



**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO
CONCRETO E ARGAMASSA DOSADOS EM CENTRAL SOBRE O
ORÇAMENTO**

CURITIBA
2017



KAREN SCHENFELDER
LEANDRO CESAR FABRIL JUNIOR
MAURO ROBERTO ATHAYDE

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO
CONCRETO E ARGAMASSA DOSADOS EM CENTRAL SOBRE O
ORÇAMENTO**

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

Orientador: Prof. Mauricio Bianchini, MSc.

CURITIBA
2017

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Professor Mauricio Bianchini, pelas contribuições para este trabalho.

Aos demais Professores em especial ao Professor César Zanchi Daher, pela valiosa experiência transmitida que foi bastante esclarecedora para este projeto.

E aos nossos colegas de profissão, que de alguma forma colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho.

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO E ARGAMASSA DOSADOS EM CENTRAL SOBRE O ORÇAMENTO

Por

KAREN SCHENFELDER

LEANDRO CESAR FABRIL JUNIOR

MAURO ROBERTO ATHAYDE

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E
EXECUÇÃO DE OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO
FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) ____ de _____ de _____.

Prof. Orientador: Mauricio Bianchini, MSc.

Prof. Kirke Andrew Wrubel Moreira, MSc.

Prof. Cesar Henrique Sato Daher, MSc.

RESUMO

O presente trabalho quantifica e qualifica os ensaios tecnológicos determinados por norma e controles indicados pela boa prática na execução de obras. Aplicando estes dados em uma obra de um edifício residencial de 4 pavimentos, chegou-se ao impacto destes custos sobre o orçamento total da obra. Ao final da análise observou-se um custo inferior a 1% para os ensaios e controles abordados, face ao valor despendido para a construção do empreendimento. Adicionalmente estes controles conferem à obra maior garantia quanto aos parâmetros exigidos para os materiais aplicados, evitando o retrabalho nas peças concretadas, diminuindo o desperdício de argamassa de revestimento, e impedindo o aparecimento de manifestações patológicas ligadas à qualidade destes materiais.

Palavras chave: concreto, argamassa, ensaio, controle tecnológico, custo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Valores históricos e projeção da concentração de CO ₂ na atmosfera (MALHOTRA & MEHTA, 2008 apud BIANCHINI, 2010).....	15
Figura 2 - Ensaio de abatimento do tronco de cone de Abrams (SLUMP)	19
Figura 3 - Mapa de Concretagem – Vigas baldrames.....	24
Figura 4 - Mapa de Concretagem – Lajes	25
Figura 5 - Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco	40
Figura 6 - Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco	41
Figura 7 - Fachada do empreendimento.....	43
Figura 8 - Planta humanizada do pavimento tipo	44
Figura 9 - Exemplo de mapa de concretagem.....	47
Figura 10 - Lei de Sitter, 1984	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos NBR 13749 (ABNT, 2013).....	34
Tabela 2 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única NBR 13749 (ABNT, 2013).....	36
Tabela 3 - Volumes de concreto por etapa da obra.....	45
Tabela 4 - Quantitativo de materiais para vigas e laje do pavimento tipo	46
Tabela 5 - Outros dados	46
Tabela 6 - Determinação do número de ensaios à compressão por amostragem total.....	48
Tabela 7 - Determinação do número de ensaios à compressão por amostragem parcial.....	49
Tabela 8 - Determinação do custo para execução dos ensaios necessários com amostragem total para o ensaio de compressão	52
Tabela 9 - Determinação do custo para execução dos ensaios necessários com amostragem parcial para o ensaio de compressão.....	52
Tabela 10 - Serviços e custos unitários para recomposição de elementos estruturais	54
Tabela 11 - Cálculo do custo dos serviços para recomposição de elemento estrutural	54
Tabela 12 - Cálculo dos prazos individuais para recomposição de elemento estrutural	55
Tabela 13 - Determinação do prazo total para recomposição de elemento estrutural	55
Tabela 14 - Cálculo dos volumes de argamassa para revestimento de fachada.....	56

Tabela 15 - Cálculo da área proporcional e prazo para aplicação do revestimento de fachada	57
Tabela 16 - Serviços e custos unitários para revestimento de fachada	57
Tabela 17 - Cálculo do custo dos serviços para revestimento de fachada.....	57
Tabela 18 - Desaprumo x Custo.....	58
Tabela 19 - Valores finais quanto à execução dos ensaios necessários com amostragem total para o ensaio de compressão.....	59
Tabela 20 - Valores finais quanto à execução dos ensaios necessários com amostragem parcial para o ensaio de compressão	59
Tabela 21 – Custo do controle x Custo do reparo - Concreto.....	60
Tabela 22 – Custo do controle x Custo do reparo - Prumo.....	61

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) Equação para Determinação da Resistência de Aderência à Tração.....	41
---	----

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
FOLHA DE APROVAÇÃO	3
RESUMO	4
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE EQUAÇÕES.....	8
SUMÁRIO.....	9
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.2. OBJETIVOS.....	12
1.2.1. Objetivo Geral	12
1.2.2. Objetivos Específicos	12
1.3. HIPÓTESE	12
1.4. JUSTIFICATIVAS	13
1.4.1. Tecnológicas.....	13
1.4.2. Econômicas	13
1.4.3. Sociais	14
1.4.4. Ecológicas	14
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	15
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. GENERALIDADES	17
2.2. CONCRETO USINADO	18
2.2.1. Pedido e Recebimento do Concreto Fresco	18
2.2.2. Transporte do Concreto Fresco	20
2.2.3. Controle de Qualidade do Concreto	22
2.2.4. Ensaio de Controle Tecnológico do Concreto	27

2.3. ARGAMASSA ESTABILIZADA USINADA.....	32
2.3.1. Definições.....	32
2.3.2. Especificação.....	33
2.3.3. Procedimento.....	36
2.3.4. Determinação da Resistência de Aderência à Tração	38
3. ESTUDO DE CASO.....	43
3.1. DESCRIÇÃO DO CASO ESTUDADO	43
3.1.1. Métodos Construtivos	44
3.2. DADOS DA OBRA	45
3.3. DADOS DOS ENSAIOS	46
3.3.1. Concreto	46
3.3.2. Argamassa	50
3.3.3. Execução	51
3.4. APLICAÇÃO DOS DADOS	51
3.5. CÁLCULO DO CUSTO DE REPARO PARA PROBLEMAS RESULTANTES DA AUSÊNCIA DE ENSAIOS E CONTROLES.....	53
3.5.1. Demolição de Elemento Estrutural	53
3.5.2. Desaprumo de Fachada	56
4. APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	59
4.1. QUANTO Á DEMOLIÇÃO DE ELEMENTO ESTRUTURAL	60
4.2. QUANTO AO DESAPRUMO DE FACHADA.....	61
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	63
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

Observa-se que no Brasil predominam estruturas convencionais em concreto armado, em virtude da disponibilidade de matéria prima e mão-de-obra especializada, porém dependendo da região verifica-se a falta do controle tecnológico do concreto e argamassa, seja por falta de empresas especializadas neste tipo de controle, ou por falta de conhecimento sobre o custo e a necessidade destes ensaios.

Tendo em vista a importância deste controle e a falta de dados acerca da representatividade de seu custo, o trabalho busca determinar um ponto de partida para facilitar a tomada de decisão. O seu desenvolvimento será em três etapas: definição dos procedimentos e quantificação dos ensaios necessários de acordo com a fase da obra; avaliação do custo para a execução dos mesmos; e por fim a verificação do impacto deste custo sobre o orçamento global da obra, considerando um edifício residencial em concreto armado com quatro pavimentos.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Qual o impacto do controle tecnológico do concreto e argamassa sobre o orçamento de um edifício residencial em estrutura convencional de concreto armado com 4 pavimentos?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Determinar o impacto do controle tecnológico do concreto e argamassa sobre o orçamento de um edifício residencial em estrutura convencional de concreto armado com 4 pavimentos.

1.2.2. Objetivos Específicos

Determinar o impacto do investimento em controle tecnológico do concreto, nas seguintes etapas:

- a) Fundação;
- b) Infraestrutura;
- c) Superestrutura;
- d) Pisos.

Também, o impacto do investimento e controle tecnológico da argamassa nos revestimentos de:

- a) Paredes Internas;
- b) Paredes Externas;
- c) Tetos.

1.3. HIPÓTESE

Considerando a tipologia estudada acredita-se que o impacto financeiro do controle tecnológico do concreto e argamassa seja de aproximadamente 1%.

1.4. JUSTIFICATIVAS

1.4.1. Tecnológicas

Por se tratar de um material heterogêneo, o concreto está sujeito a variáveis, tais como os materiais constituintes, processos de dosagem e produção, que podem influenciar em suas características (ABCP, 1990 apud BIANCHINI, 2010).

O controle tecnológico do concreto se faz importante visando garantir que todo o concreto utilizado na obra siga a especificação de projeto.

Da mesma forma, no processo de dosagem e armazenamento da argamassa usinada podem ocorrer erros que potencializarão o aparecimento de manifestações patológicas no futuro.

1.4.2. Econômicas

Em estruturas convencionais de concreto, como no caso estudado, se faz uso de fôrmas de madeira e metálicas. Em ambos os casos a antecipação da desfôrma promove economia de recursos, e isto é possível através da análise dos dados de resistência do concreto provenientes do controle tecnológico.

Em uma obra na qual a argamassa não obteve a aderência esperada ao substrato, os gastos com manutenção preventiva e corretiva ocorrerão precocemente e serão significativas.

1.4.3. Sociais

Recentemente, com a alta na construção civil, observou-se muitos relatos de problemas estruturais e patologias em obras, trazendo diversos inconvenientes e riscos aos usuários. O controle tecnológico do concreto e argamassa faz com que as edificações não apresentem problemas relacionados à resistência destes materiais, garantindo que atinja a sua vida útil especificada em projeto, assim como a segurança dos moradores.

Características como produtividade, desempenho e qualidade dos produtos vem se mostrando insatisfatórias frente à crescente demanda por habitações (LIMA, 2005 apud KLIMPEL & SANTOS, 2010). As políticas habitacionais precisam buscar a melhoria da qualidade no setor de edificações, abandonando soluções baseadas somente em quantidade (KOWALTOWSKI et al., 2001 apud KLIMPEL & SANTOS, 2010).

1.4.4. Ecológicas

O crescimento da população, o desenvolvimento da economia e da produção industrial vem impulsionando o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera. A indústria de produção de cimento apresenta-se como uma das grandes contribuintes para isto, visto que a produção de 1 tonelada de clínquer resulta na emissão de cerca de 900 kg de CO₂ na atmosfera. A projeção é de que no ano de 2100 a concentração de CO₂ na atmosfera chegue a 800 ppm, quantidade muito superior ao valor histórico para o ano 2000, que foi de 400 ppm, como registra a Figura 1 (MALHOTRA & MEHTA, 2008 apud BIANCHINI, 2010).

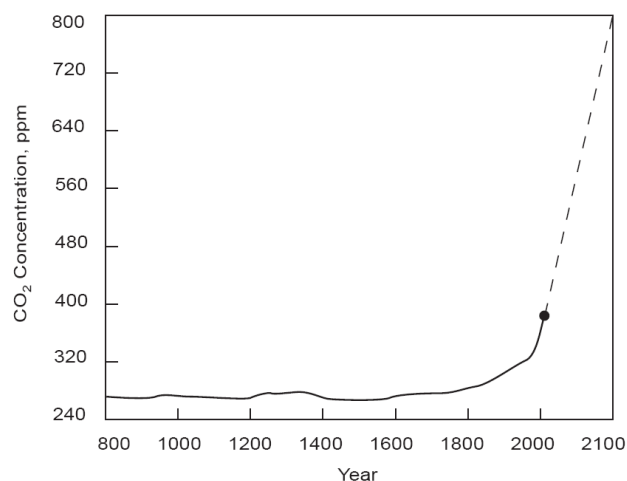


Figura 1 - Valores históricos e projeção da concentração de CO₂ na atmosfera (MALHOTRA & MEHTA, 2008 apud BIANCHINI, 2010)

Utilizando-se concreto e argamassa com qualidade e resistência atestadas, as estruturas de concreto armado e revestimentos apresentam longa vida útil, minimizando o uso de recursos naturais com manutenção e postergando a necessidade de se construir uma nova obra sobre o mesmo local.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente foram definidas as normas que tecem sobre o assunto controle tecnológico do concreto e argamassa, o que determinou os ensaios que devem ser realizados incluindo suas quantidades. Também foram verificados os processos de aceitação das entregas de concreto na obra, desde a conferência do traço solicitado, volume, slump, inclusive a elaboração de mapa de concretagem.

Em seguida foram aplicados estes princípios no orçamento de uma edificação de quatro pavimentos já executada, chegando a porcentagem que os ensaios tecnológicos representam em relação ao orçamento total da obra.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O **Capítulo 1** apresenta uma breve introdução a respeito do tema escolhido, 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 características dos materiais concreto e argamassa, cuidados quanto sua produção e aplicação, e por fim alguns controles tecnológicos existentes.

O **Capítulo 3** trata sobre o estudo de caso empregado neste trabalho, apresentando a descrição do empreendimento, dados levantados acerca dos volumes de concreto e argamassa utilizados no decorrer da obra, bem como os custos para execução dos ensaios pertinentes.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo com base na comparação entre o custo base da obra e o custo dos ensaios. Adicionalmente foram imaginados cenários nos quais a falta de controle gerou retrabalhos e gastos extras.

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

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. GENERALIDADES

Segundo Bauer (2008), devido ao grande número de variáveis envolvidas na caracterização e produção do concreto, e visto sua importante função em uma obra, é necessário que este seja submetido a controle de qualidade. De acordo com Helene e Terzian (1993), controle se define como “um conjunto de atividades técnicas e planejadas, através das quais se pode alcançar uma meta e assegurar um nível predeterminado de qualidade”.

Para realizar o controle de qualidade, Juran e Gryna (1991) propõem um “ciclo de controle”, que consiste em três etapas:

- a) Avaliação do desempenho operacional real;
- b) Comparação do desempenho real com os objetivos;
- c) Tomada de atitude baseada na diferença entre o objetivo e o desempenho real.

Baseado nisto desenvolve-se este trabalho, incluindo também o controle do material argamassa, visto que sua má gestão pode acarretar em diversas manifestações patológicas.

2.2. CONCRETO USINADO

2.2.1. Pedido e Recebimento do Concreto Fresco

2.2.1.1. Tolerância de Entrega

Por trás de toda obra, há um projeto que por sua vez deve especificar uma série de propriedades mínimas requeridas para o concreto a ser utilizado. Em geral, faz-se o pedido do concreto especificando a resistência característica mínima “fck”, a dimensão máxima do agregado e a consistência desejada para bem trabalhar o concreto fresco.

A NBR 12655 (ABNT, 2015) diz que a aceitação do concreto consiste em duas etapas: aceitação do concreto fresco (provisória) e aceitação definitiva do concreto, efetuadas através dos ensaios de controle de aceitação do concreto.

A aceitação do concreto fresco é efetuada durante a descarga da betoneira, e consiste na verificação da conformidade das propriedades para o estado fresco. Já a aceitação definitiva do concreto consiste na verificação do atendimento a todos os requisitos especificados para o concreto endurecido.

A qualidade final de uma estrutura de concreto armado depende tanto do controle de suas propriedades no estado fresco como no seu estado endurecido (GEYER & SÁ, 2006).

O controle rigoroso da resistência mínima à compressão (diretamente relacionada ao fator água/cimento), também está diretamente ligada ao parâmetro de durabilidade e impermeabilidade do concreto.

O chamado *retempero* do concreto (colocação de água momentos antes da concretagem para obtenção da consistência adequada), só pode ser tolerado nas seguintes condições:

- a) A relação água/aglomerante não pode superar a relação preestabelecida pela dosagem do concreto para o traço;
- b) O tempo decorrido entre o início do contato entre aglomerante e água e a descarga do concreto não deve ultrapassar 90 minutos em tempo quente e 120 minutos em tempo frio (condições brasileiras, cimentos com tempo de início de pega superior a duas horas).

Deve-se sempre manter a troca de informações com a central de concreto, de modo a saber a quantidade máxima de água que se pode adicionar ao material para ajuste de consistência antes da descarga. É importante lembrar que a água só pode ser adicionada por um funcionário da central de concreto, sob exclusiva responsabilidade da central, no que diz respeito ao atendimento do fck especificado.

A consistência do concreto é medida pelo abatimento do cone de Abrams, também conhecida como SLUMP, exemplificado na Figura 2. O ensaio mede a consistência e a fluidez do material, permitindo o controle e uniformidade do concreto. A principal função desse ensaio é fornecer uma metodologia simples para se controlar a uniformidade da produção do concreto em diferentes betonadas. Desde que, na dosagem, se tenha obtido um concreto trabalhável, a constância do abatimento indicará a uniformidade da trabalhabilidade (GEYER & SÁ, 2006). Em casos de contratação de empresas de serviços de concretagem, o ensaio deverá ser realizado a cada betonada.



Figura 2 - Ensaio de abatimento do tronco de cone de Abrams (SLUMP)

Quando o concreto é preparado pelo executante da obra, devem ser realizados ensaios de consistência sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

- a) Na primeira amassada do dia;
- b) Ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2h;
- c) Na troca dos operadores;
- d) Cada vez que forem moldados corpos de prova.

2.2.2. Transporte do Concreto Fresco

2.2.2.1. Caminhões-betoneira

A grande vantagem do caminhão-betoneira é que há a possibilidade de misturar o material dentro do mesmo, lembrando que durante o transporte, é requerido que o material seja apenas agitado para evitar a segregação. Assim, de acordo com a NBR 7212 (ABNT, 2012), na central de concreto a betoneira do caminhão trabalha com alta velocidade de rotação, e durante o transporte com baixa velocidade de rotação. Usualmente, momentos antes da descarga, após inserida a segunda parcela de água de modo a atingir a consistência desejada, a rotação volta a ser alta para que se possa misturar e homogeneizar o material. A faixa de rotação varia de acordo com cada fabricante ou a empresa responsável pela qualidade do concreto.

2.2.2.2. Bombeamento

O bombeamento consiste em transportar o concreto por meio de tubos dentro dos quais o material escoar, mediante pressão. O sistema avaliado e validado para tal uso é o de pistões, basicamente composto por 2 conjuntos de cilindros com pistões acionados mecanicamente ou hidráulicamente que empurram o concreto de dentro dos tubos, associados a válvulas que se abrem e fecham sincronizadamente ao movimento dos pistões. As tubulações devem ser rígidas (aço) e apresentar 125 mm de diâmetro, terminando em uma mangueira flexível para facilitar a colocação do concreto no molde.

As dimensões máximas do agregado no concreto não devem exceder a 1/3 do diâmetro interno do tubo. O abatimento deve ser superior a 90 mm. O excesso de finos prejudica o bombeamento por excesso de coesão, e a falta de finos promove a segregação do concreto bombeado (ROMANO et al., 2011).

2.2.2.3. Gruas com Caçambas

Em obras verticais, as gruas são muito utilizadas, tornando o fornecimento de concreto uma operação bastante viável. Segundo Recena e Pereira (2011), no transporte com caçamba e grua, o ideal é que sejam utilizadas duas caçambas, permitindo que, enquanto uma descarrega o concreto, a outra esteja sendo carregada pela betoneira. Também pode-se haver o uso de pontes rolantes com caçamba, que são dispositivos semelhantes às gruas, porém menos ágeis devido à necessidade de trilhos.

2.2.2.4. Cuidados no Transporte

Como já descrito anteriormente, o tempo de transporte não deve exceder uma parcela do tempo de pega do cimento empregado, geralmente não se ultrapassando de 90 minutos em tempos quentes e 120 minutos em tempos frios.

Deve-se evitar a segregação do material, ou seja, o concreto deve apresentar características de coesão. No caso de concretos com consistências fluídas, para evitar a segregação deve-se tomar cuidado com sacolejos e vibrações no momento do transporte. Por isso, é conveniente misturar a água parcialmente antes de seu transporte, e o restante momentos antes da descarga.

Também há a preocupação com a evaporação. Calor, baixa umidade relativa do ar e predominância de ventos são fatores muito influentes na evaporação. Por isso há a necessidade de se transportar o material em recipientes que evitem o contato com a atmosfera exterior.

Por último, deve-se evitar a hidratação prematura do concreto, encurtando ao máximo as distâncias de transporte e escolhendo as horas mais frias do dia.

2.2.3. Controle de Qualidade do Concreto

2.2.3.1. Amostra

Ao iniciar-se o controle de qualidade do concreto em uma determinada obra, primeiramente deve-se estabelecer critérios para a retirada da amostra. Para tal fim, o concreto é dividido em famílias. No decorrer de uma obra, há concretos com diferentes características e propriedades, que variam de acordo com o local onde será utilizado ou até a função que o mesmo exercerá. De

acordo com a família do concreto, subdivide-se a mesma em várias porções, para as quais são retirados lotes de uma família em comum, e cada lote pode ser considerado homogêneo em relação ao seu todo. De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), o controle de aceitação do concreto se estabelece para cada um dos lotes formados segundo as regras facilitadoras básicas:

- a) No máximo o volume de concreto destinado a um andar;
- b) No máximo o volume de concreto de 100 m³ (50 m³ se aplicado em pilares e em elementos estruturais sujeitos à compressão e/ou flexo compressão);
- c) No máximo o volume de concreto lançado em 3 dias de concretagem.

É importante ressaltar que se o lote tiver variáveis intervenientes na qualidade homogênea, por definição, se houver mudanças de fornecedores durante a confecção, deve-se encerrar a amostragem do lote do curso e abrir a amostragem de um novo lote.

Nota-se que o volume do concreto do lote destina-se ao uso efetivo na construção. Uma pequena parte retirada desse concreto é denominada amostra, onde cada uma representa o seu lote. A amostra por sua vez é subdividida em porções denominados exemplares, os quais serão destinados a ensaios de controle de qualidade. Em obras de grande porte, há casos de betonadas onde não serão retirados exemplares para ruptura à compressão. Entretanto, é conveniente que, ao menos, sejam realizados, para todas as betonadas, o ensaio de consistência.

É importante dividir o concreto da obra em lotes de acordo com o local, pois caso um lote não apresente as propriedades mínimas de qualidade, uma vez que haja problemas com apenas um exemplar de lote, todo lote, a rigor, estará comprometido.

2.2.3.2. Mapa de Concretagem

Em relação ao lançamento, adensamento e acabamento do concreto, de acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), o plano de concretagem deve prever a relação entre as operações de lançamento e adensamento, de forma que seja suficientemente elevada para evitar a formação de juntas frias, e baixa para evitar sobrecargas nas fôrmas e escoramentos. A operação de lançamento deve ser contínua, de maneira que, uma vez iniciada, não sofra nenhuma interrupção até que todo o volume previsto no plano de concretagem tenha sido completado.

O mapa de concretagem é um procedimento que prevê a anotação de dados referentes ao concreto recebido sobre a planta da área a ser concretada, permitindo identificar com precisão o local onde foi lançado o material de cada betoneira, como demonstram as Figuras 3 e 4. De acordo com Recena e Pereira (2011), o mapeamento facilita eventuais processos de verificação ou intervenção em eventos que possam ocorrer posteriormente.

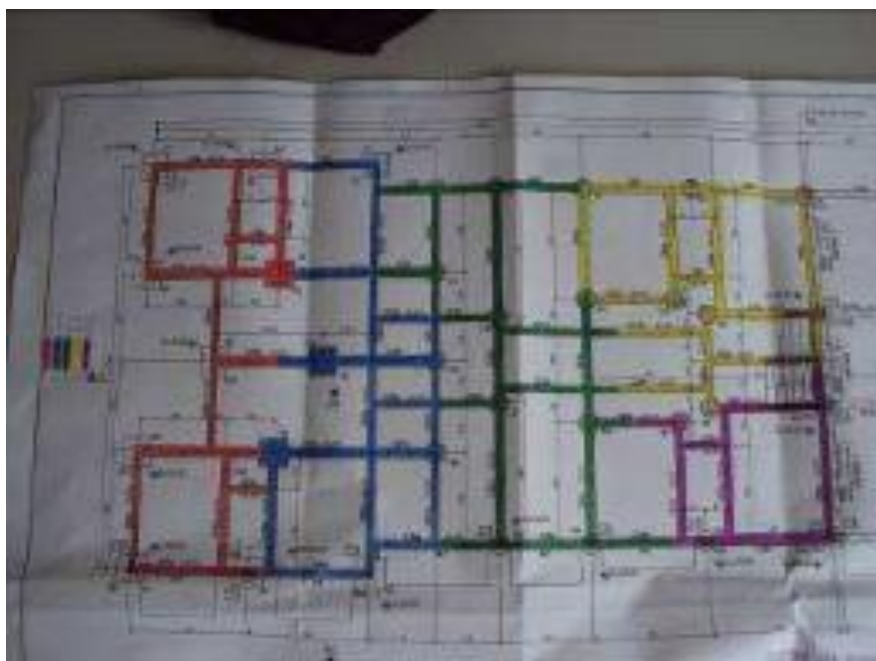


Figura 3 - Mapa de Concretagem – Vigas baldrames

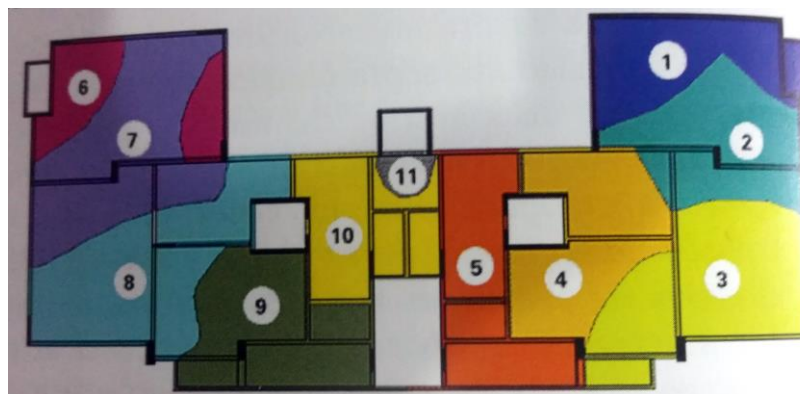


Figura 4 - Mapa de Concretagem – Lajes

Segundo Recena e Pereira (2011), o mapeamento de concretagem para posterior controle deve ser feito em todos os elementos de uma edificação. O encarregado do mapeamento deve acompanhar a concretagem real, e marcar sobre a planta a área correspondente a cada betonada, anotando valor do fck, ocorrência do uso de aditivos, teste do SLUMP, quantidade volumétrica, número da placa do caminhão, hora de entrada e saída, número do lacre, entre outros fatores. Em casos de obras de maior responsabilidade, o concreto de cada betonada deve ser relacionado com a cota de elevação correspondente. Caso posteriormente, em um ensaio o concreto não apresente as características necessárias esperadas, pelo mapa de concretagem é fácil determinar a localização do uso desse concreto, para posteriormente tomar a decisão necessária.

2.2.3.3. Corpos de Prova

Para efeito de aceitação pela resistência à compressão, cada exemplar deve ser constituído por pelo menos dois corpos de prova por idade no momento de ruptura. Os corpos de prova empregados para ensaio de ruptura à compressão apresentam formato cilíndrico. Com relação de altura/diâmetro igual a 2, ou seja, 150 mm de diâmetro por 300 mm de altura. Devido à tendência do uso de agregados relativamente menores (brita 1" ou 19 mm), a norma NBR 5738

(ABNT, 2015) permite o uso de corpos de prova de 100 mm de diâmetro por 200 mm de altura. Durante a moldagem dos corpos de prova, o concreto é colocado em pequenas camadas. O número de camadas e golpes para o adensamento, bem como o processo a ser adotado, varia com a dimensão do corpo de prova, podendo ser manual ou mecânica. Segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015), para os corpos de prova de 100 mm de diâmetro, é estabelecida a moldagem em duas camadas, cada uma com 12 golpes, quando utilizado adensamento manual ou uma camada no caso de adensamento mecânico. Para os corpos de prova de 150 mm de diâmetro, estes valores são, respectivamente, três camadas e 25 golpes em cada uma, ou duas camadas quando utilizado vibrador.

Depois de retirado o corpo de prova do molde, é exigido que suas bases apresentem planicidade, com uma tolerância de 0,05 mm. Para cumprir com tal exigência, é necessário que o corpo de prova passe por uma retificação ou capeamento, lembrando que para o capeamento, há 3 diferentes tipos de materiais possíveis para uso: pasta de cimento Portland de consistência seca, mistura de enxofre com um material granular e gesso de alta resistência. O capeamento deve apresentar uma espessura de 1,5 a 3 mm, e ter resistência similar ao do concreto em ensaio.

Ainda segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015), a cura do corpo de prova deve ocorrer em câmara úmida, com temperatura e umidade (saturação) controladas. Geralmente os corpos de prova são mantidos de 20 a 48 horas, em uma temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, de forma que seja evitada a perda de água.

A cura deve ser feita até que os corpos de prova atinjam a idade de controle especificada em projeto, e sejam encaminhados para ensaios.

2.2.4. Ensaios de Controle Tecnológico do Concreto

2.2.4.1. Ensaios à Compressão

A resistência à compressão é determinada segundo NBR 5739 (ABNT, 2007), com a aplicação, através da máquina de ensaio, de uma tensão com velocidade constante de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. A carga máxima registrada dividida pela área da seção transversal do corpo de prova resulta na resistência à compressão, que é expressa com precisão de 0,05 MPa. Além da compressão uniaxial, existe também a tensão lateral de cisalhamento, que tem o efeito de aumentar a resistência à compressão aparente do concreto. Quando a relação entre a altura e a largura do corpo de prova aumenta, a influência do cisalhamento diminui, de modo que a parte central do corpo de prova pode romper por tração lateral. Esse é o caso de um corpo de prova cilíndrico padrão, no qual a relação altura/diâmetro é 2. Em casos de testemunhos extraídos “in loco”, o diâmetro irá depender da máquina extratora, enquanto a altura depende da espessura da laje ou elemento em estudo. Caso o testemunho seja alto, pode-se cortar o mesmo para obtenção da relação altura/diâmetro de 2. Porém, caso o testemunho seja muito curto, é necessário estimar a resistência que seria obtida com a utilização de uma relação altura/diâmetro de 2, por meio de aplicação de fatores de correção.

2.2.4.2. Ensaio à Compressão – Método da Cura Acelerada

A maior desvantagem do ensaio à compressão é o tempo necessário para se obter os resultados (7 a 28 dias). Para diminuir o tempo de resposta dos ensaios, utiliza-se o método da cura acelerada.

A ASTM C 684-99 (Reapproved 2003) estabelece um método de cura acelerada denominada *método de água morna*. Tal método consiste em emergir o corpo de prova cilíndrico em água a 35°C. Após seu capeamento, serão ensaiados na idade de 24 horas.

O segundo método é o *método de água em ebulição* que descreve uma cura inicial em ambiente úmido a 21°C por 23 horas, antes da cura em água em ebulição por 3 horas e 30 minutos. Após 1 hora de resfriamento, o cilindro é capeado e ensaiado na idade de 28 horas e meia.

O terceiro método conhecido como *método autógeno*, utiliza cura por isolamento durante 48 horas antes do capeamento e ensaio na idade aproximada de 49 horas.

Em qualquer um dos métodos de cura acelerada, a resistência obtida é menor do que a resistência aos 28 dias de corpos de prova normatizados. Entretanto, os resultados da resistência acelerada podem ser correlacionados com a resistência dos 7 e 28 dias. A relação entre as duas resistências deve ser estabelecida antes do lançamento do concreto na estrutura, de modo que o ensaio acelerado possa ser utilizado como um ensaio rápido de controle para determinar a variação nas proporções da mistura.

2.2.4.3. Ensaios à Tração

Devido à difícil aplicação de tração uniaxial a um corpo de prova de concreto, a resistência à tração é determinada por dois métodos indiretos: ensaio de resistência à tração na flexão, e o ensaio de resistência à tração por compressão diametral. Nos casos de concretos de pavimentos, o controle de aceitação especificado a ser realizado geralmente é o de ensaio por tração na flexão. A tensão teórica máxima de tração atingido na fibra inferior da viga de ensaio é conhecida como módulo de ruptura, que é um importante valor para

projetos de pavimentos de rodovias e aeroportos. A NBR 12142 (ABNT, 2010) preconiza o método de ensaio de corpos de prova prismáticos moldados segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015).

2.2.4.4. Módulo de Deformação

Geralmente é utilizado em ensaios de concretos protendidos para verificação experimental do módulo de deformação e para a liberação de protensões. O método do ensaio é preconizado pela NBR 8522 (ABNT, 2008), que permite a determinação do módulo de deformação tangente inicial (ou módulo de elasticidade), assim como da curva tensão-deformação. Quando o objetivo é a liberação das protensões, geralmente o que interessa é o traçado da curva tensão-deformação, que permite o cálculo dos módulos de deformação secantes a vários níveis de carregamento do corpo de prova, tendo sido mais escolhidos os níveis de 30% e 40% da carga prevista de ruptura à compressão.

2.2.4.5. Ensaio do Esclerômetro de Reflexão

O ensaio trata-se do princípio de que a reflexão (recuo) de uma massa elástica depende da dureza da superfície contra a qual a massa colidiu. Ou seja, o ensaio consiste em uma avaliação de dureza superficial do concreto, empregando-se principalmente, um aparelho denominado *Esclerômetro de Schmidt*, cujo uso é normatizado pela NBR 7584 (ABNT, 2012).

2.2.4.6. Resistência à Penetração

Conhecido comercialmente como ensaio da *agulha de Windsor*, estima a resistência do concreto de acordo com a profundidade de penetração de um pino a partir de uma determinada energia gerada por uma carga de pólvora. O princípio utilizado neste ensaio é que a penetração do pino é inversamente proporcional à resistência de compressão do concreto.

Semelhante ao ensaio do esclerômetro de reflexão, Dutra (2005) afirma que o ensaio de resistência à penetração mede basicamente a dureza, e não pode fornecer valores absolutos de resistência. Porém, sua grande vantagem em relação ao esclerômetro, é que se mede a dureza a partir de uma determinada profundidade do concreto e não somente da superfície.

2.2.4.7. Ensaio de Arrancamento (Pull-out Test)

De acordo com a ASTM C 900-01, este ensaio mede a força necessária para o arrancamento de um pino metálico com extremidade alargada embutido no concreto. Devido à sua forma, o pino metálico é arrancado com uma porção de concreto na forma de tronco de cone. A resistência ao arrancamento é calculada como a reação entre a força e a área teórica do tronco de cone. O valor obtido é aproximado à resistência ao cisalhamento do concreto. A resistência ao arrancamento tem boa correlação com a resistência à compressão de testemunhos ou corpos de prova cilíndricos padrão para uma grande variedade de condições de cura e idades.

2.2.4.8. Ensaio Não Destrutivo – Velocidade de Propagação de Ondas Ultrassônicas

O ensaio fornece elementos para verificar, principalmente, a homogeneidade do material. O ensaio é normatizado pela NBR 8802 (ABNT, 2013) e descrita pela ASTM C598-02. O uso principal desse método é no controle de qualidade de concretos similares, podendo ser detectadas falhas de adensamento e alteração na relação água/cimento. Entretanto, a velocidade do pulso não pode ser utilizada como um indicador geral da resistência à compressão, pois há diversos fatores que podem interferir no resultado (teor de umidade, idade, presença de armadura, temperatura, entre outros).

2.2.4.9. Ensaio Destrutivo – Extração de Testemunho

Quando há suspeitas de que o concreto utilizado em determinado local não apresenta as propriedades mínimas exigidas, e não havendo registros de ensaios com corpos de prova, ou até mesmo, quando há suspeitas do manuseio inadequado para a moldagem ou cura de um corpo de prova, faz-se viável utilizar o método de extração de testemunhos que consistem no arrancamento de testemunhos com brocas providas de coroas diamantadas refrigeradas à água, preparando corpos de prova à partir da regularização desses testemunhos, e ensaiando-os à compressão de acordo com a NBR 7680-1 (ABNT, 2015). Os testemunhos também podem ser utilizados para outros ensaios como módulo de deformação, permeabilidade, resistência à tração por compressão, entre outros.

2.2.4.10. Outros Ensaios

Técnicas especializadas para ensaios de concreto variam desde o uso de equipamentos eletromagnéticos para a medição do cobrimento da armadura até radiação gama para a determinação da variação da qualidade do concreto. Cabe ao técnico responsável pela execução analisar os tipos de concretos a serem utilizados e suas determinadas funções, avaliando assim os esforços correspondentes e consequentemente os tipos de ensaios mais adequados a serem realizados para averiguar e manter uma qualidade de concreto aplausível.

2.3. ARGAMASSA ESTABILIZADA USINADA

2.3.1. Definições

A argamassa inorgânica é definida pela NBR 7200 (ABNT, 1998) como: “Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”. Desdobrando esta definição, temos que a argamassa estabilizada usinada pode ser constituída basicamente de: agregado (miúdo ou leve), Cimento Portland, água, aditivos (hidrofugante, incorporador de ar, redutor de permeabilidade ou retentor de água), e adições (entulho reciclado, material pozolânico e outros), como lista a NBR 13529 (ABNT, 2013). Desta forma, visto que a argamassa pode ser produzida com diferentes materiais e dosagens, de acordo com a função que precisará desempenhar, é importante que sejam repassadas ao fornecedor estas informações.

A NBR 13528 (ABNT, 2010), define resistência de aderência à tração como: “Tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento (corpo

de prova), na interface de avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração”. Complementando com a caracterização de aderência, que é resultante da interação entre as camadas do sistema de revestimento como um todo, abrangendo a base e o revestimento em si, não sendo então uma propriedade da argamassa.

2.3.2. Especificação

Para que a especificação do sistema de revestimento de argamassa seja adequada, são necessárias informações quanto aos tipos e parâmetros de argamassa para definição do traço, espessura aplicada, acabamento superficial, e tipo de revestimento a ser aplicado posteriormente, NBR 7200 (ABNT, 1998).

A seguir estão listados os parâmetros a serem analisados para a elaboração do projeto e aceitação do serviço de revestimentos de argamassa, segundo a NBR 13749 (ABNT, 2013).

2.3.2.1. Condições e Aspecto

O revestimento de argamassa deve apresentar textura uniforme, ausência de imperfeições e manifestações patológicas, e satisfazer as condições de compatibilidade e propriedades específicas necessárias ao seu local de aplicação.

2.3.2.2. Espessura

O revestimento deve respeitar o indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos NBR 13749 (ABNT, 2013)

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Quando houver necessidade de execução de camada de revestimento com espessura superior ao limite indicado na Tabela 1, é obrigatório, segundo FIORITO (2009), a utilização de tela metálica soldada para inibir a retração da argamassa, e no caso de paredes (fachadas), também dar suporte ao peso próprio da espessa camada resultante.

2.3.2.3. Prumo

Para argamassa aplicada sobre paredes internas, o desvio de prumo deve ser de no máximo $H/900$, onde H é a altura da parede, em metros.

2.3.2.4. Nivelamento

Para argamassa aplicada em tetos, o desvio de nível deve ser de no máximo $L/900$, onde L é o comprimento do maior vão do teto, em metros.

2.3.2.5. Planeza

As irregularidades graduais não podem exceder 3 mm em relação a uma régua com 2 m de comprimento, e as irregularidades abruptas não podem exceder 2 mm em relação a uma régua com 20 cm de comprimento.

2.3.2.6. Aderência

Segundo Cincotto apud Tortato e Elias, 2010, “A aderência é uma das características de maior relevância ao se analisar um sistema de revestimento, e seu desempenho é muito dependente de uma execução adequada do revestimento entre outros fatores que interagem com este sistema”.

Para uma avaliação da aderência do revestimento em argamassa executado, este deve ser submetido a ensaios de percussão, através da aplicação de leves impactos com material rijo, em uma área de 1 m² para cada 50 m² de tetos e para cada 100 m² de paredes. Quando for obtido um som cavo, deve-se então repetir este ensaio abrangendo a totalidade da área para determinar a dimensão da falha e proceder reparos.

Quando julgado necessário, deve ser realizado o ensaio de resistência de aderência à tração, que consiste na retirada de corpos de prova a cada 100 m², ou menos, da área suspeita. O procedimento para execução do ensaio está descrito no Capítulo 2.3.6, e seus resultados devem atender aos valores da Tabela 2, para que sejam satisfatórios.

Tabela 2 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única NBR 13749 (ABNT, 2013)

Local		Acabamento	Ra (mPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto			≥ 0,20

2.3.3. Procedimento

“A aderência do revestimento está relacionada com o grau de absorção da base, que propicia a microancoragem, e com a rugosidade superficial, que contribui para a macroancoragem” NBR 7200 (ABNT, 1998). Desta forma, a primeira etapa da execução do revestimento compreende em garantir que a base de aplicação esteja nas condições adequadas quanto à planeza, prumo e nivelamento, verificar a necessidade de que seja pré-molhada, ou aplicado chapisco, posições de juntas de movimentação, e ausência de qualquer resíduo que possa prejudicar a aderência. Também devem ser observadas as condições de ergonomia, segurança, equipamentos e ferramentas para os colaboradores, a estrutura para recebimento, acondicionamento e transporte dos materiais, e a liberação da área de trabalho.

Cabe frisar que a argamassa usinada deve ser armazenada em recipiente impermeável e protegida da incidência de raios solares e aeração, por um período máximo definido pelo fornecedor.

A execução de revestimentos utilizando argamassa dosada em central deve respeitar as seguintes idades mínimas da base, a não ser em caso de

instrução específica do fornecedor, a qual deve ser comprovada através de ensaios de laboratórios credenciados NBR 7200 (ABNT, 1998):

- a) Estruturas de concreto e alvenarias armadas estruturais – 28 dias;
- b) Alvenarias não armadas estruturais e alvenarias sem função estrutural de tijolos, blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto celular (tendo os blocos de concreto passado por cura de ao menos 28 dias) – 14 dias;
- c) Chapisco (para aplicação de emboço ou camada única) – 3 dias (climas quentes e secos – temperatura > 30°C – pode-se reduzir para 2 dias);
- d) Emboço de argamassa de cal (para aplicação de reboco) – 21 dias;
- e) Emboço de argamassas mistas ou hidráulicas (para aplicação de reboco) – 7 dias;
- f) Revestimento de reboco ou camada única (para aplicação de acabamento decorativo) – 21 dias.

No caso da necessidade de aplicação de duas camadas de emboço, deve-se respeitar um intervalo de 24 horas entre elas.

É interessante fazer o registro das condições de aplicação do revestimento para posterior elaboração de relatório para referência e apresentação à fiscalização quando necessário.

Deve-se garantir no momento da aplicação do revestimento, que a temperatura ambiente não esteja abaixo de 5°C, e no caso de temperatura superior a 30°C, baixa umidade relativa do ar, ventos fortes ou insolação forte e direta sobre o revestimento, é necessária atenção à cura, mantendo-o úmido no mínimo as 24 horas iniciais através de aspersão constante de água NBR 7200 (ABNT, 1998).

Para a execução do emboço, ou revestimento de camada única, primeiramente o plano de revestimento deve ser determinado através de pontos, pela fixação de taliscas de material cerâmico, utilizando-se argamassa idêntica à

do futuro revestimento, de acordo com a espessura especificada em projeto, a qual deve atender às exigências da NBR 13749 (ABNT, 2013), e em dimensões compatíveis com a régua de sarrafeamento. Então são executadas faixas regularizadas, através do preenchimento entre as taliscas, constituindo assim as guias ou mestras. Quando as guias ou mestras estiverem resistentes ao apoio da régua, a argamassa pode ser lançada sobre a superfície, preenchendo também os vazios das taliscas que devem ser retiradas. Adquirindo a consistência necessária, faz-se a retirada do excesso de argamassa e a regularização da superfície pela passagem da régua. No caso de aparecimento de irregularidades, fazer o preenchimento nos pontos necessários e sarrafear novamente, até se obter uma superfície plana e homogênea NBR 7200 (ABNT, 1998).

O emboço, então, pode receber diferentes tipos de acabamento e detalhes construtivos de acordo com o especificado no projeto.

Devem ser tomados os devidos cuidados para que não sejam danificados ou prejudicados os demais serviços executados, e também o próprio revestimento, removendo completamente qualquer respingo de argamassa o mais brevemente possível. Deve ser observado também o cuidado com a limpeza das ferramentas e a caixa de argamassa NBR 7200 (ABNT, 1998).

2.3.4. Determinação da Resistência de Aderência à Tração

2.3.4.1. Aparelhagem, Ferramentas e Materiais

O equipamento necessário para a execução do ensaio é chamado dinamômetro de tração, e tem como função, a aplicação contínua de carga centrada e ortogonal ao revestimento, apresentando então a leitura da carga com

erro máximo de 2%, que deve ser garantido através de aferição NBR 13528 (ABNT, 2010).

O equipamento será acoplado à pastilha metálica circular, não deformável às cargas aplicadas neste ensaio, que deve ser colada com material à base de resina epóxi ou similar, também compatível com os esforços do ensaio, na superfície do corpo de prova determinado através do corte com a serra copo NBR 13528 (ABNT, 2010).

2.3.4.2. Execução do Ensaio

A execução do ensaio deve respeitar o prazo mínimo de 28 dias para argamassas mistas ou de cimento e areia, e 56 dias para argamassas de cal e areia, iniciando após a aplicação da argamassa sobre o substrato NBR 13528 (ABNT, 2010).

Segundo a NBR 13528 (ABNT, 2010): “Cada ensaio é composto por 12 corpos de prova de mesmas características (tipo e preparo do substrato, argamassa de revestimento, forma de aplicação, idade do revestimento”. A distribuição destes corpos de prova no revestimento deve ser feita de forma aleatória e representativa, devendo estar espaçados entre si e dos cantos e quinas, em no mínimo 50 mm, e no caso de paredes internas 30 cm acima do piso e 30 cm abaixo do teto por questões de ergonomia.

A parte prática do ensaio inicia através do corte do revestimento, preferencialmente a úmido e com antecedência para que esteja seco quando da colagem da pastilha, inicialmente em baixa velocidade, e tomando o cuidado para garantir a ortogonalidade referente à superfície. O corte deve compreender todo o revestimento, avançando de 1 a 5 mm no substrato. Em pontos com aplicação de tela metálica não é possível a realização do corte. A próxima etapa consiste em executar a limpeza da superfície do corpo de prova e da pastilha, aplicar a cola

sobre a pastilha e posicioná-la centrada sobre o corpo de prova. A camada de cola não deve exceder a espessura de 5 mm, e qualquer excesso deve ser removido. Após bem pressionada a pastilha, deve-se esperar o tempo de secagem indicado pelo fabricante da cola NBR 13528 (ABNT, 2010).

Previamente ao início da utilização do dinamômetro, devem ser retiradas três amostras deste mesmo revestimento ensaiado para determinação da umidade. Então o aparelho pode ser instalado e a carga aplicada, de forma constante, até a ruptura do corpo de prova, quando anota-se a carga (N) ou tensão de ruptura (MPa) indicada no visor do aparelho. Com o auxílio do paquímetro verificar duas medidas de diâmetro do corpo de prova para cálculo da área, e a espessura do revestimento. Também deve ser anotada a forma de ruptura do corpo de prova, que deve ser analisada comparativamente às Figuras 5 e 6 NBR 13528 (ABNT, 2010).

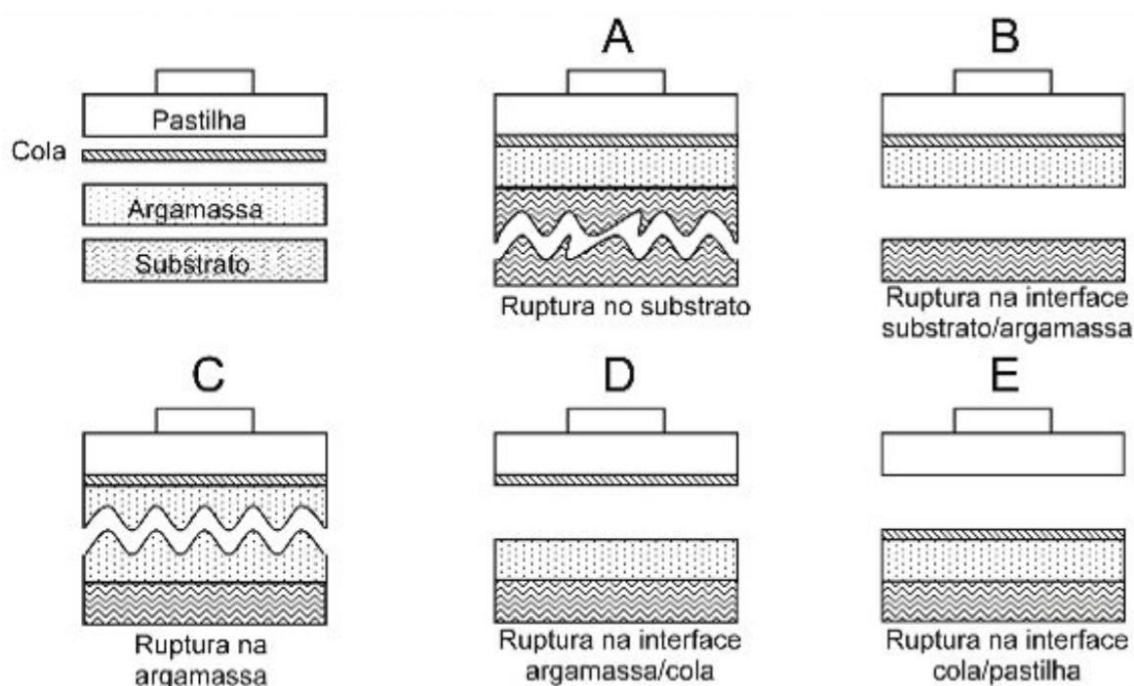


Figura 5 - Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco

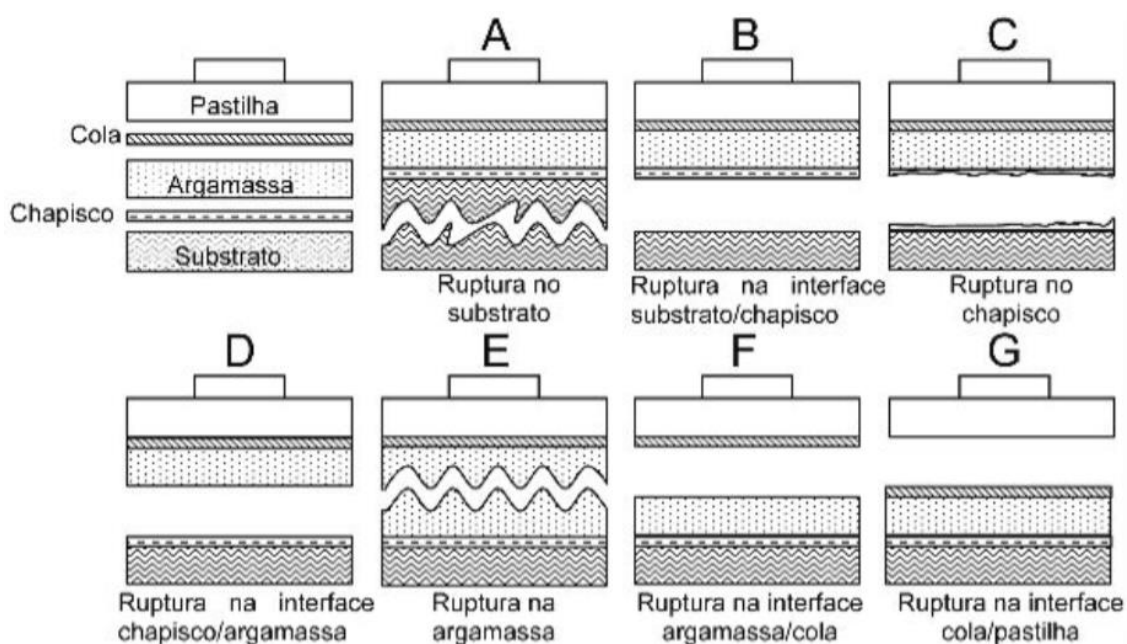


Figura 6 - Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco

2.3.4.3. Resultados

Segundo a NBR 13528 (ABNT, 2010), todas as informações quanto à caracterização do sistema de revestimento, metodologia do ensaio, coleta de dados e ensaio de umidade, devem ser planilhadas para facilitar o cálculo da resistência de aderência à tração, através da seguinte equação:

$$Ra = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Onde:

Ra - resistência de aderência à tração (MPa);

F - força de ruptura (N);

A - área do corpo de prova (mm²).

Estes valores então serão analisados quanto à característica de ruptura na interface argamassa/substrato, anteriormente apresentados nas Figuras 5 e 6, considerando o seguinte:

- a) Quando houver ruptura na interface argamassa/substrato (Figura 5 – Exemplo B), e na interface substrato/chapisco e chapisco/argamassa (Figura 6 – Exemplos B e D), o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio;
- b) Para as demais rupturas apresentadas nas Figuras 5 e 6 (exceto E e G, respectivamente), a resistência de aderência não foi determinada e é maior que o valor obtido no ensaio, o qual deve ser apresentado precedido pelo sinal maior que ($>$);
- c) Quando houver ruptura na interface cola/pastilha (Figura 5 – Exemplo E; Figura 6 – Exemplo G), indica imperfeição na colagem da pastilha e o resultado deve ser desprezado.

2.3.4.4. Relatório de Ensaio

O relatório do ensaio a ser apresentado deve conter no mínimo as informações quanto ao tipo de substrato, características dos equipamentos, umidade e os resultados de resistência à aderência para cada corpo de prova, incluindo os percentuais dos tipos de ruptura. Também é importante a apresentação de informações como identificação do sistema de revestimento por completo, o preparo da base, o fornecedor do material e a idade do revestimento NBR 13528 (ABNT, 2010).

3. ESTUDO DE CASO

3.1. DESCRIÇÃO DO CASO ESTUDADO

O caso de estudo trata-se de uma edificação residencial multifamiliar, situada no município de Ponta Grossa – PR, na Rua Anita Garibaldi, nº 1575, bairro Órfãs. Dividida em 4 pavimentos, sendo 1 de garagem e 3 de uso residencial, e cada um destes composto de 4 apartamentos, com área total construída entre 93,55 e 105,09 m² por unidade residencial. Em função do número de pavimentos optou-se por não disponibilizar elevador e área comum de lazer. A área total construída é de 1.207,04 m² com padrão de acabamento médio. As Figuras 7 e 8 ilustram o empreendimento.

Para a execução de toda a obra utilizou-se concreto e argamassa dosados em central.



Figura 7 - Fachada do empreendimento

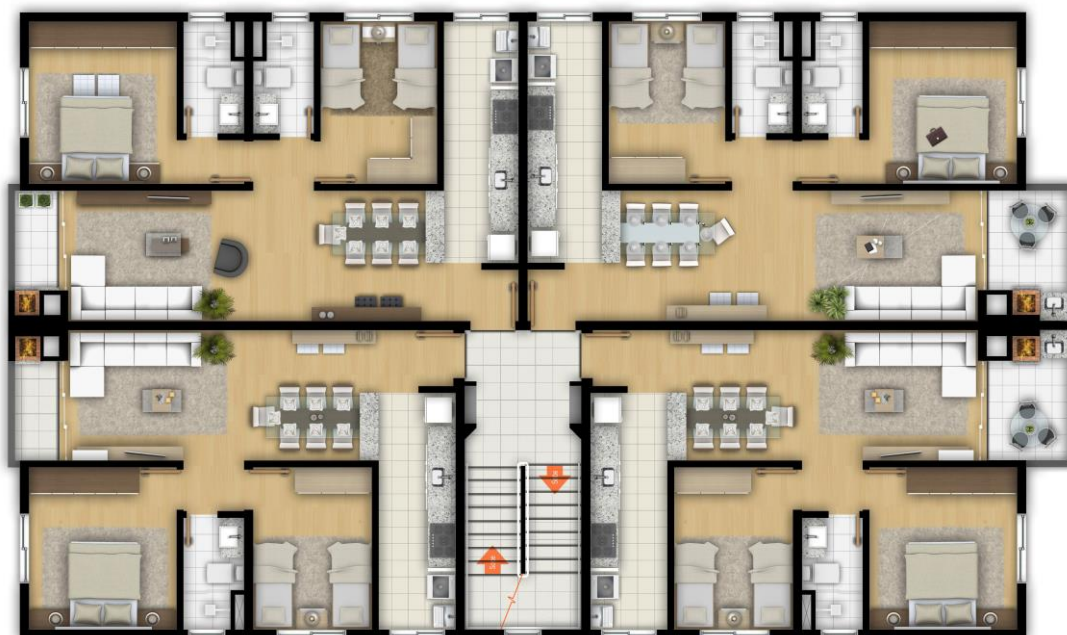


Figura 8 - Planta humanizada do pavimento tipo

O valor total despendido ao final da obra foi de R\$ 1.684.613,26, o que resulta em um custo de aproximadamente R\$ 1.395,65/m²

O valor médio de vendas estimado é de R\$ 230.000,00 por unidade, totalizando cerca de R\$ 2.760.000,00.

3.1.1. Métodos Construtivos

A fundação foi indireta por meio de estacas escavadas com utilização de equipamento de perfuração. Como o terreno possuía pouca resistência inicial foi necessário encamisar o trecho inicial das estacas, além disso, devido à presença de água acima da cota do pé das estacas, foi necessária a utilização de tremonha para a concretagem. Posteriormente foram construídos os blocos de coroamento.

Quanto à estrutura, foi utilizado sistema convencional de concreto armado moldado in-loco, com lajes mistas e enchimento em EPS.

A vedação foi executada em blocos cerâmicos de 6 furos (9x14x19 cm) assentados à chato, totalizando paredes com 14 cm de espessura em osso. O revestimento composto de chapisco, emboço e reboco, utilizando a argamassa estabilizada entregue na obra por meio de caminhão betoneira.

Para o acabamento externo utilizou-se textura, com detalhes em pastilha cerâmica.

As esquadrias são de alumínio e as portas internas do tipo porta pronta fornecidas pré-montadas diretamente pela fábrica.

Os apartamentos foram entregues com piso em porcelanato na cozinha, lavanderia e banheiros. No demais ambientes ficou a cargo do cliente a instalação do acabamento do piso, seja ele laminado ou mesmo a continuação do piso frio.

Todos os apartamentos têm churrasqueira na sacada.

3.2. DADOS DA OBRA

Nas tabelas 3, 4 e 5, seguem dados pertinentes ao desenvolvimento do estudo.

Tabela 3 - Volumes de concreto por etapa da obra

MACRO ETAPA	MICRO ETAPA	VOLUME DE CONCRETO (m³)	%
Fundação	-	64,65	17,75%
Infraestrutura	-	37,58	10,32%
Superestrutura	Pilares	27,11	7,44%
	Vigas	53,87	14,79%
	Lajes, Escadas e Caixa d'água	146,82	40,31%
Pisos	-	34,16	9,38%
TOTAL		364,19	100,00%

Tabela 4 - Quantitativo de materiais para vigas e laje do pavimento tipo

MATERIAL	UNID.	QUANTIDADE
Aço	kg	3.509,40
Concreto	m ³	59,01
Fôrma	m ²	480,22

Tabela 5 - Outros dados

ITEM	UNID.	QUANTIDADE
Área do pavimento tipo	m ²	300,00
Área da fachada	m ²	1.304,94

3.3. DADOS DOS ENSAIOS

3.3.1. Concreto

3.3.1.1. Conferência do Romaneio, Tronco de Cone (SLUMP) e Mapa de Concretagem

Na ocasião do recebimento do concreto, o colaborador designado deve solicitar ao motorista da betoneira o romaneio da carga, onde deverá conferir o nome da empresa que solicitou o concreto, o traço e o volume da carga em questão. Após esta conferência deve ser feito o ensaio de abatimento de tronco de cone, de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998), com o intuito de verificar a consistência do concreto em relação ao solicitado para a concretagem.

Após as etapas descritas acima pode-se iniciar a descarga do concreto, tomando nota das peças concretadas e/ou registrando graficamente em planta

baixa o local da obra que está recebendo o concreto do respectivo romaneio, conforme Figura 9.

Este processo deve ser repetido a cada carga recebida.

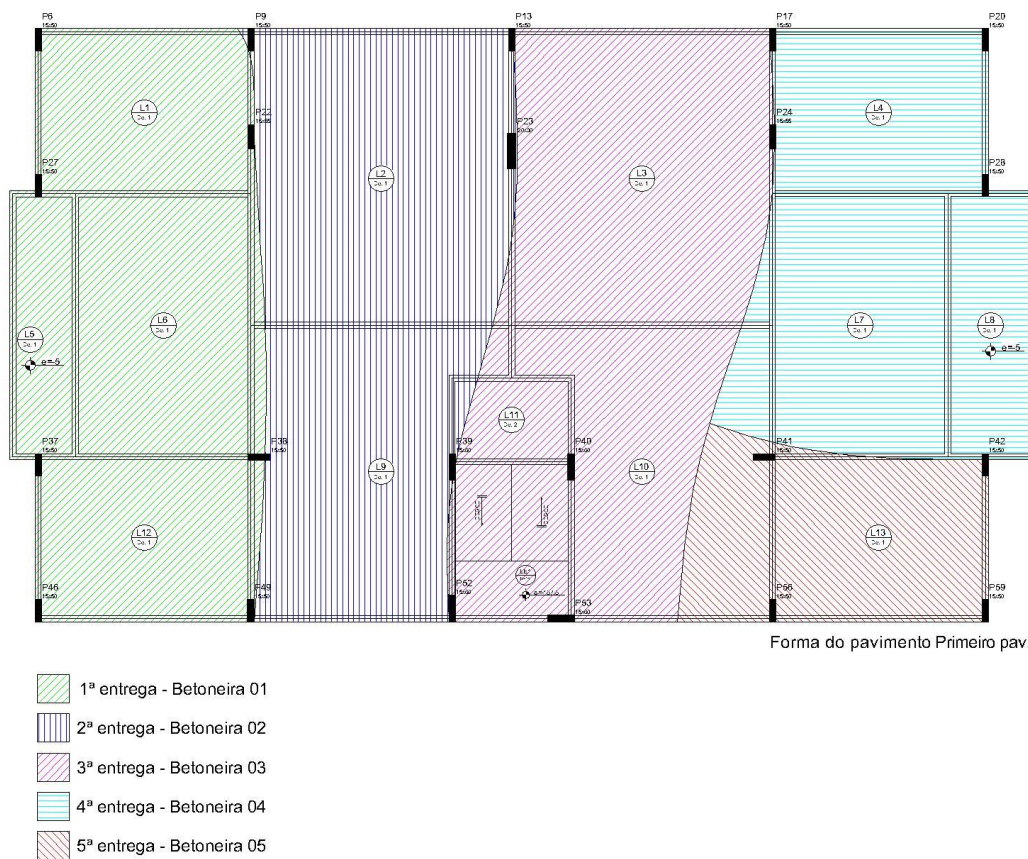


Figura 9 - Exemplo de mapa de concretagem

O custo de um colaborador com função de estagiário para este acompanhamento é de R\$ 50,00 por dia de mobilização para concretagem.

3.3.1.2. Ensaio de Compressão

Durante a descarga do caminhão-betoneira, deve-se retirar a amostra de concreto no intervalo entre 15% a 85% de material descarregado, conforme NBR NM 33 (ABNT, 1998), juntamente com preenchimento de ficha com

informações referentes ao material e à obra. Este material servirá para a confecção de corpos de prova com dimensões padronizadas conforme NBR 5738 (ABNT, 2015), que serão submetidos à cura, e posteriormente rompidos em laboratório de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), para a determinação da resistência do concreto.

A NBR 7680-1 (ABNT, 2015) determina as regras de amostragem do material para o ensaio. Foram considerados os dois casos possíveis, amostragem total e amostragem parcial, para ampliar o horizonte comparativo do estudo.

Para a amostragem total, cada caminhão-betoneira recebido representa um lote, sendo necessária a confecção de 3 corpos de prova para cada um deles. Segue Tabela 6 com o cálculo do número total de corpos de prova para este caso.

Tabela 6 - Determinação do número de ensaios à compressão por amostragem total

MACRO ETAPA	MICRO ETAPA	VOLUME DE CONCRETO (m³)	MOBILIZAÇÕES	VOLUME POR MOBILIZAÇÃO (m³)	LOTES	TESTE-MUNHOS POR MOBILIZAÇÃO	TOTAL DE TESTE-MUNHOS	%
Fundação	-	64,65	1,00	64,65	9,00	27,00	27,00	16,36%
Infra-estrutura	-	37,58	1,00	37,58	5,00	15,00	15,00	9,09%
Super-estrutura	Pilares	27,11	3,00	9,04	2,00	6,00	18,00	10,91%
	Vigas	53,87	3,00	17,96	3,00	9,00	27,00	16,36%
	Lajes, Escadas e Caixa d'água	146,82	3,00	48,94	7,00	21,00	63,00	38,18%
Pisos	-	34,16	1,00	34,16	5,00	15,00	15,00	9,09%
TOTAL			12,00				165,00	100,00%

Já para a amostragem parcial, os lotes são fracionados em até 50 m³, sendo necessários 6 corpos de prova para cada um deles. A Tabela 7 apresenta o cálculo total.

Tabela 7 - Determinação do número de ensaios à compressão por amostragem parcial

MACRO ETAPA	MICRO ETAPA	VOLUME DE CONCRETO (m³)	MOBILIZAÇÕES	VOLUME POR MOBILIZAÇÃO (m³)	LOTES	TESTE-MUNHOS POR MOBILIZAÇÃO	TOTAL DE TESTE-MUNHOS	%
Fundação	-	64,65	1,00	64,65	2,00	12,00	12,00	15,38%
Infra-estrutura	-	37,58	1,00	37,58	1,00	6,00	6,00	7,69%
Super-estrutura	Pilares	27,11	3,00	9,04	1,00	6,00	18,00	23,08%
	Vigas	53,87	3,00	17,96	1,00	6,00	18,00	23,08%
	Lajes, Escadas e Caixa d'água	146,82	3,00	48,94	1,00	6,00	18,00	23,08%
Pisos	-	34,16	1,00	34,16	1,00	6,00	6,00	7,69%
TOTAL			12,00				78,00	100,00%

O custo do ensaio de rompimento à compressão de cada corpo de prova é de R\$ 19,00, sendo necessários 165 unidades para amostragem total (Tabela 6), ou 78 unidades para amostragem parcial (Tabela 7), divididos em 12 mobilizações e ambos os casos.

3.3.1.3. Ensaio do Módulo de Deformação

Da mesma forma que o ensaio à compressão, deve-se respeitar o momento para retirada do material do caminhão-betoneira, e preenchimento dos corpos de prova, que devem ser cilíndricos e padronizados, conforme NBR 8522 (ABNT, 2008). Após o processo de cura, serão submetidos a carregamentos e descarregamentos em equipamento apropriado, para então, através das leituras e cálculos chegar-se à curva de deformação.

É necessária a moldagem de 5 corpos de prova para cada ensaio completo, sendo 2 para a determinação da resistência à compressão, e 3 para a

determinação do módulo de elasticidade. Estes dois dados irão compor o cálculo do módulo de deformação NBR 8522 (ABNT, 2008).

Para este caso consideramos somente um ensaio, que serve para caracterizar o concreto que será utilizado na obra, de forma que somente com os resultados dos ensaios de compressão das cargas posteriores, aplicados à curva de deformação seja possível verificar problemas ou antecipar a desfôrma das peças.

O custo para execução deste ensaio é de R\$ 600,00 por grupo de 5 corpos de prova. Para o caso desta obra é necessária a contratação de empresa sediada em Curitiba, então, também é cobrada a taxa de mobilização/desmobilização da equipe, que pode chegar ao valor de R\$ 1.500,00.

3.3.2. Argamassa

3.3.2.1. Determinação da Resistência de Aderência à Tração

Este ensaio somente é necessário caso sejam verificadas áreas suspeitas após o ensaio de percussão. Porém, pode ser feito para identificar possíveis fragilidades dos materiais constituintes ou do método executivo, para que possam ser melhorados no decorrer da obra, como por exemplo, material do substrato frágil, chapisco fraco, etc. Foi considerado um ensaio inicial para esta identificação, e posteriormente um segundo ensaio para verificação dos ajustes.

O custo para execução é de R\$ 750,00 por ensaio, o qual é composto do arrancamento de 12 pastilhas. Também neste caso, é necessária a contratação de empresa sediada em Curitiba, somando ao valor do ensaio, a taxa de mobilização/desmobilização da equipe, no valor de R\$ 1.500,00. A empresa pode também cobrar a elaboração do relatório com valor de R\$ 500,00.

3.3.3. Execução

3.3.3.1. Verificação de Prumo e Verticalidade

Esta verificação deve ser feita por um topógrafo, previamente à concretagem de cada pavimento, verificando o posicionamento das fôrmas. Na ocasião da montagem das fôrmas o topógrafo deverá posicionar o equipamento de medição em pontos estratégicos a fim de visar as faces da fachada do empreendimento, verificando a existência de deslocamentos horizontais em relação aos pavimentos já edificadas, e comunicando ao encarregado para os devidos ajustes. Estes deslocamentos, se não corrigidos, resultarão em desaprumo das paredes e consequentemente engrossamento do revestimento externo. Com o excesso de espessura de revestimento se aumenta o risco de acidente no trabalho devido a probabilidade de deslocamento de revestimento, há o desperdício financeiro devido ao uso de material extra, despesas com a mão de obra sem contar o impacto cronológico na obra.

O custo para isto é de R\$ 1.000,00/dia, e serão necessárias 4 visitas do profissional, uma para cada laje.

3.4. APLICAÇÃO DOS DADOS

Todos os dados apresentados anteriormente estão compilados nas Tabelas 8 e 9, adicionalmente ao cálculo do custo para realização dos ensaios propostos. Para cada ensaio de controle foi levantado o quantitativo de acordo com a norma que o rege, e os valores de custos foram levantados de acordo com o preço de mercado encontrado nos municípios de Ponta Grossa e Curitiba.

Tabela 8 - Determinação do custo para execução dos ensaios necessários com amostragem total para o ensaio de compressão

ENSAIO / CONTROLE	CUSTO ENSAIO	REPETI- ÇÕES	TOTAL ENSAIO	CUSTO EXTRAS	REPETI- ÇÕES	TOTAL EXTRAS	TOTAL GERAL
Concreto - Conferência do Romaneio, Mapa de Concretagem e Tronco de Cone (SLUMP)	50,00	12,00	600,00	0,00	0,00	0,00	600,00
Concreto - Ensaio de Compressão (Amostragem Total)	19,00	165,00	3.135,00	0,00	0,00	0,00	3.135,00
Concreto - Ensaio do Módulo de Deformação	600,00	1,00	600,00	1.500,00	1,00	1.500,00	2.100,00
Argamassa - Determinação da Resistência de Aderência à Tração	750,00	2,00	1.500,00	2.000,00	2,00	4.000,00	5.500,00
Execução - Verificação de Prumo e Verticalidade	1.000,00	4,00	4.000,00	0,00	0,00	0,00	4.000,00
							R\$ 15.335,00

Tabela 9 - Determinação do custo para execução dos ensaios necessários com amostragem parcial para o ensaio de compressão

ENSAIO / CONTROLE	CUSTO ENSAIO	REPETI- ÇÕES	TOTAL ENSAIO	CUSTO EXTRAS	REPETI- ÇÕES	TOTAL EXTRAS	TOTAL GERAL
Concreto - Conferência do Romaneio, Mapa de Concretagem e Tronco de Cone (SLUMP)	50,00	12,00	600,00	0,00	0,00	0,00	600,00
Concreto - Ensaio de Compressão (Amostragem Parcial)	19,00	78,00	1.482,00	0,00	0,00	0,00	1.482,00
Concreto - Ensaio do Módulo de Deformação	600,00	1,00	600,00	1.500,00	1,00	1.500,00	2.100,00
Argamassa - Determinação da Resistência de Aderência à Tração	750,00	2,00	1.500,00	2.000,00	2,00	4.000,00	5.500,00
Execução - Verificação de Prumo e Verticalidade	1.000,00	4,00	4.000,00	0,00	0,00	0,00	4.000,00
							R\$ 13.682,00

3.5. CÁLCULO DO CUSTO DE REPARO PARA PROBLEMAS RESULTANTES DA AUSÊNCIA DE ENSAIOS E CONTROLES

A seguir estão descritas duas situações de problemas em obras, que poderiam ser evitados caso fossem realizados os ensaios e acompanhamentos devidos. Para esta análise utilizamos os dados da obra objeto de estudo.

3.5.1. Demolição de Elemento Estrutural

Para esta hipótese consideramos que o ensaio de compressão foi executado, e indicou que a resistência não foi alcançada para o concreto proveniente de um dos caminhões na concretagem da laje e vigas de um pavimento tipo. Sendo assim, foi necessária a demolição da área na qual este concreto foi utilizado, porém não foi feito mapa de concretagem. A área total do pavimento é de 300 m², e sabia-se aproximadamente o ponto no qual o concreto foi aplicado. Desta forma, realizou-se o ensaio do esclerômetro, executando os golpes no concreto através do aparelho medidor de resistência e fazendo a extração de testemunho nos pontos onde o aparelho apontou resistência abaixo do previsto, e por último, realizando novamente o ensaio a compressão na prensa hidráulica. Após os ensaios, foi possível determinar que 20% da laje e vigas seriam demolidos e recompostos. As Tabelas 10 e 11 apresentam dados e cálculos referentes ao custo deste reparo:

Tabela 10 - Serviços e custos unitários para recomposição de elementos estruturais

SERVIÇO	UNID.	MÃO-DE-OBRA (R\$)	MATERIAL/EQUIPAMENTOS (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Demolição	m³	42,40	70,00	112,40
Bota-fora	m³	30,60	38,00	68,60
Recomposição de fôrma	m²	24,42	19,30	43,72
Recomposição de armadura	kg	2,92	3,40	6,32
Concreto	m³	73,23	289,57	362,80

De acordo com o conhecimento aproximado dos pontos problemáticos, foram determinadas 8 áreas de ensaio para avaliação utilizando o esclerômetro de reflexão. Durante a avaliação, foram identificados os pontos críticos e retirados 2 testemunhos para rompimento à compressão. O preço de mercado para este grupo de ensaios é composto por R\$ 750,00/vez de mobilização e desmobilização (necessária 1 vez), R\$ 190,00/unidade para extração, preparo, cura e rompimento de testemunho (total de 2 unidades), e R\$ 95,00/área para o ensaio de esclerometria (total de 8 áreas). Assim, por facilidade de cálculo para este caso, temos um valor médio de R\$ 236,25 por área de ensaio.

Tabela 11 - Cálculo do custo dos serviços para recomposição de elemento estrutural

SERVIÇO	UNID.	QUANTIDADE TOTAL	PARCELA	QUANTIDADE	CUSTO DO SERVIÇO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Ensaio por esclerometria	pt	8,00	100,00%	8,00	236,25	1.890,00
Demolição	m³	59,01	20,00%	11,80	112,40	1.326,54
Bota-fora	m³	82,61	20,00%	16,52	68,60	1.133,46
Recomposição de fôrma	m²	480,22	20,00%	96,04	43,72	4.199,04
Recomposição de armadura	kg	3.509,40	20,00%	701,88	6,32	4.435,88
Concreto	m³	59,01	20,00%	11,80	362,80	4.281,77
						R\$ 17.266,70

* Para volume de bota-fora foi considerado empolamento de 40%

Quanto ao prazo de execução da obra, de acordo com as Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos da PINI (TCPO), este problema vai gerar um atraso de 9 dias úteis (11 dias corridos).

3.5.2. Desaprumo de Fachada

Não havendo acompanhamento de prumo e verticalidade, podem ocorrer desvios no alinhamento da estrutura, que precisarão ser corrigidos posteriormente, quando da aplicação do revestimento. Se o edifício não apresentasse nenhum desvio, o revestimento totalizaria 2,5 cm de espessura uniforme em toda a fachada de 1.304,94 m².

Para esta hipótese, foi considerado um desaprumo de 3 cm. Desta forma, foi iniciado o revestimento com 2 cm de espessura no ponto mais favorável (espessura mínima), chegando com 5 cm no ponto mais desfavorável. Com estes dados podemos calcular o volume de argamassa necessário para reparar o desvio, conforme Tabela 14.

Tabela 14 - Cálculo dos volumes de argamassa para revestimento de fachada

SITUAÇÃO	ÁREA DE REVESTIMENTO (m ²)	ESPESSURA MÉDIA DO REVESTIMENTO (m)	VOLUME DE ARGAMASSA (m ³)
Sem desvio	1.034,94	0,025	25,87
Com desvio	1.034,94	0,035	36,22
DIFERENÇA			10,35

Para o cálculo da mão de obra foi transformado o volume extra de argamassa em um valor de área de aplicação proporcional. Também foi possível calcular o atraso que a obra sofrerá. Estes dados estão apresentados na Tabela 15.

Com base nos dados apresentados acima, exclusivamente para esse edifício em estudo, é possível realizar uma tabela com os custos extras para cada centímetro excedente de argamassa de revestimento, como ilustra a tabela 18.

Tabela 18 - Desaprumo x Custo

ESPESSURA MÉDIA EXCEDENTE (cm)	ESPESSURA MÉDIA DO REVESTIMENTO (m)	VOLUME DE ARGAMASSA (m³)	PRAZO EXCEDENTE (dias)	CUSTO TOTAL EXCEDENTE (R\$)
0	0,025	25,87	0	R\$ 0,00
1	0,035	36,22	17	R\$ 12.317,12
2	0,045	46,57	33	R\$ 24.600,91
3	0,055	56,92	50	R\$ 36.984,70
4	0,065	67,27	66	R\$ 49.268,49
5	0,075	77,62	83	R\$ 61.585,61
10	0,125	129,36	166	R\$ 123.237,89
15	0,175	181,11	248	R\$ 184.790,17
20	0,225	232,86	331	R\$ 246.442,45

Observação: Para efeitos comparativos, a tabela 18 utilizou exatamente dos mesmos dados que foram apresentados nas tabelas 14, 15, 16 e 17.

4. APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Comparando o custo total final da obra (incluso terreno), de R\$ 1.684.613,26, com o que seria o valor despendido para realização dos ensaios pertinentes e indicados para esta obra, chegou-se a uma relação de 0,91% (Tabela 19) utilizando amostragem total para o ensaio de compressão do concreto, e 0,81% (Tabela 20) utilizando amostragem parcial.

Tabela 19 - Valores finais quanto à execução dos ensaios necessários com amostragem total para o ensaio de compressão

ENSAIO / CONTROLE	TOTAL GERAL	%
Concreto - Conferência do Romaneio, Mapa de Concretagem e Tronco de Cone (SLUMP)	600,00	0,04%
Concreto - Ensaio de Compressão (Amostragem Total)	3.135,00	0,19%
Concreto - Ensaio do Módulo de Deformação	2.100,00	0,12%
Argamassa - Determinação da Resistência de Aderência à Tração	5.500,00	0,33%
Execução - Verificação de Prumo e Verticalidade	4.000,00	0,24%
	R\$ 15.335,00	0,91%

Tabela 20 - Valores finais quanto à execução dos ensaios necessários com amostragem parcial para o ensaio de compressão

ENSAIO / CONTROLE	TOTAL GERAL	%
Concreto - Conferência do Romaneio, Mapa de Concretagem e Tronco de Cone (SLUMP)	600,00	0,04%
Concreto - Ensaio de Compressão (Amostragem Parcial)	1.482,00	0,09%
Concreto - Ensaio do Módulo de Deformação	2.100,00	0,12%
Argamassa - Determinação da Resistência de Aderência à Tração	5.500,00	0,33%
Execução - Verificação de Prumo e Verticalidade	4.000,00	0,24%
	R\$ 13.682,00	0,81%

Estes valores apresentaram-se abaixo do esperado, mostrando que com baixo investimento pode-se garantir a qualidade dos materiais aplicados e evitar retrabalhos e desperdícios. Desta forma validou-se a hipótese inicial.

4.1. QUANTO À DEMOLIÇÃO DE ELEMENTO ESTRUTURAL

Neste caso, a execução do ensaio de compressão identificou o problema e permitiu sua correção, porém, a ausência de um controle simples no momento da concretagem resultou em um custo elevado.

A presença de um funcionário para acompanhamento de um dia de concretagem, realizando a conferência do material recebido, verificando o slump, e mapeando a aplicação poderia reduzir muito o custo de correção. No caso de um caminhão enviado com produto errado, isto seria verificado antes da aplicação através da conferência da nota fiscal. Para situação impossível de ser percebida no momento, e verificada através de ensaio posterior, o mapa de concretagem poderia delimitar uma área menor a ser demolida, reduzindo o custo.

O custo para correção do problema ficou em R\$ 17.266,70, valor que representa 1,02% em relação ao custo total da obra, mas poderia ser eliminado ou reduzido através da presença do estagiário, com custo total de R\$ 600,00, que representa 0,04%, conforme Tabela 21.

Tabela 21 – Custo do controle x Custo do reparo - Concreto

ENSAIO / CONTROLE	TOTAL GERAL	%
Concreto - Conferência do Romaneio, Mapa de Concretagem e Tronco de Cone (SLUMP)	600,00	0,04%
Demolição de Elemento Estrutural	17.266,70	1,02%

Também é relevante o atraso de 11 dias corridos da obra devido a demolição e reestruturação do edifício, que pode refletir em mais prejuízo financeiro caso não possa ser recuperado no decorrer do prazo de execução, resultando em multa, ou existam empresas terceirizadas contratadas que também possam ter seu andamento de serviço prejudicado.

4.2. QUANTO AO DESAPRUMO DE FACHADA

Conforme demonstrou-se, o custo para a verificação do prumo seria de R\$ 4.000,00, ou 0,24% do custo total da obra, contra os R\$ 12.317,27 (média de 1 centímetro de revestimento excedente), que representa 0,73%, para reparar os resultados de sua ausência, demonstrado na Tabela 22. Além disso, há também um considerável atraso de 23 dias corridos.

Tabela 22 – Custo do controle x Custo do reparo - Prumo

ENSAIO / CONTROLE	TOTAL GERAL	%
Execução - Verificação de Prumo e Verticalidade	4.000,00	0,24%
Desaprumo de Fachada	12.317,27	0,73%

Este controle não é importante somente por questões financeiras. A necessidade de construção de camadas espessas de revestimento facilita a possibilidade de problemas de aderência, podendo resultar em deslocamentos, que geram alto risco para os usuários.

Estas análises confirmam a Lei de Sitter, onde os custos de intervenção no edifício crescem exponencialmente, quanto mais tarde for feita esta intervenção.

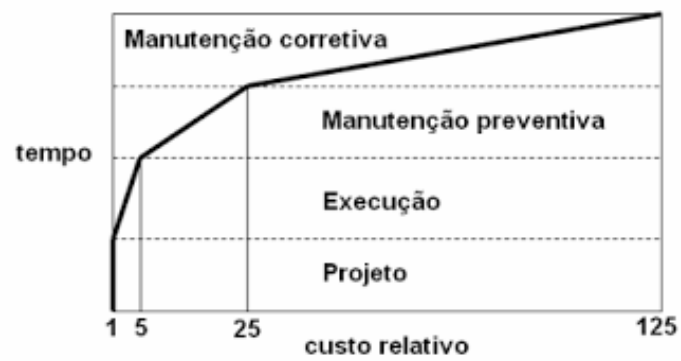


Figura 10 - Lei de Sitter, 1984

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O custo dos ensaios e controles tecnológicos somados aos controles internos no recebimento e aplicação dos materiais propostos apresentou-se abaixo do esperado, corroborando o fato de que o investimento nestes itens é muito baixo, face às garantias que se tem quanto ao material aplicado, e a possibilidade da correção de problemas previamente à entrega da obra e ao aparecimento de manifestações patológicas.

Como complemento à análise principal do trabalho, verificou-se os custos de reparos e desperdícios de insumos e mão de obra oriundos da ausência dos ensaios e controles. Em relação ao concreto usinado, caso não seja possível o rastreamento através do mapa de concretagem, pode gerar custos da ordem de 1,02% para recuperação da área afetada por concreto com resistência abaixo da especificação de projeto. Já a respeito da argamassa usinada, a falta de verificação de prumo, pode resultar em um custo adicional, devido ao aumento do consumo de material, de 0,73% ao orçamento inicial, considerando um revestimento com espessura 1 cm acima da projetada, o que é uma situação comumente observada em obras verticais.

Este estudo refere-se a um tipo específico de construção e serve como referência apenas para empreendimentos com características semelhantes. Técnicas construtivas diferentes da considerada, assim como padrões de acabamento podem exigir outros ensaios não avaliados neste estudo de caso.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Visando a obtenção de mais dados quanto à comparação entre custos para controle tecnológico e o orçamento da obra, sugere-se, mantendo a mesma metodologia, abranger diferentes tipologias de obras, tais como:

- a) Industrial;
- b) Comercial;
- c) Habitacional horizontal;
- d) Habitacional vertical com variação do número de pavimentos e padrão de acabamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI COMMITTEE 228. 1R-03, **In-place methods to estimate concrete strength, Part. 2**, ACI Manual of Concrete Practice, 2007.

ACI COMMITTEE 318M-05, **Building code requirements for structural concrete and commentary**, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. Boletim Técnico – BT-106. São Paulo, 2002.

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

_. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

_. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

_. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2012.

_. **NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão**. Rio de Janeiro, 2012.

- _. **NBR 7680-1: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão axial.** Rio de Janeiro, 2015.
- _. **NBR 8522: Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação.** Rio de Janeiro, 2008.
- _. **NBR 8802: Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica.** Rio de Janeiro, 2013.
- _. **NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos.** Rio de Janeiro, 2010.
- _. **NBR 12655: Concreto – Preparo, controle e recebimento.** Rio de Janeiro, 1996.
- _. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação.** Rio de Janeiro, 2015.
- _. **NBR 13528: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro, 2010.
- _. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2013.
- _. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** Rio de Janeiro, 2013.

_. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.

_. **NBR NM 33: Concreto – Amostragem de concreto fresco.** Rio de Janeiro, 1998.

_. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção** – Volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BIANCHINI, M. **Análise da Influência dos Teores de Sílica Ativa na Produção de Concreto de Alta Resistência e, Central Dosadora de Concreto.** Dissertação (Pós-Graduação em Construção Civil). Prof. Orientador Dr. José Marques Filho. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION **BS EN 12390: Testing hardener concrete. Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds.** 2012.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION **BS EN 13791: Assessment of in-situ compressive strenght in structures and precast concrete componentes.** 2007.

CARVALHO, J. D. N. **Estruturas de Concreto I.** Notas de Aula (Departamento de Engenharia Civil). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

DUTRA, C.B. **Ensaio de Penetração de Pinos em Concreto: Comparação entre Equipamentos.** Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

FIGLIARESE, A.C.V.; RAMOS, F.S. **Estudo Comparativo Entre os Valores de Resistência à Compressão do Concreto Fornecido pela Concreteira e o Especificado em Projeto.** TCC (Pós-Graduação em Gerenciamento e Execução de Obras). Instituto IDD, Vitória, 2013.

FIORITO, A.J.S.I. **Manual de Argamassas e Revestimentos: Estudos e Procedimentos de Execução.** São Paulo: PINI, 2009.

GEYER, A.L.B.; SÁ, R.R. **Importância do Controle de Qualidade do Concreto no Estado Fresco.** Informativo Técnico. Aparecida de Goiânia, 2006. Disponível em <http://www.realmixconcreto.com.br>. Acesso em 17 de agosto 2016.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle de Concreto.** São Paulo: Pini, 1993.

ISAIA, G. C. **Concreto – Ensino, Pesquisa e Realizações – Volume 1.** São Paulo: IBRACON, 2005.

JURAN, J.M.; GRYNIA, F.M. **Controle de Qualidade – Volume 1.** São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

KLIMPEL, E.C.; SANTOS, P.R.C. **Levantamento das Manifestações Patológicas Presentes em unidades do Conjunto habitacional Moradias**

Monteiro Lobato. TCC (Pós-Graduação em Patologia das Obras Civis). Prof. Orientador MSc. Carlos Roberto Giublin. Instituto IDD, Curitiba, 2010.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto** – 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RECENA, F.A.P.; PEREIRA, F.M.; **Concreto: Ciência e Tecnologia** – Volume 1. IBRACON (Instituto Brasileiro de Concreto). São Paulo, 2011.

ROMANO, R.C.O.; CARDOSO, F.A.; PILEGGI, R.G. **Concreto: Ciência e Tecnologia** – Volume 1. IBRACON (Instituto Brasileiro de Concreto). São Paulo, 2011.

SALOMÃO, M. C. F. **Ensaio Acelerado de Carbonatação do Concreto.** Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

SMITH, P & CHOJNACKI, B. **Accelerated Strenght Testing of Concrete Cylinders**, Proc. ASTM, 63, pp. 1079 – 1101, 1963.

TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos – 13. ed. São Paulo: PINI, 2008

TORTATO, F.I.C.; ELIAS, R.R. **Análise Comparativa Entre o Desempenho de Argamassas Dosadas em Central e Preparadas em Obra para Revestimento Externo.** TCC (Graduação em Engenharia Civil). Prof. Orientador Cesar Henrique Sato Daher. Universidade Positivo, Curitiba, 2010