perigosas rupturas imprevistas, mesmo nos materiais mais tenazes;
- e) Enfim, a corrosão pode simplesmente alterar o aspecto da estrutura.

Segundo Bertolini (2010), a corrosão na superfície dos metais em contato com ambientes úmidos ocorre por meio de um processo eletroquímico. Podem-se especificar quatro processos:

- a) Uma reação anódica de oxidação do metal, que propicia a formação de produtos de corrosão e torna disponíveis elétrons na rede cristalina do metal;
- b) Uma reação catódica, que reduz uma espécie química presente no ambiente agressivo e consome os elétrons produzidos pelo processo anódico;
- c) A circulação de corrente no metal, gerada pelo fluxo de elétrons na rede cristalina do metal;
- d) A circulação de corrente no ambiente, produzida pela migração elétrica dos íons dissolvidos na solução líquida em contato com a superfície do metal.

Segundo Helene (1993), no sentido mais amplo, a corrosão pode ser definida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, seja por ação física, química, eletroquímica, ou a combinação destas. Em se tratando da deterioração de aço, dois são os processos de corrosão que podem agir; o

denominado de corrosão eletroquímica, de grande importância no campo da corrosão das armaduras, e o de oxidação direta.

Na corrosão eletroquímica o fenômeno ocorre como resultado da formação de pilhas ou células de corrosão devido à presença de umidade, água ou uma solução aquosa na superfície das barras ou no concreto que a envolve, que possam atuar como eletrólito. A dissolução do aço ocorre nas regiões anódicas e o processo não é uniforme, pois nas regiões catódicas o ataque pode ser considerado desprezível. A corrosão das armaduras de aço em presença de umidade ou à temperatura ambiente pode ser considerado sempre um processo de corrosão do tipo corrosão eletroquímica.

Na oxidação direta, por sua vez, os átomos do aço reagem diretamente com o oxigênio. Geralmente é uma reação gás-metal ou íon-metal com formação de uma película uniforme e contínua de óxido de ferro. Este tipo de corrosão é muito lento à temperatura ambiente, podendo ser significativo somente em altas temperaturas. Em geral acarreta uma corrosão uniforme que ocorre igualmente sobre toda a superfície da armadura.

2.1.2 Concreto

De acordo com Neville e Brooks (2013), o concreto é um material composto por cimento, agregados e possíveis adições, tais como pozolanas, polímeros, fibras, aditivos e outros.

Segundo Pinheiro et al. (2010), os aglomerantes unem os fragmentos de outros materiais. No concreto, em geral, se emprega cimento Portland, que por ser um aglomerante hidráulico, reage com a água e endurece com o tempo. Os agregados, por sua vez, são partículas minerais que aumentam o volume da mistura, reduzindo o seu custo, além de contribuírem para a estabilidade volumétrica do produto final.

Como uma de suas propriedades, apresenta boa resistência à compressão. Esta característica está relacionada a outras propriedades do concreto, tais como

massa específica, impermeabilidade, durabilidade, resistência à abrasão, ao impacto, à tração, à resistência a sulfatos, entre outros (NEVILLE & BROOKS, 2013).

De acordo com Pinheiro et al. (2010), a execução de estruturas de concreto armado apresenta diversas vantagens, a saber:

- a) É moldável, permitindo grande variabilidade de formas e de concepções arquitetônicas;
- b) Apresenta boa resistência à maioria dos tipos de solicitação, desde que seja feito um cálculo correto e um adequado detalhamento das armaduras;
- c) A estrutura é monolítica, com trabalho conjunto, se a peça é solicitada;
- d) Apresenta baixo custo dos materiais – água e agregados;
- e) Baixo custo de mão de obra, pois, em geral, a produção de concreto convencional não exige profissionais com elevado nível de qualificação;
- f) Processos construtivos conhecidos e bem difundidos em quase todo o país;
- g) Facilidade e rapidez de execução, principalmente se forem utilizadas peças pré-moldadas;
- h) O concreto é durável e protege as armaduras contra corrosão;
- i) Os gastos com manutenção são reduzidos, desde que a estrutura seja bem projetada e adequadamente construída;
- j) O concreto é pouco permeável à água, quando dosado corretamente e executado em boas condições de plasticidade, adensamento e cura;
- k) É um material com bom comportamento em situações de incêndio, desde que adequadamente projetado para essas situações;
- l) Possui resistência significativa a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e desgastes mecânicos.

Tem-se como expectativa que o concreto mantenha sua resistência necessária e sua condição de utilização durante a vida útil esperada, suportando o processo de deterioração em que estará exposto. A redução da vida útil da estrutura se manifesta pela deterioração, que pode ocorrer de fatores externos e/ou internos ao concreto, podendo ser decorrentes de ações físicas, mecânicas ou químicas (NEVILLE, 2016).

Em pesquisa realizada na década de 80, constatou-se que a execução é a principal causa de ocorrências de manifestações patológicas no concreto, representando 52% dos casos. Projetos, utilização inadequada e materiais correspondem a 18%, 24% e 6%, respectivamente. Este fato está associado à baixa qualidade da mão de obra e não na incapacidade do concreto de interagir com o ambiente ao qual é exposto (SOUZA, 1991 apud BRANDÃO, 1998).

2.2 JUNTAS DE CONCRETAGEM

As juntas de concretagem ocorrem quando o lançamento do concreto necessita ser interrompido, seja por ausência de volume adequado, por necessidades operacionais (TRINDADE, 2015), ou até mesmo por situações imprevistas, tais como quebra de equipamentos, acidentes, falta de energia, entre outros (MEDEIROS, 2010).

Estas podem ser feitas na direção vertical ou inclinadas, sendo de preferência a 45°. As verticais ocorrem normalmente em interrupções planejadas, feitas a partir de uma forma no local onde deve ser feita a paralisação da concretagem. Possui como vantagem a facilidade no adensamento do concreto, além de não propiciar o aparecimento de materiais, como nata, que podem prejudicar na aderência com o concreto novo (MEDEIROS, 2010).

De acordo com Guerra (2013), a junta de concretagem deve ser feita quase vertical, pois juntas muito inclinadas podem provocar a desagregação do concreto e, por consequência, o rolamento das pedras mais pesadas até o pé da

junta. Com relação ao local, são preferíveis os que possuem os menores esforços na estrutura, lajes e vigas, e regiões com armadura inclinada. É indicado que a junta seja localizada a $1/5$ do vão a partir dos apoios, pois é onde os esforços de tração e compressão são quase nulos e os de cisalhamento são absorvidos pelas barras inclinadas e estribos, região em que estes possuem um espaçamento menor entre si. Além disso, a armadura horizontal usada como armadura negativa, junto com as eventuais barras inclinadas, ajuda na ligação entre o concreto novo e o já endurecido.

Trindade (2015) também cita que é aconselhável que estas juntas não se localizarem em regiões de elevadas tensões tangenciais e em locais onde ofereçam riscos de deslizamentos de uma face com outra.

Isaia (1988) lista medidas importantes a serem tomadas durante a execução de uma junta de concretagem de forma a reduzir os danos que a mesma ocasiona:

- a) As juntas devem ser estudadas de forma que se localizem em regiões pouco solicitadas, principalmente quanto aos esforços de cisalhamento;
- b) Inserir barras de aço no concreto inicial com o objetivo de aliviar esforços no plano da junta;
- c) A nata de cimento na superfície do concreto inicial deve ser removida pelo processo de apicoamento, de forma a se tornar mais rugosa, facilitando a aderência com o novo concreto a ser lançado;
- d) A região de junta é a mais susceptível à passagem de água ou outros fluidos. Desta forma, recomenda-se o emprego de adesivo estrutural na face da camada que irá receber o concreto, para que aumente a estanqueidade e impermeabilidade.

A ABNT (2004) também apresenta recomendações quanto aos cuidados a serem seguidos em regiões de juntas de construção:

Quando o lançamento do concreto for interrompido e, assim, se formar uma junta de concretagem não prevista, devem ser tomadas as devidas precauções para garantir a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho. O concreto deve ser perfeitamente adensado até a superfície da junta, usando-se formas temporárias, quando necessário, para garantir apropriadas condições de adensamento. Antes da aplicação do concreto, deve ser feita a remoção cuidadosa de detritos.

Antes de reiniciar o lançamento do concreto deve ser removida a nata da pasta de cimento (vitrificada) e feita a limpeza da superfície da junta, com a retirada do material solto. Pode ser retirada a nata superficial com a aplicação de jato de água sob forte pressão logo após o fim de pega (“corte verde”). Em outras situações, para se obter a aderência desejada entre a camada remanescente e o concreto a ser lançado, é necessário o jateamento de abrasivos ou o apicoamento da superfície da junta, com posterior lavagem, de modo a deixar aparente o agregado graúdo. Nesses casos, o concreto já endurecido deve ter resistência suficiente para não sofrer perda indesejável de material, gerando formação de vazios na região da junta de concretagem. Cuidados especiais devem ainda ser tomados no sentido de não haver acúmulo de água em cavidades formadas pelo método de limpeza da superfície.

Devem ser tomadas as precauções necessárias para garantir a resistência aos esforços que podem agir na superfície da junta. Uma medida adequada consiste normalmente em deixar arranques da armadura ou barras cravadas ou reentrâncias no concreto mais velho. Na retomada da concretagem, aplicar argamassa com a mesma composição da argamassa do concreto sobre a superfície da junta, para evitar a formação de vazios.

NOTA: Podem ser utilizados produtos para melhorar a aderência entre as camadas de concreto em uma junta de concretagem, desde que não causem danos ao concreto e seja possível comprovar desempenho ao

menos igual ao dos métodos tradicionalmente utilizados. O uso de resinas, nesse caso, deve levar em conta seu comportamento ao fogo.

As juntas de concretagem, sempre que possível, devem ser previstas no projeto estrutural e estar localizadas onde forem menores os esforços de cisalhamento, preferencialmente normal aos esforços de compressão, salvo se demonstrado que a junta não provocará a diminuição da resistência do elemento estrutural. No caso de vigas ou lajes apoiadas em pilares, ou paredes, o lançamento do concreto deve ser interrompido no plano horizontal.

Juntas de concretagem não previstas no projeto estrutural devem ser previamente aprovadas pelo responsável técnico pela obra.

Além da utilização em reparos e/ou reforços em estruturas de concreto armado, as pontes

Britez et al. (2013) necessitavam realizar diferentes etapas de concretagem em uma laje de subpressão, que por possuir tal função deve ser estanque. Desta forma, um dos pontos críticos para a realização deste serviço é a execução de juntas frias. Na interface entre as juntas de concretagem, foi especificado ao longo de toda a extensão o uso de tela de aço galvanizada funcionando como forma incorporada, posicionando-a de forma vertical. Ocorreu fuga de nata de concreto de forma controlada, em pequenas quantidades, foi o concreto empregado foi do tipo fluido, porém atendendo ao objetivo de se ter uma superfície rugosa com a tela incorporada. Foi definida como condição ideal para a concretagem da camada subsequente que a superfície estivesse na condição “saturada superfície seca” e bem rugosa. Para a realização da junta, foi empregada uma tela de aço galvanizada hexagonal, padrão Viveiro, fio 24, com abertura de $\frac{1}{2}$ polegadas, com três torções e duas camadas deslocadas com o objetivo de reduzir a abertura da malha. Após a finalização da concretagem e cura, verificou-se estanqueidade aparente da laje de subpressão, que também recebeu fitas hidro-expansivas nas regiões de juntas antes das concretagens. As Figuras 1 e 2 ilustram detalhes executivos.



Figura 1 – Detalhe da junta de concretagem com uso de tela de aço galvanizada (Britez et al. 2013).



Figura 2 – Detalhe do funcionamento de tela de aço galvanizado durante a concretagem: pouca fuga de nata (Britez et al. 2013).

Natal e Godinho (2017) realizaram o estudo da aderência entre concretos com diferentes idades utilizados para recuperação e reforço de estruturas de concreto armado. Para a realização deste trabalho, foram moldados 23 corpos de prova cilíndricos, sendo posteriormente serrados e realizada a concretagem da etapa adjacente, realizando-se diferentes tipos de tratamento nas juntas de concretagem, submetendo os testemunhos posteriormente a ensaios de determinação da resistência à compressão axial, tração por compressão diametral e módulo de elasticidade. Chegou-se à conclusão de que, de forma geral, o tratamento de apicoamento com aplicação de resina epóxi é o mais eficaz para aderir concretos de diferentes etapas de concretagem e que, apesar de ter obtido o menor resultado de módulo de elasticidade, foi o tipo de execução de junta que mais se aproximou dos aspectos considerados do concreto monolítico.

Sampaio (2010) realizou a moldagem de corpos de prova cilíndricos de concreto com o objetivo de se avaliar o desempenho de diferentes tipos de execução de juntas de concretagem. Posteriormente, foi realizada a serragem dos testemunhos a um ângulo de 30°, formando desta forma uma superfície inclinada. Foram realizadas 4 diferentes metodologias de forma comparativa: somente apicoamento, apicoamento e emprego de nata de cimento, apicoamento e emprego de nata de cimento com adição de 10% de sílica ativa e apicoamento com aplicação de adesivo epóxi. Chegou-se à conclusão de que, com o emprego

de adesivo epóxi, tem-se o melhor desempenho na ligação entre concretos de diferentes etapas, seguindo-se pelo tratamento que teve adição de sílica ativa, posteriormente o que aplicou nata de cimento e por fim, o que recebeu somente apicoamento na sua superfície de ligação.

De acordo com Sasquia (2007), a previsão de juntas de concretagem deve ser feita de forma planejada, posicionando em locais pré-estabelecidos em conjunto com o calculista e estabelecendo o seu método de execução. Deve-se prever a interrupção do lançamento em pontos que facilitem a retomada da concretagem da peça, assim como evitar áreas molhadas.

Natal e Godinho (2017) avaliaram a aderência concreto-concreto para situações de reforço e reparos. Para isso, foram moldados 23 corpos de prova cilíndricos, sendo cortados e concretados novamente com uma diferença de 150 dias, tendo diferentes tipos de tratamentos na junta, e submetidos aos ensaios de compressão axial, tração por compressão diametral e determinação do módulo de elasticidade. Os resultados mostraram que quando submetidos à resistência de aderência por compressão axial todos os tratamentos foram eficazes. Para os ensaios de tração por compressão diametral, o tratamento de apicoamento com aplicação de resina epóxi apresentou resultados superiores, sendo, desta vez, o único que atingiu a resistência mínima para ser considerado eficiente. Já para os ensaios de módulo de elasticidade, as eficiências foram respectivamente: apicoamento com aplicação de argamassa, apicoamento simples e apicoamento com aplicação de resina epóxi. Com isso, concluiu-se que, de forma geral, o tratamento de apicoamento com aplicação de resina epóxi é o mais eficaz para aderir dois concretos, e apesar de ter sido o menor resultado no módulo de elasticidade, foi o que mais se aproximou em todos os aspectos do concreto monolítico.

2.3 PONTES DE ADERÊNCIA

Além da utilização em reparos e/ou reforços em estruturas de concreto armado, as pontes de aderência podem ser empregadas na retomada de concretagem, após suspensão temporária das atividades.

Para se aumentar a aderência entre concretos antigos e novos, tem-se empregado pontes de aderência nesta região de interface. Os materiais mais comumente encontrados no mercado com esta finalidade são os de base epóxi e acrílica, sendo o primeiro o mais utilizado. Este, por sua vez, possui elevadas resistências mecânicas e serve como barreira contra agentes agressivos, devido à sua baixa permeabilidade (DUARTE, 2007).

Produtos à base de epóxi possuem aderência muito alta em virtude do seu caráter polar (LÓPEZ, 1955) e podem proporcionar um endurecimento rápido e desenvolver em pouco tempo uma alta resistência. No entanto, como outros materiais orgânicos, este possui uma baixa resistência ao calor e pode restringir o seu uso para fins estruturais, onde existe risco de fogo e altas temperaturas (MAILVAGANAM, 1997 *apud* GALLETTO, 2005).

Outro fator que necessita de certa atenção é referente à aplicação da ponte de aderência que, por sua vez, exige cuidados especiais na limpeza e nas condições de preparo do substrato (LÓPEZ, 1955). Ao se optar por resinas epoxídicas como ponte de aderência, deve-se atentar para que a superfície do concreto velho se encontre limpa, isenta de poeira, graxa e partículas soltas e, principalmente, que a superfície esteja totalmente seca (GALLETTO, 2005).

De acordo com Galletto (2005), os procedimentos de preparo e limpeza do substrato para a aplicação de pontes de aderência são responsáveis por 50% ou mais no sucesso desta atividade. Galletto (2005 *apud* ACI, 1989; Garcia, 1998; Helene e Pereira, 2003) também cita que uma superfície do concreto inicial que não seja preparada adequadamente, não permite boa união de dois materiais, muito embora o adesivo especificado seja o melhor possível.

Por isso, esta tecnologia requer mão de obra qualificada para que seja executada corretamente, pois quando existem falhas no emprego de ponte de aderência, ocorrem efeitos indesejados, funcionando como um excelente separador das duas etapas de concretagem. Desta forma, observa-se atualmente uma forte tendência de, sempre que possível, dispensar o uso de pontes de aderência, pelos riscos de não se ter mão de obra qualificada para a sua correta utilização e pela percepção que substratos bem preparados já suprem as necessidades requeridas para transferência de esforços entre concretos antigos e novos (DUARTE, 2007).

2.4 FALHAS EXECUTIVAS

O desenvolvimento de tecnologias, materiais de construção e processos construtivos inovadores tem fomentado a construção de edificações cada vez mais esbeltas e econômicas. Entretanto, a carência de mão de obra especializada, a alta competitividade do setor e/ou busca por maiores lucros por meio da redução dos custos de produção têm inferido negativamente na qualidade das habitações produzidas no Brasil nos últimos anos (DAL MOLIN, et al., 2016).

Neste sentido, muitas construções começaram a apresentar níveis de degradação superiores aos desejados, apresentando problemas relacionados à qualidade e à durabilidade, caracterizados pelo envelhecimento precoce devido, sobretudo, ao aparecimento de manifestações patológicas, que afeta, a estética, a segurança, a utilização e a durabilidade das construções (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

Meira e Padaratz (2002), em estudo realizado no Brasil, observaram que os investimentos em ações de manutenção, em uma estrutura com elevado grau de deterioração, podem chegar a aproximadamente 40% dos custos de execução do componente degradado

De acordo com Gonçalves (2015), no tocante à execução do concreto em si, as principais fases relacionadas e os aspectos importantes a serem avaliados estão descritos a seguir:

- a) Mistura: Os componentes do concreto devem ser misturados até formar uma massa homogênea. Essa operação pode ser realizada em betoneiras ou em centrais dosadoras / misturadoras. É importante observar aspectos como a sequência de colocação dos materiais, o tempo de mistura, a correção da água arrastada pelos agregados e possíveis erros nas quantidades adicionadas dos materiais;
- b) Transporte: após preparada a massa de concreto, ela deve ser transferida do local da mistura até o local do lançamento. Esse transporte pode ser feito de forma simples, por meio de carros de mão, jericas, entre outros, sendo os principais problemas, a segregação do concreto no transporte, a perda do material e o tempo necessário para fornecê-lo nas frentes de trabalho, comprometendo, assim, a qualidade e a produtividade do serviço. O transporte também pode ser realizado por caminhões betoneira, onde deve-se tomar cuidado com o tempo decorrido desde a saída do caminhão da usina até o descarregamento do concreto na obra, tempo este que deve ser ajustado de acordo com as características do concreto e as condições de temperatura, evitando a perda acentuada de abatimento;
- c) Lançamento: consiste na colocação do concreto para moldagem da peça, podendo ser realizado com pás, carros de mão, ou bombas para alcançar grandes distâncias. No caso do uso de bombas é muito importante verificar o estado de conservação do equipamento utilizado, prevenindo, assim, possíveis problemas durante a concretagem. Outro aspecto importante a ser observado é a altura de lançamento do concreto. A concretagem de peças com altura superior a 2 metros deve ser realizada de forma cuidadosa, com a finalidade de se evitar a segregação dos agregados graúdos nas regiões inferiores da peça, originando brocas ou vazios;
- d) Adensamento: trata-se da atividade de vibrar o concreto, em seu estado fresco, com o objetivo de retirar o ar aprisionado durante as etapas anteriores, proporcionando-lhe a máxima compactação. Falhas ocorridas durante essa etapa, como excesso ou deficiência de vibração, podem gerar problemas de exsudação, segregação ou brocas. Logo, a frequência e amplitude dos vibradores, assim como o tempo de

utilização e a disposição desses equipamentos são algumas das escolhas essenciais para o sucesso da atividade;

- e) Cura: é a atividade mediante a qual se mantém o teor de umidade satisfatório, impedindo a evaporação de água da mistura, garantindo também, uma temperatura favorável ao concreto durante o processo de hidratação dos materiais aglomerantes, de modo que seja possível desenvolver as propriedades desejadas. A atividade de cura se resume no cobrimento da peça concretada com água por um tempo mínimo, que será função da relação a/c e do tipo de cimento utilizado. As características superficiais são as mais afetadas por uma cura mal executada, como a presença de fissuração, e permeabilidade e, em longo prazo, a carbonatação.

As falhas de concretagem ignoradas, ou não reparadas devidamente, podem acarretar sérias consequências à estrutura, principalmente em regiões agressivas e/ou de difícil acesso à inspeção.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para atingir os objetivos propostos no início desta pesquisa, executou-se um programa experimental como descrito neste capítulo.

3.1 DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE JUNTAS DE CONCRETAGEM

Para o presente trabalho, foram selecionados para avaliação quatro diferentes tipos de execução de juntas de concretagem, considerando-se como referência uma série de corpos de prova de concreto moldados de uma única vez na 1ª etapa de concretagem, sem junta fria.

Foram utilizadas como variáveis o posicionamento da junta na vertical (90°) ou inclinada a 45° , bem como a aplicação ou não de ponte de aderência à base de epóxi. As Figuras 3 e 4 a seguir ilustram o posicionamento das juntas de concretagem considerados.

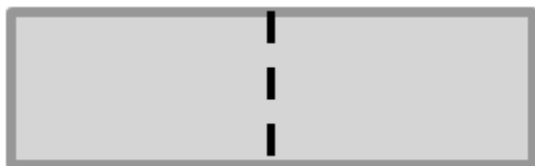


Figura 3 – Junta de concretagem com posicionamento vertical, a 90° .



Figura 4 – Junta de concretagem com posicionamento inclinado a 45° .

Foram moldados 30 corpos de prova, sendo 6 deles de referência, moldados em uma única etapa, e 24 deles moldados em duas etapas de concretagem, objetivando avaliar o desempenho das juntas consideradas.

Os CPs de 1 ao 6 são os de referência, moldados de uma única vez, sem junta de concretagem. Já os de número 7 ao 12, corpos de prova moldados em duas etapas de concretagem, apresentando junta com posicionamento vertical e emprego de ponte de aderência. CPs de 13 ao 18 foram moldados em duas etapas de concretagem, apresentando junta com posicionamento inclinado a 45° e emprego de ponte de aderência. Do 19 ao 24 foram moldados em duas etapas de concretagem, apresentando junta com posicionamento vertical e sem o emprego

de ponte de aderência. Os de número 25 ao 30 são os corpos de prova que foram moldados também em duas etapas de concretagem, apresentando junta com posicionamento inclinado a 45° e sem o emprego de ponte de aderência.

3.2 DOSAGEM DO CONCRETO

A dosagem do concreto foi realizada considerando-se o emprego de cimento do tipo CP-II, areias natural e artificial (pó de pedra), brita 1 e aditivo polifuncional, cujo traço utilizado pode ser observado na Tabela 1.

Material	Quantidade / m³
Cimento CII	372kg
Areia natural	389,5kg
Areia artificial	389,5kg
Brita 1	1052kg
Aditivo Polifuncional	5,2l

Tabela 1 – Traço de concreto utilizado.

Foi considerada relação água/cimento de 0,48 e abatimento do concreto de 100 mm. É importante ressaltar que para se evitar qualquer variabilidade nos resultados dos ensaios, foi considerada a mesma dosagem para as duas etapas de concretagem. As fotos 1 a 6 ilustram a pesagem dos materiais, que foi feita em balanças digitais.



Foto 1 – Pesagem do cimento CP-II.



Foto 2 – Pesagem da água.



Foto 3 – Pesagem da areia artificial.



Foto 4 – Pesagem da areia natural.



Foto 5 – Pesagem da brita 1.



Foto 6 – Dosagem do aditivo polifuncional.

Os materiais foram devidamente homogeneizados em uma betoneira estacionária para posterior moldagem dos corpos de prova. As fotos a seguir ilustram o procedimento sendo realizado.



Foto 7 – Mistura do concreto na betoneira estacionária.



Foto 8 – Homogeneização do concreto na betoneira estacionária.

3.3 PREPARO DAS FORMAS E POSICIONAMENTO DAS TELAS METÁLICAS NA REGIÃO DE JUNTA DE CONCRETAGEM

Previamente à moldagem dos corpos de prova de concreto, as formas metálicas foram revestidas internamente com uma fina camada de óleo mineral, seguindo-se as recomendações da Norma Técnica ABNT NBR 5738 (2015) – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, com o intuito de facilitar o processo de desmoldagem.

Posteriormente, foi realizada a fixação de telas padrão viveiro de fio de 26 polegadas em duas camadas transpassadas, objetivando reduzir a abertura da malha e consequentemente diminuir a fuga de material quando da concretagem. As telas foram fixadas às formas mediante emprego de arames, para que impedissem a movimentação quando da moldagem da 1ª etapa de concretagem.

As fotos 9 a 12 ilustram o posicionamento das telas a 90°.



Foto 9 – Tela posicionada a 90°.



Foto 10 – Vista aproximada da foto anterior.



Foto 11 – Tela posicionada a 90°.



Foto 12 – Vista aproximada da foto anterior.

As fotos 13 a 16, por sua vez, demonstram o posicionamento das referidas telas a 45°.



Foto 13 – Tela posicionada a 45°.

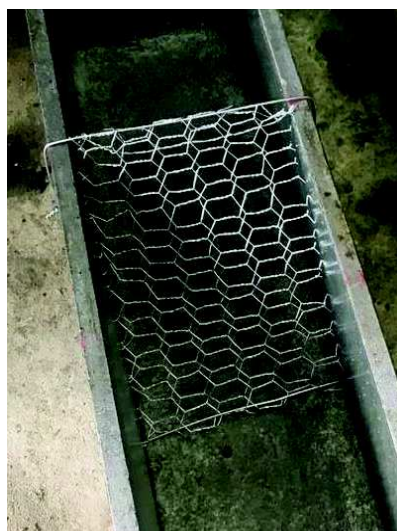


Foto 14 – Vista aproximada da foto anterior.



Foto 15 – Tela posicionada a 45°.



Foto 16 – Vista aproximada da foto anterior.

3.4 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA NA 1ª ETAPA DE CONCRETAGEM

Após o adequado preparo das formas metálicas, conforme indicado no tópico anterior, procedeu-se à moldagem dos corpos de prova prismáticos seguindo-se os posicionamentos de juntas de concretagem pré-definidos (a 45° e a 90°), bem como a série de referência, que foi moldada de uma única vez.

O adensamento do concreto nas formas foi realizado com o emprego de haste metálica, de forma manual. Para os corpos de prova de referência, foram

utilizados 75 golpes de forma distribuída em camada única, seguindo-se as recomendações da Norma Técnica ABNT NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Para os corpos de prova que foram moldados pela metade, este número de golpes também foi reduzido à metade, de forma a se manter o padrão de adensamento. Tomou-se o cuidado para que a tela metálica não se deslocasse durante o processo de moldagem.

Após o adensamento da última camada, foi realizado o arrasamento da superfície com a borda do molde, empregando colher de pedreiro adequada. As fotos 17 a 20 ilustram o procedimento sendo realizado.



Foto 17 – Moldagem de corpo de prova de concreto.



Foto 18 – Vista de corpos de prova de concreto moldados na 1ª etapa de concretagem.



Foto 19 – Corpos de prova de concreto com junta posicionada de forma inclinada, a 45°.

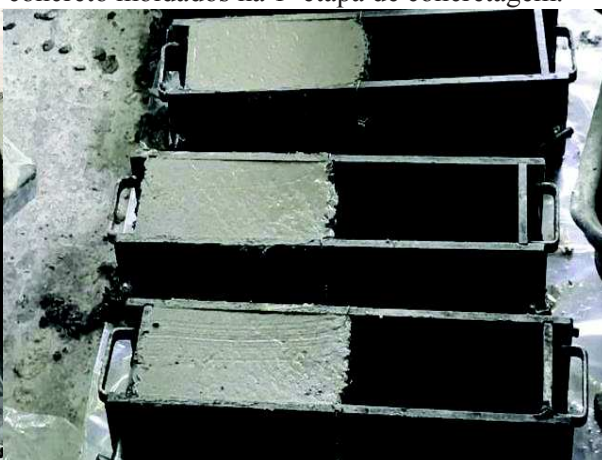


Foto 20 – Corpos de prova de concreto com junta posicionada na vertical, a 90°.

3.5 DESMOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA NA 1ª ETAPA DE CONCRETAGEM

Após a moldagem dos corpos de prova referentes à 1ª etapa de concretagem, foi realizada uma cura inicial pelas primeiras 48 horas, com a finalidade de evitar perda de água do concreto. Após o cumprimento deste período, os corpos de prova foram removidos das formas e transportados para cura em câmara úmida, permanecendo lá por 45 dias. A foto a seguir ilustra os corpos de prova armazenados na câmara úmida.



Foto 21 – Corpos de prova de concreto armazenados na câmara úmida para cura.

3.6 PREPARO DAS JUNTAS E MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA NA 2ª ETAPA DE CONCRETAGEM

Os corpos de prova de concreto referentes à 1ª etapa de concretagem foram removidos da câmara úmida e reposicionados nas formas, que receberam o mesmo tratamento informado anteriormente, com o emprego de fina camada de óleo desmoldante. Foi utilizado jato de ar comprimido para a limpeza e remoção de quaisquer poeiras / detritos que porventura estivessem na região de junta de concretagem.

Considerando-se que duas séries de corpos de prova devem apresentar juntas de concretagem com o emprego de ponte de aderência, foi realizado o

preparo do material bi componente misturando-se as duas fases do produto. A ponte de aderência utilizada é de base epoxídica e foi respeitado o *pot life* recomendado pelo fabricante. As fotos a seguir ilustram os dois componentes do produto e o procedimento de mistura sendo realizado.



Foto 22 – Componentes individuais da ponte de aderência.



Foto 23 – Mistura dos bi componentes da ponte de aderência.

Após a devida homogeneização das duas fases do produto considerando-se as recomendações do fabricante, foi realizada a pintura mediante emprego de trincha / pincel em 6 corpos de prova que apresentam junta inclinada a 45° e em 6 corpos de prova com junta na vertical, a 90°. As fotos a seguir ilustram o procedimento sendo realizado.



Foto 24 – Aplicação de ponte de aderência na região de junta de concretagem.



Foto 25 – Corpos de prova de concreto com o emprego de ponte de aderência na região de junta de concretagem.

Foto 26 – Corpos de prova de concreto com o emprego de ponte de aderência na região de junta de concretagem.

Na sequência, foi realizada a moldagem da 2ª metade dos corpos de prova prismáticos, seguindo-se a mesma metodologia indicada na etapa 1, inclusive com concreto de mesma dosagem. As fotos a seguir ilustram este procedimento.



Foto 27 – Moldagem dos corpos de prova prismáticos.



Foto 28 – Corpos de prova prismáticos moldados.

Seguindo-se o mesmo procedimento realizado anteriormente na 1ª etapa de concretagem, foi realizada uma cura inicial pelas primeiras 48 horas, com a finalidade de evitar perda de água do concreto. Após o cumprimento deste

período, os corpos de prova foram removidos das formas e transportados para cura em câmara úmida, permanecendo lá por mais 45 dias. A foto a seguir ilustra os corpos de prova armazenados na câmara úmida. As fotos a seguir ilustram os corpos de prova recém-desmoldados, antes do transporte para a câmara úmida.



Foto 29 – Vista dos corpos de prova após desmoldagem.



Foto 30 – Vista dos corpos de prova após desmoldagem.

3.7 RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS DIFERENTES TIPOS DE JUNTAS DE CONCRETAGEM

Após um novo ciclo de cura dos corpos de prova de concreto em câmara úmida, procedeu-se à realização dos ensaios de avaliação do desempenho entre

os diferentes tipos de juntas de concretagem através da determinação da resistência à tração na flexão. Os ensaios foram realizados seguindo-se as premissas especificadas na Norma Técnica ABNT NBR 12142:2010 – Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.

Para a realização do ensaio, foi utilizada prensa de comercialização pela DINATESTES Indústria e Comércio Ltda., dotada de dispositivo de flexão que assegure a aplicação da forma perpendicularmente às faces superior e inferior do corpo de prova, sem excentricidades. A Figura 5, extraída da referida norma, mostra esquematicamente o dispositivo auxiliar para a realização do ensaio.

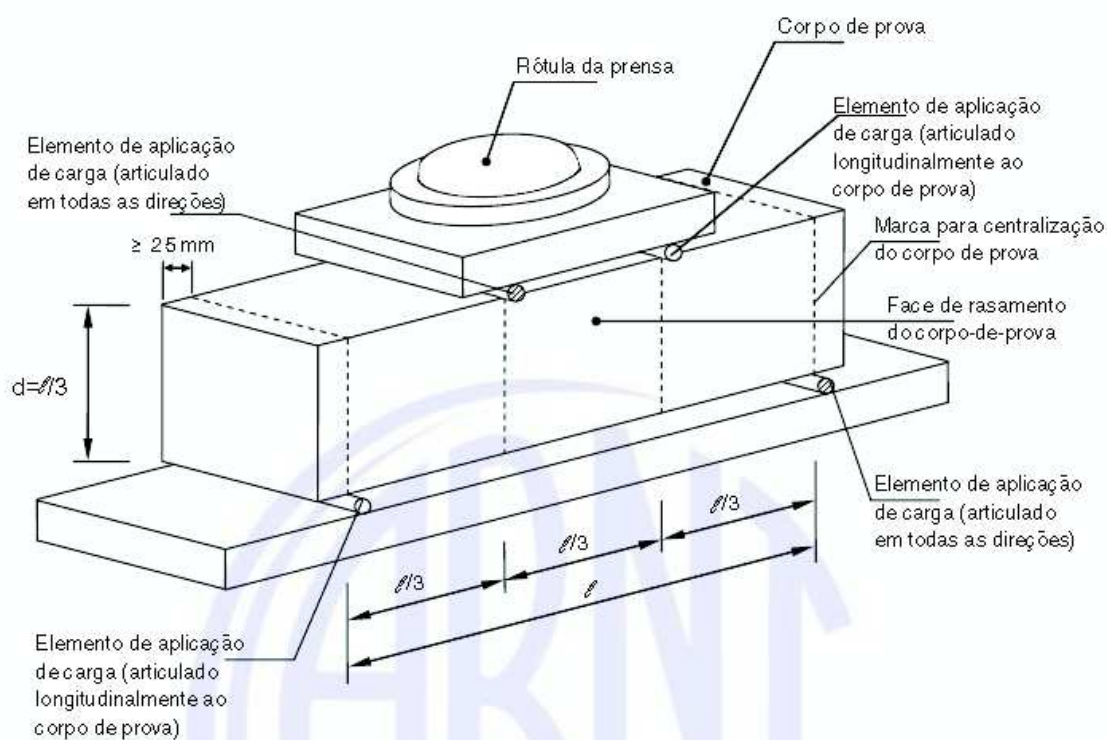


Figura 5 – Perspectiva do dispositivo auxiliar para a realização do ensaio.

Na foto a seguir é ilustrada a prensa utilizada para o ensaio, com o dispositivo auxiliar já fixado para a determinação da resistência à tração na flexão.



Foto 31 – Vista da prensa utilizada para o ensaio.

Seguindo-se as recomendações na Norma Técnica ABNT NBR 12142:2010, os corpos de prova foram ensaiados imediatamente após terem sido retirados do local de cura.

O procedimento de ensaio consiste em posicionar o corpo de prova sobre os apoios, centrando-o entre eles. As faces laterais dos corpos de prova foram posicionadas de forma a ficarem em contato com os elementos de aplicação de forma e os apoios.

As medidas da seção transversal de todos os corpos de prova foram tomadas em três pontos, resultando então em uma média por corpo de prova. A foto a seguir ilustra uma das medidas sendo tomada com o emprego de paquímetro digital Digimess.



Foto 32 – Medição da dimensão do corpo de prova.

A seguir são apresentadas fotos que ilustram a marcação nos corpos de prova, de forma a facilitar a centralização na máquina de ensaio.



Foto 33 – Marcação de corpo de prova para facilitar o posicionamento na prensa.



Foto 34 – Vista do corpo de prova com as marcações realizadas.

As fotos 35 e 36 ilustram a marcação do corpo de prova nº 1 e a ruptura do mesmo.



Foto 35 – CP-1 – detalhe para a ruptura do corpo de prova de forma centralizada.



Foto 36 – CP-1 – vista do corpo de prova rompido.

As fotos 37 e 38 ilustram a forma de ruptura dos CPs 2 e 3, respectivamente, que se tratam dos corpos de prova de concreto de referência, isto é, os que foram moldados de uma só vez na 1ª etapa de concretagem, sem junta fria.



Foto 37 – CP-2 – série de corpos de prova de referência.



Foto 38 – CP-3 – série de corpos de prova de referência.

As fotos 39 a 41 ilustram a forma de ruptura dos CPs 4, 5 e 6. É importante ressaltar que todos os corpos de prova se romperam dentro do terço médio, conforme previsto.



Foto 39 – CP-4 – série de corpos de prova de referência.



Foto 40 – CP-5 – série de corpos de prova de referência.



Foto 41 – CP-6 – série de corpos de prova de referência.

Posteriormente, procedeu-se com a ruptura dos corpos de prova em que a junta de concretagem foi realizada a 90°, em posição vertical, com o emprego de ponte de aderência na interface entre as duas etapas de concretagem.

Constatou-se ruptura na junta de concretagem, dentro do terço médio em todos os corpos de prova.

As Fotos 42 e 43 ilustram a forma de ruptura dos CPs 7 e 8, respectivamente.



Foto 42 – CP-7 – série de corpos de prova com junta a 90° com ponte de aderência.



Foto 43 – CP-8 – série de corpos de prova com junta a 90° com ponte de aderência.

As Fotos 44 e 45 ilustram a forma de ruptura dos CPs 9 e 10.



Foto 44 – CP-9 – série de corpos de prova com junta a 90° com ponte de aderência.



Foto 45 – CP-10 – série de corpos de prova com junta a 90° com ponte de aderência.

As Fotos 46 e 47 ilustram a forma de ruptura dos CPs 11 e 12. Nota-se a ruptura na junta de concretagem, vide evidências da ponte de aderência, que apresenta coloração escura.



Foto 46 – CP-11 – série de corpos de prova com junta a 90° com ponte de aderência.



Foto 47 – CP-12 – série de corpos de prova com junta a 90° com ponte de aderência.

Na sequência, foi realizada a ruptura dos corpos de prova em que a junta de concretagem foi realizada em posição inclinada, a 45°, com o emprego de ponte de aderência na interface entre as duas etapas de concretagem.

As fotos 48 e 49 ilustram a forma de ruptura dos CPs 13 e 14, respectivamente. Nota-se ruptura no terço médio do corpo de prova, no entanto não coincidente com a junta de concretagem.



Foto 48 – CP-13 – série de corpos de prova com junta a 45° com ponte de aderência.



Foto 49 – CP-14 – série de corpos de prova com junta a 45° com ponte de aderência.

A Foto 50 ilustra a forma de ruptura do CP-15, em região coincidente com a junta de concretagem e as Fotos 51 a 53 indicam a forma de ruptura dos CPs-16 a 18, que tiveram comportamento similar aos CPs 13 e 14.



Foto 50 – CP-15 – série de corpos de prova com junta a 45° com ponte de aderência.



Foto 51 – CP-16 – série de corpos de prova com junta a 45° com ponte de aderência.



Foto 52 – CP-17 – série de corpos de prova com junta a 45° com ponte de aderência.



Foto 53 – CP-18 – série de corpos de prova com junta a 45° com ponte de aderência.

Constatou-se que, dentre os 6 corpos de prova, 5 apresentaram ruptura em posição divergente da inclinação da junta de concretagem, indicando que a ligação entre as diferentes etapas de concretagem se deu de forma satisfatória. Somente o corpo de prova nº 15 se rompeu na junta de concretagem, indicando

que deve ter ocorrido uma falha quando do preparo desta junta. As fotos a seguir ilustram estes corpos de prova.

Posteriormente, foi realizada a ruptura dos corpos de prova em que a junta de concretagem foi realização em posição vertical, a 90°, sem o emprego de ponte de aderência.

As Fotos 54 a 57 ilustram a forma de ruptura dos CPs 19 a 22. Nota-se ruptura ocorreu na junta de concretagem, em posição vertical, e que a tela utilizada ficou subdividida entre as duas faces.



Foto 54 – CP-19 – série de corpos de prova com junta a 90° sem ponte de aderência.



Foto 55 – CP-20 – série de corpos de prova com junta a 90° sem ponte de aderência.



Foto 56 – CP-21 – série de corpos de prova com junta a 90° sem ponte de aderência.



Foto 57 – CP-22 – série de corpos de prova com junta a 90° sem ponte de aderência.

As Fotos 58 e 59 ilustram a forma de ruptura dos CPs 23 e 24, respectivamente. Constatou-se que todos os corpos de prova de concreto se romperam na região de junta de concretagem, dentro do terço médio. As fotos a seguir ilustram estes corpos de prova.



Foto 58 – CP-23 – série de corpos de prova com junta a 90° sem ponte de aderência.



Foto 59 – CP-24 – série de corpos de prova com junta a 90° sem ponte de aderência.

E por fim, foi realizada a ruptura dos corpos de prova em que a junta de concretagem foi realizada em posição inclinada, a 45°, sem o emprego de ponte de aderência. As Fotos 60 e 61 indicam a forma de ruptura dos CPs 25 e 26, que ocorreu na junta de concretagem, em posição inclinada.



Foto 60 – CP-25 – série de corpos de prova com junta a 45° sem ponte de aderência.



Foto 61 – CP-26 – série de corpos de prova com junta a 45° sem ponte de aderência.

As Fotos 62 a 65 ilustram a forma de ruptura dos CPs 27 a 30. Nota-se que os CPs 27 e 29 apresentaram ruptura na junta de concretagem, em posição inclinada, e que os CPs 28 e 30 se romperam fora da junta de concretagem, em posição vertical no terço médio do corpo de prova.



Foto 62 – CP-27 – série de corpos de prova com junta a 45° sem ponte de aderência.



Foto 63 – CP-28 – série de corpos de prova com junta a 45° sem ponte de aderência.



Foto 64 – CP-29 – série de corpos de prova com junta a 45° sem ponte de aderência.



Foto 65 – CP-30 – série de corpos de prova com junta a 45° sem ponte de aderência.

Constatou-se que 4 corpos de prova de concreto se romperam na junta e os outros 2, em posicionamento vertical, no terço médio. No próximo tópico serão apresentados os resultados obtidos, o cálculo estatístico e serão tecidas considerações a respeito da análise dos resultados obtidos.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de determinação da resistência à tração na flexão realizados nos corpos de prova, bem como a análise estatística dos dados. As análises serão inicialmente setorizadas por lote, sendo posteriormente comparadas.

4.1 CORPOS DE PROVA DE REFERÊNCIA

A Tabela 2 a seguir apresenta os resultados obtidos para os corpos de prova de concreto de referência, moldados em uma única vez, sem junta de concretagem.

Identificação	Carga de Ruptura (Kgf)	Vão entre apoios - L (mm)	Altura da Seção de Ruptura - d (mm)	Largura da Seção de Ruptura (mm)	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
CP1	2000	350	101	102	6,60	5,95	0,53
CP2	1608	350	100	100	5,52		
CP3	1650	350	102	101	5,39		
CP4	1718	350	101	101	5,73		
CP5	1780	350	102	100	5,87		
CP6	1960	350	100	102	6,60		

Tabela 2 – Resultado corpos de prova sem junta de concretagem.

Observa-se resistência média de 5,95 MPa e desvio padrão baixo de 0,53 MPa. Estes resultados servem para balizar as avaliações das demais séries de corpos de prova que foram moldadas com juntas de concretagem.

4.2 CORPOS DE PROVA APRESENTANDO JUNTA VERTICAL (90°) E PONTE DE ADERÊNCIA

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos no lote que compreende os corpos de prova moldados com junta de concretagem na posição vertical, a 90°, considerando ainda o emprego de ponte de aderência.

Identificação	Carga de Ruptura (Kgf)	Vão entre apoios - L (mm)	Altura da Seção de Ruptura - d (mm)	Largura da Seção de Ruptura (mm)	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
CP7	1244	350	102	100	4,11	3,86	0,55
CP8	1420	350	102	101	4,64		
CP9	1030	350	101	101	3,43		
CP10	976	350	101	101	3,25		
CP11	1044	350	101	101	3,48		
CP12	1250	350	100	101	4,25		

Tabela 3 – Resultado corpos de prova com junta 90° e com ponte de aderência.

Analisando-se os resultados obtidos, constata-se resistência média de 3,86 MPa e desvio padrão de 0,55 MPa. Ressalta-se que os valores obtidos indicam resistências à tração na flexão inferiores às obtidas para os corpos de prova de referência.

Quanto à forma de ruptura, constatou-se que todos os corpos de prova tiveram o ponto de maior fragilidade exatamente na linha da junta de concretagem, confirmando se tratar de local de maior fragilidade.

4.3 CORPOS DE PROVA APRESENTANDO JUNTA INCLINADA A 45° E PONTE DE ADERÊNCIA

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados em corpos de prova de concreto moldados com junta inclinada a 45° e emprego de ponte de aderência.

Identificação	Carga de Ruptura (Kgf)	Vão entre apoios - L (mm)	Altura da Seção de Ruptura - d (mm)	Largura da Seção de Ruptura (mm)	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
CP13	2100	350	101	101	7,00	6,30	0,48
CP14	1794	350	102	101	5,86		
CP15	1734	350	102	101	5,67		
CP16	1960	350	101	101	6,53		
CP17	1998	350	104	101	6,28		
CP18	2012	350	103	101	6,45		

Tabela 4 – Resultado corpos de prova com junta 45° e com ponte de aderência.

Para o presente caso, constatou-se resistência média de 6,30 MPa e desvio padrão de 0,48 MPa. Conforme será visto posteriormente, os resultados obtidos se equivalem estatisticamente aos resultados obtidos para os corpos de prova de referência. Além disso, nota-se que os corpos de prova denominados CPs 13, 14, 16, 17 e 18, pertencentes a este lote, apresentaram linha de ruptura na vertical, não coincidente com o posicionamento da junta de concretagem, indicando que a execução de junta de concretagem através desta metodologia garante o total monolitismo da estrutura.

4.4 CORPOS DE PROVA APRESENTANDO JUNTA NA VERTICAL (90°) E SEM PONTE DE ADERÊNCIA

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados em corpos de prova de concreto moldados com junta na vertical a 90° e emprego de ponte de aderência.

Identificação	Carga de Ruptura (Kgf)	Vão entre apoios - L (mm)	Altura da Seção de Ruptura - d (mm)	Largura da Seção de Ruptura (mm)	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
CP19	1254	350	102	100	4,14	3,70	0,35
CP20	1144	350	102	101	3,74		
CP21	1058	350	101	102	3,49		
CP22	1222	350	102	102	3,95		
CP23	1126	350	102	100	3,72		
CP24	970	350	102	102	3,14		

Tabela 5 – Resultado corpos de prova com junta 90° e sem ponte de aderência.

Analisando-se os resultados obtidos, constata-se resistência média à tração na flexão de 3,70 MPa e desvio padrão de 0,35 MPa, consideravelmente inferior à resistência média obtida para os corpos de prova de referência.

Assim como para os corpos de prova com junta de concretagem na vertical com a aplicação de ponte de aderência, estes corpos de prova sem a aplicação da ponte também apresentaram linha de ruptura coincidindo com a junta de concretagem, indicando que este local apresenta maior fragilidade.

4.5 CORPOS DE PROVA APRESENTANDO JUNTA INCLINADA A 45° E SEM PONTE DE ADERÊNCIA

Na Tabela 6 podem ser visualizados os resultados obtidos referentes à resistência à tração na flexão de corpos de prova de concreto moldados considerando-se junta de concretagem executada a 45° e sem a aplicação de ponte de aderência.

Identificação	Carga de Ruptura (Kgf)	Vão entre apoios - L (mm)	Altura da Seção de Ruptura - d (mm)	Largura da Seção de Ruptura (mm)	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)
CP25	1346	350	103	101	4,31	5,15	0,61
CP26	1356	350	102	101	4,43		
CP27	1750	350	103	101	5,61		
CP28	1682	350	100	102	5,66		
CP29	1634	350	101	100	5,50		
CP30	1680	350	103	101	5,38		

Tabela 6 – Resultado corpos de prova com junta 45° e sem ponte de aderência.

Analisando-se os resultados obtidos, constata-se resistência média de 5,15 MPa e desvio padrão de 0,61 MPa. Nota-se resistência média com ordem de grandeza similar aos corpos de prova de referência que foram executados sem junta de concretagem.

Além disso, os CPs 28 e 30 apresentaram linha de ruptura fora da junta de concretagem, indicando que, para estes casos, a área da junta não foi a de maior fragilidade.

4.6 COMPARATIVO DOS RESULTADOS

Com a finalidade de se comparar os resultados de forma satisfatória, foi realizado um tratamento estatístico nos dados obtidos nos ensaios. No Gráfico 1 são apresentadas as médias da resistência à tração na flexão obtidas para cada lote analisado.

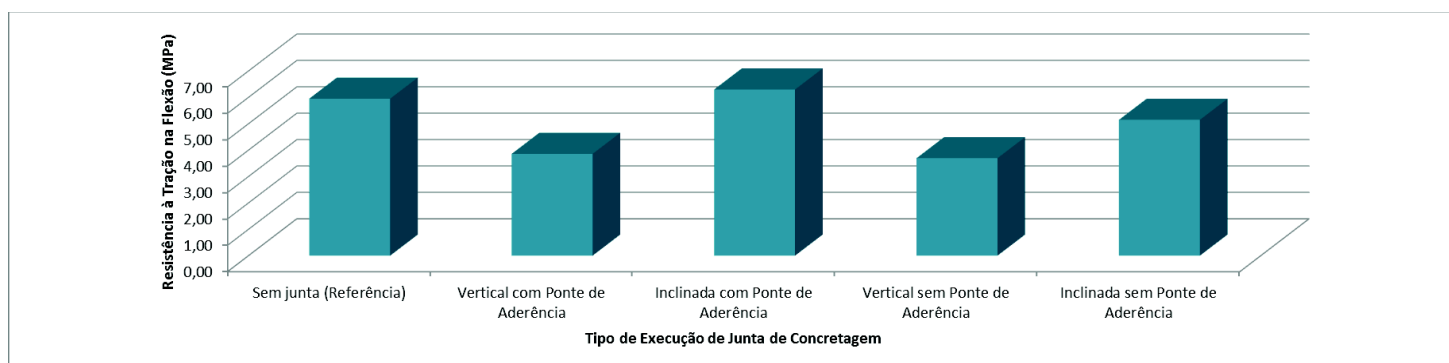


Gráfico 1 – Gráfico apresentando a resistência média à tração na flexão dos lotes analisados.

Mediante realização de tratamento estatístico dos dados obtidos nos ensaios, que está disposto no Anexo A deste documento, pode-se concluir que:

- a) O emprego de ponte de aderência em junta inclinada a 45° garante equivalência aos corpos de prova de referência, moldados sem junta de concretagem, indicando monolitismo integral do elemento;
- b) A execução de juntas inclinadas a 45° sem a aplicação de ponte de aderência impacta em redução na resistência à tração na flexão dos corpos de prova, se comparado aos de referência e aos que apresentam junta de concretagem inclinada com ponte de aderência, no entanto apresenta desempenho à tração na flexão superior aos corpos de prova moldados com juntas de concretagem na vertical;
- c) Os corpos de prova executados com junta de concretagem na vertical, tanto com a utilização de ponte de aderência como sem, são estatisticamente iguais, no entanto apresentando os menores desempenhos referentes à resistência à tração na flexão dos lotes estudados.

4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos valores obtidos nos ensaios e pelo tratamento estatístico dos mesmos, pode-se concluir que a aplicação da ponte de aderência em juntas verticais (90°) possui o mesmo resultado caso fosse optado pela sua não utilização. Ou seja, no caso das juntas verticais em elementos fletidos pode-se optar pela não aplicação da ponte de aderência entre as etapas de concretagem, pois no final o resultado é estatisticamente igual caso fosse feita a sua aplicação, evitando assim o custo adicional deste material.

No entanto, para juntas inclinadas a 45°, a utilização da ponte de aderência resultou em valores estatisticamente diferentes. Neste caso, o mais adequado seria analisar a peça em que será feita a concretagem. Se ela apresentar boas condições e

espaço suficiente para a aplicação da ponte, esta seria a solução mais indicada, visto que a resistência à tração na flexão se equipara estatisticamente à resistência do elemento íntegro. Em locais onde é impossível a sua aplicação, seja por diversos motivos, pode-se optar pela junta inclinada sem a ponte de aderência. Mesmo que estatisticamente tenha resultado inferior ao com a ponte, ainda é superior ao obtido para junta vertical com ou sem este tipo de tratamento.

Além de todos estes fatores, observou-se que a utilização da tela hexagonal padrão viveiro como paralisação de concretagem trouxe resultados positivos. Devido à sua abertura, o concreto ao ser pressionado na tela durante o adensamento da primeira etapa de concretagem, proporcionou uma certa rugosidade, ajudando na aderência entre as duas faces da junta. Este fato pode ser observado após a ruptura, nas faces opostas dos corpos de prova, onde se nota a tela praticamente integrada ao concreto. Outro fator é a linha de ruptura nos corpos de prova de 45° sem ponte de aderência. Mesmo sem a utilização da ponte, a rugosidade obtida devido à utilização da tela viveiro e a saturação da face do concreto antes da segunda etapa de concretagem, garantiu a aderência necessária para que a linha de ruptura desses corpos de prova não seguisse a mesma linha que foi realizada a junta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Pode-se concluir a partir dos resultados analisados que a utilização da ponte de aderência acarretou em uma maior resistência à tração na flexão em ambas as inclinações estudadas.

Como um todo, as juntas inclinadas apresentaram maior resistência, independente do seu tratamento, se comparadas com as juntas na posição vertical. No entanto, a utilização de ponte de aderência apresentou diferentes resultados nos dois casos.

No caso das juntas verticais, apesar do pequeno acréscimo de resistência, os dois grupos de corpos de prova foram considerados estatisticamente equivalentes, o que torna a utilização da ponte de aderência, nesta situação, opcional.

Nas juntas inclinadas, a utilização do produto proporcionou um aumento significativo na resistência à tração, onde estes dois grupos foram considerados estatisticamente diferentes. A partir disso, pode-se concluir que a aplicação da ponte de aderência, neste tipo de junta, proporciona uma maior resistência, sendo a sua utilização o mais indicado.

Analisando-se especificamente o procedimento experimental realizado, tem-se que a utilização de junta de concretagem inclinada a 45° com ponte de aderência trata-se da metodologia ideal, visto que se equivale estatisticamente aos corpos de prova de referência, moldados de uma única vez, sem junta de concretagem. Na sequência, tem-se que a execução de junta inclinada sem ponte de aderência se mostrou como segunda opção de maior resistência à tração na flexão nos corpos de prova analisados, tornando-se a execução mais fácil e menos onerosa que a junta a ser executada com o emprego de ponte de aderência, no entanto com queda de resistência na ordem de 16% se comparado à média dos resultados dos corpos de prova de referência. Por fim, foram consideradas equivalentes estatisticamente as médias das resistências à tração na flexão de corpos de prova de concreto moldados com junta em posição vertical, tanto utilizando-se ponte de aderência na interface como também na condição em que este

produto não é empregado. No entanto é importante salientar que a execução de juntas na posição vertical através da metodologia proposta impactou em redução de cerca de 38% na resistência à tração na flexão, se comparado à média dos corpos de prova de referência.

A Tabela 7 a seguir ilustra este comparativo de redução de resistência à tração na flexão.

Identificação das Séries de CPs	Resistência média à tração na flexão (MPa)	% de Resistência com relação aos CPs de referência	% de Resistência inferior aos CPs de referência
Séries 1 e 3	6,12	100,0%	-
Séries 2 e 4	3,78	62%	38%
Série 5	5,15	84%	16%

Tabela 7 – Análise comparativa da redução da resistência à tração na flexão de CPs, frente aos tipos de junta de concretagem realizados.

Muito embora as análises dos subsídios técnicos obtidos através do trabalho experimental tenham indicado que a execução de juntas inclinadas com ponte de aderência sejam a opção ideal para se ter equivalência com os corpos de prova de referência, é imprescindível avaliar as questões executivas envolvidas. As juntas inclinadas são mais difíceis de serem executadas em campo. Não apenas pela dificuldade em fixar na forma a tela de interrupção de concretagem nesta inclinação, mas também pela dificuldade em garantir um bom adensamento do concreto. Conforme foi visto durante a pesquisa deste trabalho, as juntas a 45° não garantem um adensamento adequado do concreto, isso se deve ao fato de que na parte superior da junta inclinada o vibrador não possui profundidade o suficiente para fazer esse adensamento. As britas de maiores dimensões são levadas para o fundo da forma, acumulando na parte superior da junta uma maior quantidade de nata de cimento. Desta maneira, conseqüentemente, pode haver uma maior dificuldade na aderência entre o concreto velho e o novo na interface da junta, além de criar um ponto frágil na parte superior e uma possível segregação na parte inferior da peça.

Outros fatores que devem ser considerados, no caso da aplicação da ponte de aderência, é a taxa de armadura e as dimensões da peça a ser concretada. Dependendo destes dois fatores, a aplicação do produto na interface da junta torna-se praticamente impossível de ser realizada.

Desta forma, para cada obra deve-se envolver o engenheiro calculista responsável pelos projetos executivos da estrutura para que sejam avaliados os esforços de tração a serem considerados na região das juntas de concretagem, com o intuito de concluir qual metodologia executiva impacta em melhor custo x benefício, considerando-se inclusive as dificuldades executivas, para se definir o melhor modelo que suporte os esforços solicitantes considerados no processamento analítico na região de interesse.

Através da realização do presente trabalho, foram atingidos os objetivos referentes à avaliação da inclinação e da aplicação de ponte de aderência em juntas de concretagem na resistência à tração na flexão utilizando tela de aço, podendo contribuir para os procedimentos executivos a serem realizados nas obras.

Quanto às hipóteses inicialmente previstas, tem-se que o emprego de ponte de aderência somente impactou em uma maior resistência à tração na flexão em corpos de prova com junta de concretagem inclinada, a 45° , se comparado ao mesmo tipo de junta sem ponte de aderência. As juntas de concretagem na vertical, a 90° , apresentaram médias equivalentes estatisticamente, quer seja com ou sem ponte de aderência, indicando que o emprego deste material não conferiu benefícios nesta posição de junta. Analisando-se a inclinação da junta, por sua vez, previa-se que quando a 45° a resistência à tração na flexão fosse superior à junta a 90° , fato este confirmado pelo estudo experimental, em decorrência de uma maior área de aderência entre as diferentes etapas de concretagem.

Para corroborar com o presente trabalho, sugere-se um estudo de execução de juntas de concretagem com inclinações intermediárias entre os 45° e 90° estudados no presente trabalho, visto que reduzidas alterações nestas inclinações podem conferir

relevantes ganhos de resistência à tração na flexão, podendo se tornar um bom custo x benefício.

Outra sugestão para complementar o trabalho é também um estudo sobre a utilização das telas hexagonais padrão viveiro como parada de concretagem, considerando suas dificuldades e facilidades de execução, assim como suas vantagens e desvantagens. Deve-se realizar uma análise de todos os resultados e um comparativo entre este método e o tradicional de apicoamento da superfície de concreto, como forma de garantir a aderência entre as duas etapas de concretagem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142 – Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.** Rio de Janeiro, 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. 2006. **Fundamentos do Concreto Armado – Notas de Aula.** Disponível em: <
<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção:** Patologia, reabilitação, prevenção. São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

BRANDÃO, Ana Maria da Silva. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado – aspectos relativos ao projeto** - 1998. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

BRITEZ et. al. **Estanqueidade de lajes de subpressão. Caso MIS-RJ. 2013.** Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto – Ibracon (Instituto Brasileiro de Concreto). Outubro, 2013.

DALMOLIN, et al. **Contribuição à previsão da vida útil de estruturas de concreto.** ANTAC, 2016. Cap. 8, p. 223-270, 2016.

DUARTE, Raphael Jaques de Castro Ribeiro. **Influência da ponte de aderência epoxídica e limpeza da armadura no desempenho do reparo localizado em estruturas com problemas de corrosão por íons cloreto.** 2007. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Goiás, Goiânia, 2007.

DYER, Thomas. **A Durabilidade do Concreto.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2015.

FREITAS, Marcílio Sousa da Rocha. **Confiabilidade de vigas metálicas dimensionadas pela norma brasileira NBR 8800.** REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 60 (2): 261-269, 2007.

GALLETTO, Adriana. **Reparo de Estruturas de Concreto: Contribuição ao Estudo da Aderência.** 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257681/1/Galletto_Adriana_M.pdf>. Acesso em: 19 set. 2018.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações.** 2015. 174f. Projeto de Graduação – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GUERRA, Ruy Serafim de Teixeira. **Pavimentos a Juntas Fria**. 2013. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/12/pavimentos-juntas-fria-2.html>>. Acesso em: 19 set. 2018

HELENE, Paulo. **Fatores determinantes da iniciação e propagação da corrosão da armadura do concreto**. São Paulo, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Boletim Técnico BT/PCC/121, 31p. 1993 ISSN 0103-9830.

ISAIA, Geraldo C. **Controle de Qualidade das Estruturas de Concreto Armado**. Santa Maria: Edições UFSM, 1988.

LÓPEZ, J.E.R. **Las resinas epoxídicas em la rehabilitación de estructuras de concreto**. Construcción y Tecnología, 1995.

MEDEIROS, Giovana. **Junta Frias: Interrupções planejadas ou imprevistas em concretagem promovem o aparecimento da junta fria**. 2010. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/junta-fria/>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

MEIRA e PADARATZ. **Custos de recuperação e prevenção em estruturas de concreto armado: uma análise comparativa**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, IX, 2002, Foz do Iguaçu. Anais. Porto Alegre: 2002, p. 1425-1432.

MUNARO e POSSAN. **Análise da falha de concretagem de pilares de uma edificação: estudo de caso**. 2017. Disponível em: < <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/286>>;

NATAL e GODINHO. **Estudo da aderência entre concretos com diferentes idades utilizados para recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.** 2017. UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2017.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto.** Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, A.M; BROOKS J.J. **Tecnologia do Concreto.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

PINHEIRO, Libânio M. et al. **Estruturas de concreto – capítulo 3.** 2010. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/concreto/Textos/03%20Acos.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2018

POSSAN e DEMOLINER. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral.** Revista Técnico-Científica do CREA-PR, ISSN 2358-5420, 1ª Edição. 2013.

SAMPAIO, Ícaro de Almeida. **Avaliação de materiais na ligação entre concreto novo/concreto velho.** 2010. 64 f. Monografia do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. 2010.

SASQUIA, Hizuru Obata. **Organização básica do serviço de concretagem das estruturas de concreto.** 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81050120>>. Acesso em: 03.11.2019.

SOUZA, M.T. **Erros de projeto, materiais, execução, uso.** Construção. Vol. 30, pp4-8. (1991)

TRINDADE, Diego dos Santos. **Patologia em estruturas de concreto armado**. 2015. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015

ANEXO A

Nomes: Laura Rebel / Luiza Forlin
TCC - Pós-graduação em Patologia nas Obras Civas - São Paulo/SP

	Juntas de Concretagem						
	Sem junta (Referência)	Vertical com Ponte de Aderência	Inclinada com Ponte de Aderência	Vertical sem Ponte de Aderência	Inclinada sem Ponte de Aderência		
Tempo (min).	6,6	4,1	7,0	4,1	4,3		
	5,5	4,6	5,9	3,7	4,4		
	5,4	3,4	5,7	3,5	5,6		
	5,7	3,3	6,5	4,0	5,7		
	5,9	3,5	6,3	3,7	5,5		
	6,6	4,2	6,4	3,1	5,4		
Total (T.j) =	35,7	23,2	37,8	22,2	30,9	T.. =	149,7
No. Obs. (nj) =	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	N =	30,0
Média (Y _{barra.j}) =	5,95	3,86	6,30	3,70	5,15	Y _{bar_bar..} =	5,0

Cálculos iniciais:	
TC=	747,25
SQT=	40,22
SQG=	33,67
SQR=	6,55

Tabela Anova:

Fonte	SQ	GDL	MQ	Teste F
Entre Grupos	33,67	4,00	8,42	32,12
Dentro Grupos	6,55	25,00	0,26	
Total	40,22	29,00	1,39	

F calculado = 32,12
F tabelado = 2,76

Comparação múltipla de médias:
1. Cálculo do desvio padrão das médias:

nc= 7,50
 S_{xbarra} = 0,19

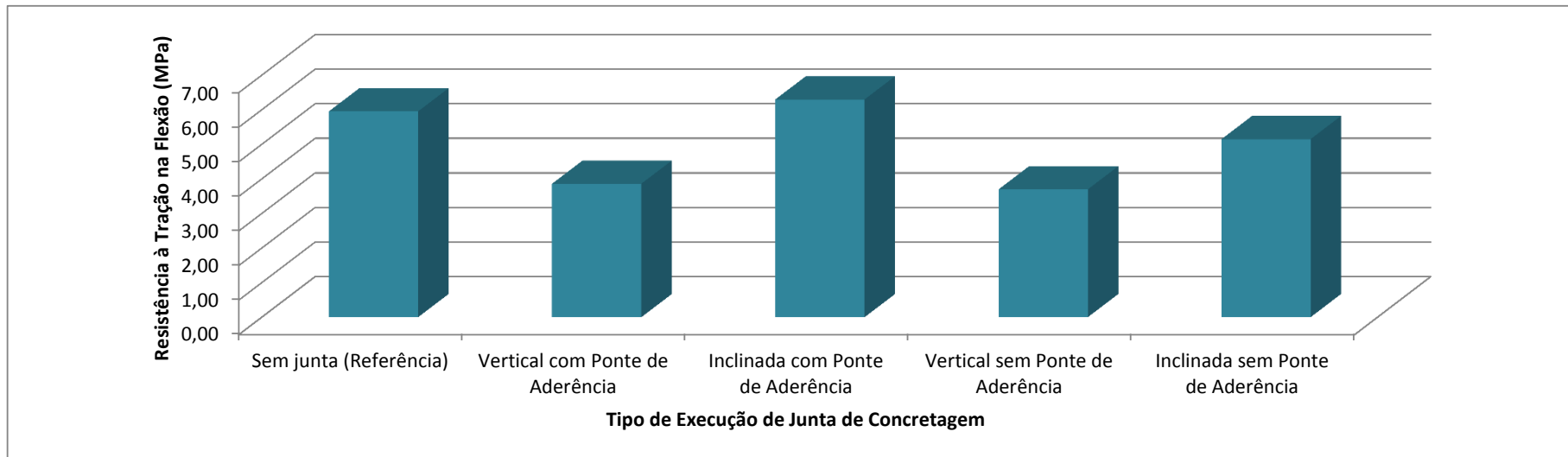
2. Cálculo do limite de decisão:

Ld= 0,56

3. Comparação das médias:

	Mín	Máx
M1= 5,95	5,39	6,51
M2= 3,86	3,30	4,42
M3= 6,30	5,74	6,86
M4= 3,70	3,14	4,26
M5= 5,15	4,59	5,71

4. Análise das concentrações:



Analisando-se os resultados obtidos, constata-se que o emprego de ponte de aderência em junta inclinada está estatisticamente empatado com os corpos de prova de referência, que foram concretados em uma única vez. A execução de junta de concretagem inclinada sem o emprego de ponte de aderência ainda assim produziu resultados superiores ao observado em juntas de construção verticais, tanto com e sem o emprego de ponte de aderência, estando estes últimos estatisticamente empatados.