

## **Monografia**

# **"ESTUDO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DOS COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL EM UMA OBRA DE BETIM/MG "**

Autor(a): Priscila Salvador Santos

Orientador(a): Prof. Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo

Belo Horizonte

Julho/2015

Priscila Salvador Santos

**"ESTUDO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DOS COMPONENTES DA  
ALVENARIA ESTRUTURAL EM UMA OBRA DE BETIM/MG "**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização  
em Construção Civil da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal de Minas Gerais.  
Enfase: Controle Tecnológico das construções

Orientador(a): Prof. Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2015

Dedico este trabalho aos meus pais Solange e Gerson (in memorian) e a minha irmã Pâmela.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial agradeço ao professor Dalmo Lúcio pelo apoio, atenção e orientação para a realização deste trabalho.

Aos professores da Escola de Engenharia da UFMG do curso de Especialização em Construção Civil por repassar o seus conhecimentos aos alunos.

À Arcelor Mittal pela oportunidade de cursar a especialização e o ganho de conhecimento proporcionado.

A Deus por me dar forças para passar pelas dificuldades durante o percurso.

Obrigado.

## **RESUMO**

A construção de uma edificação em alvenaria estrutural envolve cuidados e controles importantes a serem realizados que não são feitos e até mesmo desconhecido pelos profissionais que trabalham na área. Este trabalho reúne informações, através de uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso (exemplo prático) de uma obra localizada em Betim, sobre a importância do controle tecnológico dos componentes em obras de alvenaria estrutural. Tornar, desta maneira, este estudo acessível aos profissionais da área e a conscientizá-los da importância de fazer o controle tecnológico em suas obras. Foram utilizados, planilhas, figuras e controles da obra em questão para ilustrar o trabalho.

**Palavra-chave:** controle tecnológico, alvenaria estrutural, prisma

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	.vii
LISTA DE QUADROS .....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	.ix
LISTA DE SÍMBOLOS .....	.x
1. INTRODUÇÃO .....	.1
2. OBJETIVO .....	.2
2.1 Objetivo Principal .....	.2
2.2 Objetivo Específico .....	.2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	.3
3.1 Alvenaria Estrutural.....	.3
3.1.1 Blocos Estruturais .....	.5
3.1.2 Argamassa de Assentamento .....	.7
3.1.3 Graute .....	.8
3.2 Controle Tecnológico .....	.9
3.2.1 Blocos Estruturais .....	.11
3.2.2 Argamassa de Assentamento .....	.13
3.2.3 Graute .....	.15
3.2.4 Prisma .....	.16
4. METODOLOGIA .....	.19
5. ESTUDO DE CASO .....	.20
5.1 Plano Utilizado para o Controle Tecnológico .....	.20
5.2 Controle Tecnológico do Bloco de Concreto.....	.22
5.3 Controle Tecnológico da Argamassa .....	.24
5.4 Controle Tecnológico do Graute .....	.26
5.5 Controle Tecnológico do Prisma .....	.27
5.6 Análise dos Dados .....	.29
6. CONCLUSÕES .....	.31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	.32
8. ANEXO .....	.36

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pirâmide de Gizé .....	03
Figura 2: Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa” .....	04
Figura 3: Parede de Alvenaria Estrutural .....	06
Figura 4: Argamassa de Assentamento .....	07
Figura 5: Parede de Alvenaria Estrutural .....	08
Figura 6: Diagrama de Controle Tecnológico da Alvenaria Estrutural .....	11
Figura 7: Forma para corpo de prova de argamassa.....	15
Figura 8: Forma metálica molde cilíndrico CP 10x20.....	16
Figura 9: Prisma Oco .....	17
Figura 10: Prisma Cheio .....	17
Figura 11: Notas do Projeto Estrutural da Torre 1 Condomínio Jardins .....	21
Figura 12: Planilha de Rastreabilidade de Blocos de Concreto .....	23
Figura 13: Área de estocagem de blocos .....	23
Figura 14: Traço de Argamassa.....	24
Figura 15: Planilha de Rastreabilidade de Argamassa .....	25
Figura 16: Corpo de prova de graute utilizado em obra.....	26
Figura 17: Planilha de Rastreabilidade de Graute .....	27
Figura 18: Confecção de prismas .....	27
Figura 19: Planilha de Rastreabilidade de Prisma .....	28
Figura 20: Etiqueta de identificação de Prisma.....	29
Figura 21: Fluxograma de Controle Tecnológico da Obra .....	30

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1:Tamanho da amostra .....	12
Quadro 2:Número mínimo de corpos de prova por tipo de alvenaria.....	18
Quadro 3:Demarcação dos Blocos de acordo com o FBK.....	22
Quadro 4:Controle Tecnológico de Moldes de corpo de prova.....	25



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABCP = Associação Brasileira de Cimento Portland

CP = Corpo de Prova

EPI = Equipamento de Proteção Individual

$f_{AK}$  = Resistencia da Argamassa

$f_{BK}$  = Resistencia do Bloco

$f_{CK}$  = Resistencia do Concreto

$f_{GK}$  = Resistencia do Graute

MPa = Mega Pascal

NBR = Norma Brasileira

PIB = Produto Interno Bruto

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm - centímetro

m<sup>2</sup> - metro cuadrado

mm - milímetro

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante setor da economia brasileira, responsável por uma fatia de aproximadamente 6 a 8% do PIB, com cerca de 172.703 empresas atuantes no mercado (SINDUSCON-MG,2011).

Nos últimos 8 anos, a construção civil viveu uma fase de crescimento, a qual veio atrelada o desenvolvimento de novas técnicas de construção e o aperfeiçoamento de técnicas já existentes. Uma técnica que ganhou força nestes anos foi a construção de habitação em alvenaria estrutural, a qual segundo relatos, os primeiros prédios surgiram na década de 1960. O lançamento do programa Minha Casa, Minha Vida em 2009 praticamente transformou a tecnologia de Alvenaria Estrutural no sistema construtivo oficial do programa, contribuindo para o alto crescimento da tecnologia (SINDUSCON-MG,2011).

Usado por séculos, a alvenaria é um material de construção tradicional. Por volta do século XVII a alvenaria estrutural começou a ser vista como uma tecnologia de construção civil, a estabilidade de arcos e domos foi investigada a partir de princípios da estatística. Até o século 20, elaborava-se o projeto de alvenaria estrutural de acordo com métodos empíricos de cálculo. O projeto de alvenaria estrutural passou há se basear em rigorosos princípios científicos a poucas décadas (HENDRY, 2002).

Devido ao crescimento do número de obras de edificações em Alvenaria Estrutural, o controle tecnológico das mesmas, passou a ser fundamental para evitar futuras falhas e patologias que venham a aparecer. Dentre alguns itens a serem verificados estão: os blocos, os prismas ocos e cheios, a argamassa e o graute que aliados a uma mão de obra bem treinada e com o cumprimento das normas elevam a qualidade e diminui o risco das obras.

## **2. OBJETIVO**

Os objetivos desse trabalho estão divididos em objetivo principal e objetivos específicos, os quais são abordados a seguir.

### **2.1 Objetivo Principal**

A finalidade deste trabalho é mostrar a importância do controle tecnológico em obra de edificação em alvenaria estrutural, utilizando conhecimentos técnicos adquiridos ao longo da vida profissional e a vivência na Obra de Betim. O estudo também visa informar aos profissionais da área dos controles tecnológicos em obras de edificação de alvenaria estrutural levando assim à diminuição das patologias nas obras que utilizam esta técnica.

### **2.2 Objetivo Específico**

Os objetivos específicos são:

- Apresentação de uma revisão bibliográfica para melhor conhecimento sobre o tema;
- Apresentação de um modelo de controle tecnológico de uma obra em alvenaria estrutural, mostrando planilhas para exemplificarem o modelo;
- Abordar as etapas necessárias para a execução do controle tecnológico da alvenaria estrutural.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As seções seguintes referem-se aos temas que serviram de base para a dissertação sobre a importância do controle tecnológico em obra de edificação de Alvenaria Estrutural.

#### 3.1 Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é um antigo sistema construtivo, de épocas remotas, quando o homem utilizava blocos espessos de pedra para construir sua habitação. A estrutura e arquitetura como as espessuras relativamente grandes das paredes e as formas em arco na tentativa de alcançar maiores vãos eram bem características dessas edificações (FRASSON JUNIOR, 2000 apud LOGULLO, 2006). Um exemplo destas construções são as pirâmides de Gizé (Quéfren, Queóps e Miquerinos), onde foram utilizados mais de dois milhões de blocos de pedra (ver figura 1).



Figura 1: Pirâmide de Gizé

Fonte: LOGULLO (2006)

Antes do século XX, as construções em alvenaria estrutural eram estruturadas a partir de regras puramente empíricas, baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos (SABBATINI, 1984).

Os primeiros prédios de blocos de concreto em alvenaria armada possuíam quatro pavimentos e foram erguidos em 1966 em São Paulo, conjunto habitacional “Central Parque da Lapa”. Nesse mesmo conjunto, em 1972, quatro edifícios com doze pavimentos foram construídos (ver figura 2). Entre o ano de 1974 e 1976 várias unidades habitacionais foram construídas, mas a qualidade e durabilidade do produto deixaram a desejar (LOGULLO, 2006).



Figura 2: Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa”

Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (1999)

O grande potencial tecnológico e econômico decorrente da racionalização, padronização e industrialização do sistema construtivo auxilia na redução dos custos e na facilidade das operações. O sistema, apesar de ser considerado simples, requer dos profissionais um grande conhecimento dos processos e técnicas a serem adotados.

De acordo com Tauil e Nese (2010), “alvenaria é um conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso”.

Podemos distinguir a alvenaria pela função exercida pela mesma na estrutura. A que exerce função de vedação (ou fechamento) dos espaços é chamada de alvenaria comum, já a alvenaria que substitui a estrutura de concreto armado e os

fechamentos de alvenaria, chama-se alvenaria estrutural (FORUMDACONSTRUCAO, 2015). Pilares e vigas não são utilizados na alvenaria estrutural, a estrutura da edificação é composta por paredes chamadas de portantes que distribuem uniformemente as cargas ao longo das fundações (TAUIL e NESE, 2010).

As vantagens da alvenaria estrutural são a redução de custo da obra, o menor prazo de execução da obra, diminuição dos gastos com revestimento, menor diversidade de mão de obra e de materiais. Já as desvantagens são as reduzidas possibilidades de mudanças não planejadas, as dificuldade de improvisações, restrições de grandes vãos e balanços (FORUMDACONSTRUCAO, 2015).

Os principais componentes da alvenaria estrutural são: bloco estruturais, argamassa, graute e armadura, a resistência de cada um varia de acordo com o especificado em projeto.

### *3.1.1 Blocos Estruturais*

Os Blocos são os principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura (RAMALHO e CORREA, 2003). Os Blocos Estruturais possuem paredes mais espessas, o que lhe confere maior resistência aos esforços de compressão e, portanto, podem ser usados para dar sustentação às construções (ver figura 3).

Os blocos utilizados em edificações de alvenaria estrutural devem atender aos requisitos da NBR 6136:2007. Conforme a norma existem quatro classes de blocos vazados de concreto, são elas: A, B, C e D (sendo classe A estrutural para obras acima ou abaixo do nível do solo; B e C estruturais para obras acima do solo; e D blocos de vedação). A resistência à compressão mínima da classe A, que são os blocos estruturais para a edificação é de 6,0 Mpa.

A tolerância que os blocos devem cumprir para cada valor individual em relação às suas dimensões é de (-) 1,0mm.

Conforme a NBR 12.118:2014, os blocos vazados de concreto com função estrutural devem ser enviados para laboratórios devidamente equipados para ensaio. Os ensaios exigidos são de: análise dimensional (precisão, planeza, desvios e inspeção visual), absorção d'água, resistência à compressão, retração por secagem e área líquida e bruta.

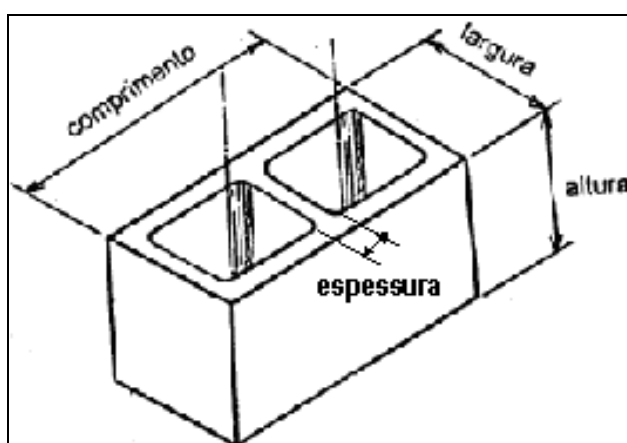


Figura 3: Parede de Alvenaria Estrutural

Fonte: INMETRO (2012)

Segundo Pozzobon (2003) devem ser observados os seguintes cuidados nas etapas de transporte do bloco do carregamento na fábrica até o local onde serão utilizados:

- Evitar choques bruscos ao carregar os blocos;
- Para evitar quebras, os blocos especiais (canaletas, blocos “U”, blocos “J”, meio bloco, bloco e meio) devem ser transportados na parte superior da carga;
- O mais indicado é o transporte sobre pallets;
- Proteger a carga com lona ou similar;
- Utilizar os EPI's adequados na descarga dos blocos.



### 3.1.2 Argamassa de Assentamento

A argamassa de assentamento é o elemento utilizado na ligação entre os blocos de concreto garantindo assim distribuição uniforme de esforços e a vedação das juntas contra entrada de ar e água. É um composto de cimento, agregado miúdo, água e cal ou outra adição destinada a conferir plasticidade e retenção de água de hidratação à mistura. Segundo Pozzobon (2003), o elevado teor água/cimento das argamassas quando são misturadas, altera-se para um valor inferior quando a argamassa entra em contato com unidades absorventes.

Para a alvenaria estrutural, a argamassa mista, constituída de cimento, cal e areia, é a mais adequada. O tipo de argamassa a ser usado depende principalmente da função que a parede vai exercer, das condições de exposição da parede e do tipo de bloco que será utilizado (POZZOBON, 2003). A argamassa deve ter resistência máxima igual a 70% da resistência do bloco na área líquida (ver figura 4).

Segundo Sánches (2013), a principal função da argamassa é transmitir todas as ações verticais e horizontais que atuam na estrutura e deve acomodar as deformações provocadas por retração na secagem e de origem térmica, sem que ocorra o aparecimento de fissuras provenientes de movimentos da estrutura.



Figura 4: Argamassa de Assentamento

Fonte: USINAFORTALEZA (2015)

Para que a parede seja homogênea e atenda aos requisitos de projeto é fundamental que se estabeleça a aderência entre bloco e junta de argamassa (MEDEIROS, 1993 apud LOGULLO, 2006 ).

### 3.1.3 Graute

O graute é um concreto para preenchimento dos vazios dos blocos e canaletas de concreto proporcionando o aumento de capacidade portante (ver figura 5). É composto de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e cal ou outra adição destinada a conferir trabalhabilidade e retenção de água de hidratação à mistura. A dosagem e especificação das características do graute são de responsabilidade do projeto estrutural.

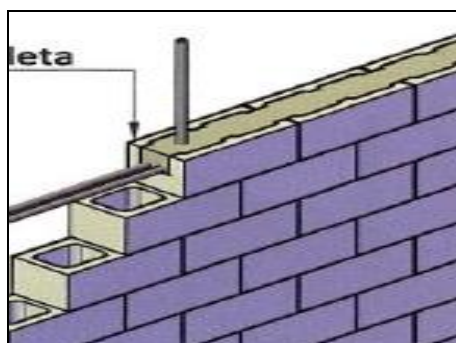


Figura 5: Parede de Alvenaria Estrutural

Fonte: TAUIL E NESE (2010)

O graute deve possuir elevada fluidez, de forma a penetrar nos vazios dos blocos, e uma boa coesão mínima, evitando a segregação de seus componentes. Ambas as propriedades são essenciais para uma boa trabalhabilidade, o que torna o graute eficiente (CALÇADA, 1998 apud LOGULLO, 2006).

A função do graute de preenchimento dos vazios verticais é de: permitir o trabalho da armadura em conjunto com a alvenaria, quando solicitada; aumentar a resistência à compressão da parede de forma localizada, mesmo sem armadura e impedir a corrosão da armadura (POZZOBON, 2003).

Os pontos de concentrações de tensões são locais, onde necessita-se preencher com graute algumas regiões das paredes. Essas regiões podem surgir nas proximidades de elementos concentradores de cargas, nos pontos de apoios de fundações e também nos encontros das próprias paredes (POZZOBON, 2003).

Segundo Cunha (2001 apud Logullo, 2006) é necessário que exista uma boa aderência entre o bloco e o graute para que ambos atuem como estrutura homogênea. A transferência de tensões entre o bloco e o graute depende aderência entre eles.

### **3.2 Controle Tecnológico**

A construção civil no Brasil em termos de qualidade, tem seu padrão de desempenho considerado baixo. Para uma indústria de tanta importância o padrão de desempenho poderia ser enormemente melhorado, dando maior importância ao controle de qualidade realizados nas obras.

Segundo Pozzobon (2003) o controle de qualidade na indústria da construção resumiu-se ao engenheiro residente ou mestre de obra, e muitas vezes alguns ensaios tecnológicos são realizados pelo fornecedor de algum insumo e não pelos responsáveis da obra.

O controle tecnológico é um controle realizado para certificar que as características dos materiais estejam de acordo com as indicadas no projeto. Também ajudam a identificar e corrigir problemas que venham a ocorrer de não conformidade com o projeto.

Podemos definir que:

- Controle de produção: é um conjunto de operações que permite ao produtor manter a qualidade do produto dentro de padrões pré-

estabelecidos.

- Controle de aceitação: é um conjunto de verificações destinadas a comprovar se o produto atende a padrões previamente estabelecidos nas especificações e no projeto da obra.

Segundo Pozzobon (2003), o controle tecnológico para alvenaria estrutural se baseia em:

- Ensaios em argamassa, graute, blocos, prismas e pequenas paredes.
- Resistências previstas e alcançadas.
- Periodicidade de realização dos ensaios.
- Formas de controle de qualidade na execução da alvenaria.

No controle de recepção do material, a inspeção por amostragem é a forma de controle que deve ser utilizada na avaliação dos lotes e deve ser realizada por amostragem estatística. Esta amostragem, permite avaliar qual o risco que se corre em aceitar unidades não inspecionadas (restante do lote) e, ainda, definir claramente que a responsabilidade pela qualidade é do fabricante; tem custo relativamente baixo e é menos trabalhosa (POZZOBON, 2003).

A figura 6 mostra um diagrama que ilustra o controle tecnológico da alvenaria estrutural, a parte em destaque de vermelho. A complexidade do controle tecnológico fica evidente no diagrama que ilustra todos os componentes de uma obra em Alvenaria Estrutural.

Segundo NBR 15961-2:2011, um dos requisitos do sistema de controle é o Plano de controle da qualidade, onde o executor deve estabelecer um plano onde devem estar explícitos: os responsáveis pela execução do controle e circulação das informações; os responsáveis pelo tratamento e resolução das não conformidades; e a forma de registro e arquivamento das informações. Este último item é essencial para que o controle tecnológico possa acontecer.

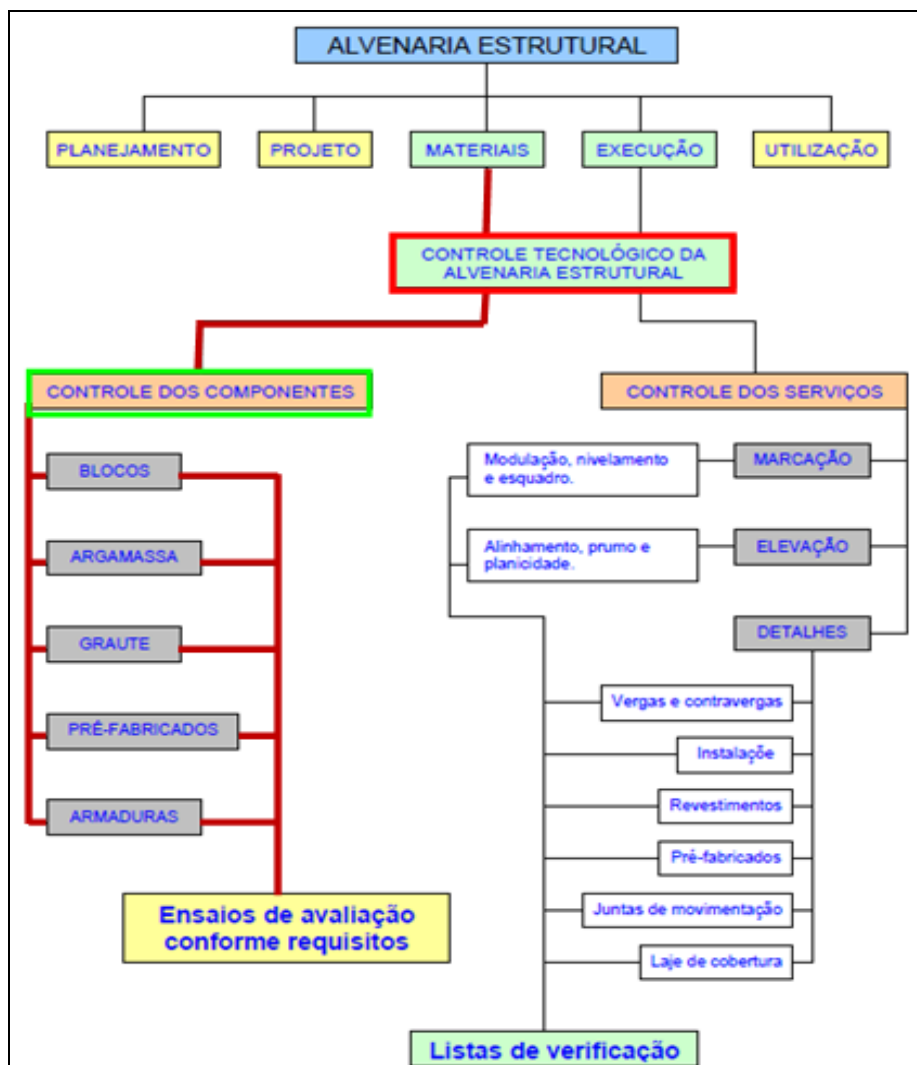


Figura 6: Diagrama de Controle Tecnológico da Alvenaria Estrutural  
 Fonte: POZZOBON (2003)

### 3.2.1 Blocos Estruturais

Segundo Medeiros (1993 apud Logullo, 2006), o parâmetro de projeto mais importante do edifício de alvenaria estrutural é a resistência à compressão dos blocos. Para o comportamento adequado das paredes, propriedades dos blocos como resistência à compressão; análise dimensional, absorção e área líquida; retração linear por secagem e permeabilidade são essenciais.

O fornecedor de blocos é responsável pelo atendimento às especificações contratuais e de Norma. Para auxiliar as construtoras na escolha dos blocos, existe o selo de qualidade fornecido pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) aos produtores qualificados.

Conforme NBR 6136:2014, os lotes dos blocos são constituídos a critério do comprador, sendo satisfeitas as seguintes condições:

- o lote de inspeção (do comprador) deve ser constituído de blocos com as mesmas características, produzidos pelo mesmo fabricante, sob as mesmas condições e com os mesmos materiais, cabendo ao fornecedor a indicação, no documento de entrega, da resistência característica à compressão e data do seu atendimento, data de fabricação e número de identificação do lote de fábrica;
- um lote pode ser composto por blocos com datas de fabricação diferenciadas, de no máximo cinco dias, respeitando-se os requisitos do item acima. O lote deve corresponder aos blocos empregados na construção de no máximo 1000 m<sup>2</sup> de parede;
- o lote não pode ser constituído por mais de 20.000 blocos.

As amostras a serem retiradas dos lotes para envio ao laboratório para execução dos ensaios, são de tamanho variável (ver quadro 1).

Quadro 1 – Tamanho da amostra.

Número de blocos do lote	Número de blocos da amostra		Número mínimo de blocos para ensaio dimensional e resistência à compressão		Número de blocos para ensaios de absorção e área líquida
	Prova	Contraprova	Critério estabelecido em 6.5.1	Critério estabelecido em 6.5.2	
Até 5 000	7 ou 9	7 ou 9	6	4	3
5 001 a 10 000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
10 001 a 20 000	10 ou 13	10 ou 13	10	6	3

Fonte: ABNT, NBR 6136:2014

Para que o lote de blocos seja aceito, segundo NBR 6136:2014 deve-se:

- a) ao receber o material verificar por simples constatação visual, se cumpriu todos os requisitos citados (exemplo: aparência);
- b) as dimensões reais de todos os blocos da amostra atenderem ao especificado;
- c) as características físico-mecânicas atenderem ao especificado no projeto.

Caso haja a recusa de 10% ou mais dos blocos de um fornecimento, este pode ser rejeitado em sua totalidade, mas é permitido ao fornecedor e ao comprador a substituição dos componentes recusados até o máximo de 10% do total dos blocos do lote em exame. Se não satisfizerem as exigências, utilizar a amostra destinada à contraprova. Os novos resultados satisfazendo as exigências desta Norma, o lote deve ser aceito.

Estando o lote de acordo com a norma, pode-se iniciar a aplicação dos blocos antes do recebimento do resultado dos ensaios. Se os resultados dos ensaios não estiverem de acordo, o lote deve ser reprovado. Se ainda não foi aplicado à alvenaria, o lote deve ser inteiramente substituído. Caso já tenha sido aplicado, deve-se cumprir o contrato entre as partes.

### *3.2.2 Argamassa de Assentamento*

Segundo Pozzobon (2003) para serem conformes, as argamassas devem resultar dos requisitos especificados, quer por tabelas fornecidas por Normas, quer por métodos de especificação de propriedades (ensaios laboratoriais). Componentes essenciais do seu controle de qualidade, a inspeção e observação das medições dos materiais e da mistura são essenciais. O segundo elemento verificador são os ensaios, que é considerado como controle de recebimento para argamassas industrializadas (resistência à compressão).

A argamassa pode ser produzida na obra ou ser industrial. No caso da

argamassa produzida em obra o controle é de responsabilidade da construtora, devendo a mesma encaminhar previamente ao laboratório, quantidade necessária de materiais para moldagem em laboratório dos corpos de prova para ensaio, e definição do traço solicitado em projeto, conforme NBR 13279:2005 e 15961-2:2011. O controle de qualidade deve ser feito através de monitoramento da produção dos traços na obra e confecção de corpos de prova dos lotes produzidos para ensaio em laboratório e acompanhamento dos resultados.

No caso das industrializadas, a responsabilidade de garantia do produto é da empresa fornecedora, assim fica o fornecedor com a obrigação de entregar a argamassa com atendimento da resistência característica à compressão que está especificada na embalagem. O construtor deve, no caso das argamassas industrializadas, fazer o controle de qualidade através de monitoramento da quantidade de água na mistura da massa e confecção de corpos de prova dos lotes produzidos para ensaio em laboratório e acompanhamento dos resultados (POZZOBON, 2003).

O controle da argamassa é feito em lotes de: 500 m<sup>2</sup> de área construída em planta (por pavimento); dois pavimentos e fabricado com matéria-prima de mesma procedência e mesma dosagem. Serão ensaiados seis exemplares para cada lote e a amostra será aceita se o coeficiente de variação desta for inferior a 20%, e o valor médio for maior ou igual ao especificado no projeto (POZZOBON, 2003).

Existem moldes prismáticos metálicos onde as paredes são removíveis, capazes de servirem de molde para três corpos de prova de argamassa nos formatos: 4cm x 4cm x 4cm, para ensaios de compressão ou 4cm x 4cm x 16cm para ensaios de tração na flexão na argamassa (ver figura 7). Para dar os golpes na argamassa usa-se o soquete, que varia de acordo com o tamanho da forma (SÁNCHEZ, 2013). O controle da resistência de flexão da argamassa não interessa para o controle feito em obra, e sim, o controle da resistência à compressão para verificar a uniformidade da produção do material.



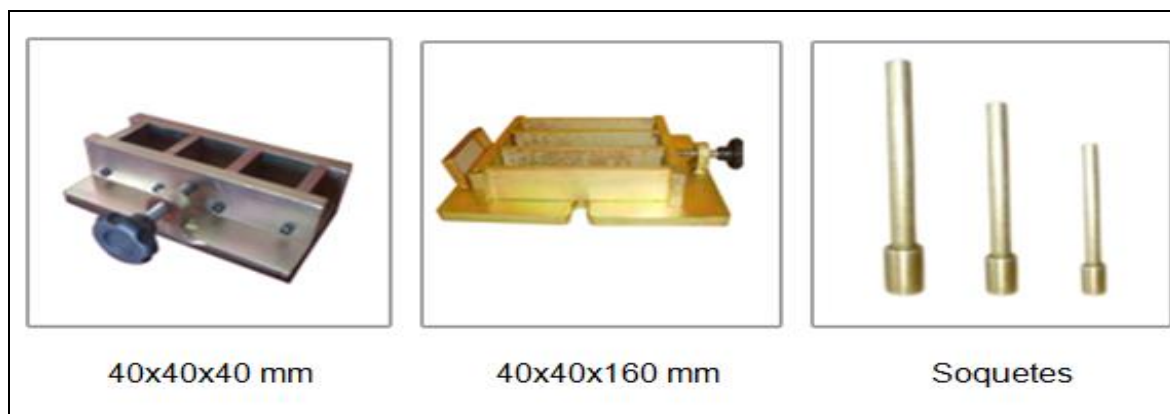


Figura 7: Formas para corpo de prova de argamassa

Fonte: ERCA (2015)

### 3.2.3 Graute

O controle tecnológico é necessário para o graute quando o mesmo é utilizado com especificações de resistência mínima, em função do tipo de aplicação estrutural, ou seja, para garantir a aderência da armadura frente à ação de esforços de tração e compressão e aumentar a capacidade resistente à compressão da alvenaria. Agora, necessita controlar apenas o proporcionamento e mistura do graute, em casos onde se utiliza o graute para a fixar ferragens construtivas (exemplo: cintas, vergas, contravergas e vazados de encontros de paredes) (POZZOBON, 2003).

O graute deve possuir elevada fluidez, de forma a penetrar nos vazios dos blocos, e uma boa coesão mínima, evitando a segregação de seus componentes. Ambas as propriedades são essenciais para uma boa trabalhabilidade, o que torna o graute eficiente (CALÇADA, 1998 apud LOGULLO, 2006).

O controle do graute deve ser feito a partir de lotes de 500 m<sup>2</sup> de área construída em planta (por pavimento); dois pavimentos e fabricado com matéria-prima de mesma procedência e mesma dosagem. Através de recipientes dosadores para os materiais (cimento, areia e brita), treinamento dos funcionários envolvidos na sua produção, no uso de quadros de instrução de dosagem e com inspeções nos

locais de grauteamento. A figura 8 mostra uma forma metálica utilizada para molde de graute.

O molde deve ser feito de acordo com a NBR 5738:2015 - Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de Prova, e ensaiado em procedimento descrito na NBR 5739:2007 Concreto - Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos. A amostra será considerada aceita pelo atendimento do valor característico especificado em projeto.



Figura 8: Forma metálica molde cilíndrico CP 10x20

Fonte: ERCA (2015)

#### 3.2.4 Prisma

Segundo Tauil e Nese (2010) prisma “é o corpo de prova da alvenaria”. Conforme a NBR 10837:1994 que trata do cálculo do dimensionamento de resistência na alvenaria estrutural, o bloco vazado é o elemento da alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta, sendo área bruta a área de seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios, e na área líquida são descontadas as áreas máximas dos furos (LOGULLO, 2006). Conforme a NBR 8215:1983, o prisma pode ser dividido em dois tipos:

- Prisma Oco: composto por bloco, argamassa e bloco (ver figura 9).

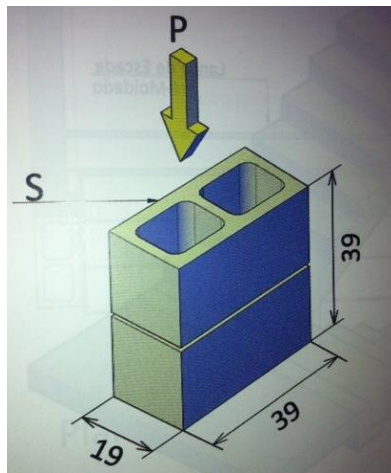


Figura 9: Prisma Oco

Fonte: TAUIL E NESE (2010)

- Prisma Cheio: composto por bloco, argamassa, bloco e graute (ver figura 10).

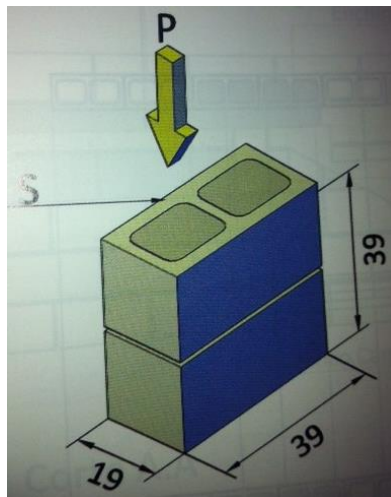


Figura 10: Prisma Cheio

Fonte: TAUIL E NESE (2010)

Conforme Pozzobon (2003), com o ensaio de resistência à compressão do prisma, um controle mais direto da resistência projetada é alcançado. Este controle se dá devido a resistência característica ( $f_{bk}$ ), determinada através de

ensaios de blocos e prismas, que o bloco deverá ter junto com a argamassa especificada, para atender a resistência média determinada em projeto para o prisma.

Conforme NBR 15961-2:2011, é importante fazer antes do início da obra a completa caracterização da resistência a compressão dos materiais envolvidos, inclusive da alvenaria (ensaio de prisma). O objetivo é evitar que os primeiros pavimentos dos edifícios em alvenaria estrutural, que suportam maiores tensões, sejam construídos com maior incerteza quanto às propriedades dos materiais empregados logo no início da obra, evitando situações de não conformidades ou medidas de reforço desses pavimentos, o que não é incomum ocorrer atualmente.

Cada pavimento de cada de cada edificação constitui um lote, devem ser feitos para cada lote, no mínimo 12 prismas sendo seis para ensaio e seis para eventual contraprova caso seja necessário (ver quadro 2). Quando os blocos utilizados em obra tenham resistência maior ou igual a 12 MPa, os prismas devem ser moldados na própria obra e recebidos no laboratório, para o restante, a moldagem em obra é opcional e pode ser feita em laboratório.

Quadro 2 – Número mínimo de corpos de prova por tipo de alvenaria

<b>Tipo de elemento de alvenaria</b>	<b>Número de corpos de prova</b>
Prisma	12
Parede pequena	6
Parede	3

Fonte: ABNT, NBR 15961-2:2011

Segundo Sánches (2013), os prismas devem ser identificados, limpos e colocados em ambiente protegido, a fim de preservar suas características originais.

#### **4. METODOLOGIA**

O presente trabalho foi realizado com o cruzamento de dados primários, obtidos em campo, e dados secundários, obtidos através de pesquisas bibliográficas específicas, consultas em instituições públicas e privadas.

As etapas para elaboração deste trabalho consistem:

- no levantamento de dados secundários através de: artigos científicos, internet, banco de dados públicos e privados disponíveis na Internet;
- no levantamento de dados primários, através de informações colhidas na obra residencial, de alvenaria estrutural na qual a autora trabalhou;
- na análise final da autora.

## **5. ESTUDO DE CASO**

Este capítulo abordará um estudo de caso sobre o controle tecnológico de uma obra residencial localizada em Betim, no estado de Minas Gerais. Este empreendimento é composto por dois condomínios, sendo que o Condomínio Jardins é composto por duas torres, chamadas de torre 1 e torre 2; e o Condomínio Villa Bela é composto por uma torre apenas. A tipologia construtiva adotada para todas as torres é em alvenaria estrutural. Cada torre é composta por quatorze pavimentos, sendo que cada pavimento contempla quatro apartamentos, exceto no primeiro pavimento que é o pilotis que consistirá de área de garagem e área de lazer, e o último pavimento, que será cobertura do penúltimo pavimento. No total, serão construídos 96 apartamentos em Jardins e 48 em Villa Bela.

### **5.1 Plano Utilizado para o Controle Tecnológico**

Primeiramente, foi analisado pelo Coordenador e Gerente de Contrato o projeto estrutural da edificação. A partir da análise e estudo dos responsáveis, devido a complexidade da estrutura e ao rígido controle tecnológico que a obra necessitava, contrataram especialista no assunto, um Consultor em Concreto, para auxiliar no controle tecnológico da obra.

Um estudo mais detalhado das notas existentes no projeto estrutural foi realizado pelo consultor e o designado pelo Gerente da Obra a representar a obra, no caso a Engenheira de Produção (ver figura 11). Neste estudo levantou-se os tipos de bloco, conforme a resistência ( $f_{bk}$ ) utilizaria na obra, qual a quantidade de blocos utilizados por pavimento para levantar a quantidade de amostras (conforme NBR 6136:1994), seriam necessárias colher e enviar para análise no laboratório. Foi definida pela obra que as argamassas e grautes seriam rodadas na obra, exigindo assim, que um laboratório escolhido pela gerência da obra elaborasse os traços de acordo com o solicitado em projeto (ver figura 11).

## MATERIAIS

### 1-CONCRETO: PROPRIEDADES EXIGIDAS

- RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA  $f_{ck} > 25 \text{ MPa}$ ;
  - MÓDULO DE DEFORMAÇÃO TANGENTE INICIAL  $> 28.0 \text{ GPa}$ ;
  - MÓDULO DE DEFORMAÇÃO SECANTE  $> 23.8 \text{ GPa}$ ;
  - CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO:  $300 \text{ Kg/m}^3$ ;
  - FATOR ÁGUA CIMENTO  $< 0,6$ ;
  - OS VALORES DE CONSUMO E RELAÇÃO A/C DEVERÃO SER CONFIRMADOS SEGUNDO TECNOLÓGISTA DE CONCRETO DE ACORDO COM O TIPO DE CIMENTO A SER ADOTADO.
- 2- AÇO: CA-50A E CA-60B CONFORME ESPECIFICADOS NOS RESUMOS DE AÇO.
- 3- ALVENARIA ESTRUTURAL. (A RETRAÇÃO DO GRAUTE DEVE SER INIBIDA).

### 1- NO 2º e 3º PAVIMENTO:

- RESISTÊNCIA DO PRISMA  $f_p > 13.0 \text{ MPa}$ ;
- BLOCOS DE CONCRETO: COM  $f_{bk} > 16.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA  $f_{ak} > 13.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DO GRAUTE  $f_{gk} > 32.0 \text{ MPa}$ .

### 2- NO 4º e 5º PAVIMENTO:

- RESISTÊNCIA DO PRISMA  $f_p > 12.0 \text{ MPa}$ ;
- BLOCOS DE CONCRETO: COM  $f_{bk} > 14.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA  $f_{ak} > 12.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DO GRAUTE  $f_{gk} > 28.0 \text{ MPa}$ .

### 3- NO 6º, 7º e 8º PAVIMENTO:

- RESISTÊNCIA DO PRISMA  $f_p > 10.0 \text{ MPa}$ ;
- BLOCOS DE CONCRETO: COM  $f_{bk} > 12.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA  $f_{ak} > 10.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DO GRAUTE  $f_{gk} > 24.0 \text{ MPa}$ .

### 4- NO 9º e 10º PAVIMENTO:

- RESISTÊNCIA DO PRISMA  $f_p > 8.0 \text{ MPa}$ ;
- BLOCOS DE CONCRETO: COM  $f_{bk} > 10.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA  $f_{ak} > 8.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DO GRAUTE  $f_{gk} > 20.0 \text{ MPa}$ .

### 5- NO 11º e 12º PAVIMENTO:

- RESISTÊNCIA DO PRISMA  $f_p > 7.0 \text{ MPa}$ ;
- BLOCOS DE CONCRETO: COM  $f_{bk} > 8.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA  $f_{ak} > 7.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DO GRAUTE  $f_{gk} > 16.0 \text{ MPa}$ .

### 6- DO 13º à CAIXA TÉRMICA:

- RESISTÊNCIA DO PRISMA  $f_p > 5.0 \text{ MPa}$ ;
- BLOCOS DE CONCRETO: COM  $f_{bk} > 6.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA  $f_{ak} > 5.0 \text{ MPa}$ ;
- RESISTÊNCIA DO GRAUTE  $f_{gk} > 16.0 \text{ MPa}$ .

Figura 11: Notas do Projeto Estrutural da Torre 1 Condomínio Jardins

Fonte: a autora

A primeira etapa do trabalho, foi definir quais eram os fornecedores de matéria prima (bloco de concreto, argamassas, graute e concreto) e serviços (laboratórios) que seriam utilizadas nas na obra. Foram selecionados fornecedores de bloco de concreto, areia, brita, cimento e cal. Amostras dos materiais são colhidas e enviadas ao laboratório contratado pela empresa, para fazer as devidas análises de materiais da obra.

Foi estudado a melhor área para se construir a central de moldagens, local onde

o acesso seria restrito aos responsáveis da área, mestre de obras, encarregado e engenheiros. O local deveria ter: uma área coberta, pois os moldes ficariam dispostos no local e não poderiam molhar; uma área suficiente para confeccionar todos os prismas necessários; um recipiente com água para receber todos os corpos de prova até o envio para o laboratório e ter bancadas para os moldes de de argamassa. Após a escolha da área, foi feita a estrutura pela equipe de obra e aprovado pelos engenheiros.

## 5.2 Controle Tecnológico do Bloco de Concreto

Escolhido o fornecedor de blocos, o mesmo produz um lote com as características e quantidades solicitadas pela obra. A amostra de blocos é retirada do lote fabricado, na fábrica do fornecedor, e enviada para análise no laboratório. O lote do qual foi retirada as amostras é demarcado com spray na cor conforme indicado no quadro 3. Somente após o resultado dos ensaios realizados, que são: dimensional (precisão, planeza, desvios e inspeção visual), absorção d'água e resistência à compressão, serem enviados a obra pelo laboratório, e verificado que o lote foi aprovado em todos os itens descritos acima, o engenheiro de produção autoriza o envio do lote para a obra e assim iniciar a confecção dos prismas.

Quadro 3 – Demarcação dos Blocos de acordo com o  $F_{BK}$ .

<b>Distribuição de Cor dos Blocos</b>	
<b>COR</b>	<b><math>f_{bk}</math></b>
Vermelho	16 MPa
Verde	14 MPa
Azul	12 MPa
Amarelo	10 MPa
Preto	8 MPa
Marrom	6 MPa

Fonte: a autora



O Controle dos blocos é realizado através da figura 12, onde são lançadas as informações sobre o lote enviado para análise. O relatório físico é arquivado em uma pasta onde é dividida por pavimento e torre da obra, todos as análises de laboratório referente ao pavimento é inserido na pasta.

RASTREABILIDADE DE BLOCOS										Rev. 00	
										Período: dezembro-12	
Data Coleta	Nº de Série	Nº do Relatório do Laboratório	Empresa	F <sub>BK</sub> Bloco	Lote	Data Fabric.	Data Rompimento	Local	Pavimento/Torre	Situação	Observação
23/12/12	1	ED 1056/12	Blojaf	16	311012MP	31/10/12	28/12/12	Tepac	2 Pav T1 e T2_CJ	Aprovado	
07/01/13	2	020/13	Blojaf	16	311012MP	31/10/12	08/01/13	Sesi	2 Pav T1 e T2_CJ	Aprovado	Contraprova dimensional

Figura 12: Planilha de Rastreabilidade de Blocos de Concreto

Fonte: a autora

Os lotes dos blocos devem ser conferidos pelo almoxarifado na sua chegada a obra. Verificar se os dados da nota fiscal batem com o material entregue (quantidade, lote, medidas), se o número do lote é o aprovado pelo laboratório e se estão com boa aparência (sem quebras ou muito porosos). Os blocos são dispostos em área determinada pela equipe de obra, de forma organizada, não misturando os blocos de diferentes resistências (ver figura 13).



Figura 13: Área de estocagem de blocos

Fonte: a autora

### 5.3 Controle Tecnológico da Argamassa

A argamassa por ser produzida na obra, teve seu traço feito pelo Laboratório. Após o laboratório enviar o relatório da análise dos agregados da obra, verifica-se se todos os parâmetros estão em conformidade, caso não estejam, deve-se trocar o agregado não conforme e realizar nova análise. Caso positivo, solicita-se que o laboratório elabore os traços de argamassa solicitados em projeto, conforme figura 11 mostrada anteriormente.

Com os traços de argamassa finalizados pelo laboratório (ver figura 14), todos os envolvidos no processo de fabricação e conferência da argamassa na obra são treinados e os traços são inseridos em uma tabela de dosagem (ver anexo 1) que será fixada ao lado da betoneira e servirá de auxílio para a confecção das argamassas. Na tabela de dosagem é especificado todas as características dos produtos utilizados no traço dentre eles: tipo, marca, etc.

<b>Dosagem Racional de argamassa</b>			
<b>Resistencia (FAK) 5,0 MPA</b>			
<b>Cimento tipo: CP II E-32</b>			
<b>Argamassa Dosada</b>			
<b>Traço em Volume</b>	1 : 0,835 : 8,500		
<b>Traço em Peso</b>	1 : 0,0400 : 6,415		
<b>Relação Agua/Cimento</b>	1,500		
<b>Consumo de Materiais P/m3 de Argamassa</b>			
<b>Cimento</b>	212 Kg		
<b>Areia Artificial Media</b>	1.287,0 m3		
<b>Cal Hidratado</b>	85,0 Kg		
<b>Agua</b>	318,01		
<b>Traço a ser Utilizado</b>			
<b>Cimento</b>	50 Kg		
<b>Areia Artificial</b>	07 padiolas	Base: 35,0 x 45,0	Altura: 27
<b>Cal Hidratado</b>	20,0 Kg (01 saco de 20,0 Kg)		
<b>Agua</b>	75,0 litros		

Figura 14: Traço de Argamassa

Fonte: a autora

São retiradas amostras de argamassas de todo pavimento produzido, e de todo prisma confeccionado de acordo com a NBR 15961-2:2011, assim as amostras são colocadas em moldes prismáticos metálicos que servem de molde para três corpos de prova de argamassa nos formatos 4cm x 4cm x 4cm. O responsável que foi treinado, molda os corpos de prova conforme o controle tecnológico fixado na central de moldagens (ver quadro 4).

Quadro 4: Controle Tecnológico de Moldes de corpo de prova

<b>CONTROLE TECNOLÓGICO</b>			
		<b>CAMADAS</b>	<b>GOLPES</b>
<b>GRAUT</b>	CP	2	12
	SLUMP	3	25
<b>ARFGAMASSA</b>	CP	1	30

Fonte: a autora

Todos os corpos de prova de argamassa são identificados e lançados na planilha de rastreabilidade de argamassa (ver figura 15) e depois enviados ao laboratório para serem feitos os ensaios de compressão. Após o envio dos relatórios com os resultados, os mesmos são conferidos e rubricados pela Engenheira de Produção. Posteriormente, são arquivados junto aos relatórios do pavimento em questão

<b>RASTREABILIDADE DE ARGAMASSA</b>							Rev. 00	
							Período:	janeiro-13
<b>Data</b>	<b>Nº de Série</b>	<b>Nº do Relatório do Laboratório</b>	<b>F<sub>CK</sub></b>	<b>Tipo</b>	<b>Local Concretado</b>	<b>Quantidade de CP's</b>	<b>Observação</b>	
23/01/2013	1	ED 064/13	13	Alvenaria	2 Pav. T1 e T2 CJ	9	3 - 7 dias 3 - 14 dias 3 - 28 dias	
07/02/2013	2	ED 129/13	13	Alvenaria	Jardins T2 3º pav. - Villa Bela 2º pav.	9	3 - 7 dias 3 - 14 dias 3 - 28 dias	
22/02/2013	3	EC 449/13	10	Alvenaria	Teste	9	3 - 7 dias 3 - 14 dias 3 - 28 dias	

Figura 15: Planilha de Rastreabilidade de Argamassa

Fonte: a autora

#### 5.4 Controle Tecnológico do Graute

O graute é rodado na obra e sua resistência deve seguir conforme especificado em projeto. Para isso, o laboratório deve estabelecer os traços que devem ser rodados. Após pronto os traços, todos os envolvidos no processo de fabricação e conferência do graute são treinados. Os traços são colocados na tabela de dosagem (ver anexo 1) que será fixada na área da betoneira para que os envolvidos no processo possam consultar em caso de dúvida.

Ao ser rodado o traço de argamassa na betoneira, o assistente responsável pelo controle tecnológico faz o teste de abatimento do cone do lote, de acordo com o projeto deveria ser de  $23\pm 1$ , para conferência. Caso o resultado do teste esteja dentro do solicitado, é enviado para a produção, caso não esteja de acordo é reprovado. Após o envio do lote para a produção, o responsável irá moldar os corpos de prova dos grautes, conforme quadro 4 mostrado anteriormente. São coletados corpos de prova dos grautes enviados para cada pavimento da obra e de todos os prismas produzidos, conforme se observa na figura 16 abaixo.



Figura 16: Corpo de prova de graute utilizado em obra

Fonte: a autora

Toda amostra retirada é identificada com uma etiqueta, e as informações são lançadas na Planilha de Rastreabilidade de Graute conforme figura 17, e posterior envio ao laboratório para serem rompidos.

			<b>RASTREABILIDADE DE GRAUTE</b>				Rev. 00	
							Período:	setembro-12
Data	Nº de Série Laboratório	Nº do Relatório do Laboratório	F <sub>ck</sub>	Horário da Coleta	Tipo	Local Concretado	Quantidade de CP's	Obs.
11/01/2013	434	425/13	32	09:00	Graute	Ensaio Prisma: Grout 32 MPA (2º pav Jardins T1 e T2 / VB)	10 (2 aos 7 dias 4 aos 14 dias 4 aos 28 dias)	Traço rodado em obra (Traço Tepac) Areia Usibrita; Cimento CP III-
28/01/2013	455	734/13	32	09:00	Graute	Graut 32 Mpa Rodado em Obra_ensaio (3º pav. Jardins T1)	16	
14/02/2013	470	637/13	32	10:40	Graute	Graut 32 Mpa Rodado em Obra_ensaio (Jardins T2 3º pav)	16	

Figura 17: Planilha de Rastreabilidade de Graute

Fonte: a autora

### 5.5 Controle Tecnológico do Prisma

Os prismas, que são os corpos de prova da estrutura de alvenaria estrutural, foram produzidos de acordo com a NBR 12118:2014. Foi escolhido um local plano onde foi espalhada areia para melhor assentamento do bloco e coberto para evitar que o prisma fosse molhado. Foram produzidos seis prismas vazios e seis prismas cheios para cada pavimento de cada uma das torres (ver figura 18).



Figura 18: Confeção de prismas

Fonte: a autora

Cada amostra de prisma de um determinado lote, era produzido conforme nota de projeto, figura 11 mostrada anteriormente, e ganhava um número de série. Todos os dados da produção eram anotados para posterior lançamento na planilha de rastreabilidade de prisma, conforme figura 19 abaixo.

RASTREABILIDADE DE PRISMAS													Rev. 00	
													Período: dez.12	
Data	Nº de Série Laboratório	Nº do Relatório do Laboratório	Empresa	F <sub>BK</sub> Bloco	F <sub>BK</sub> Prisma	Lote	Data Fabric.	Traço Argamassa	Traço Grout	Data Rompim	Local	Pavi/ Torre	Quant de CP's	Obs
03/01/13	1	196/13	Blojaf	16 Mpa	13 Mpa	311012MP	31/10/12	13		28 dias	Jardins	2º pav.	6	
11/01/13	1	309/13	Blojaf	16 Mpa	13 Mpa	311012MP	31/10/12	13	32	28 dias	Jardins	2º pav.	6	

Figura 19: Planilha de Rastreabilidade de Prisma

Fonte: a autora

Após o lançamento na planilha era produzida uma etiqueta que continha todas as informações necessárias para a identificação do prisma e a mesma era fixada no prisma, ver figura 20. A etiqueta facilitava ao laboratório identificar os prismas enviados pela obra. O relatório do ensaio era enviado aproximadamente um mês antes do início da alvenaria do pavimento, ou seja, quando a alvenaria iniciava a equipe de produção já tinha o resultado do ensaio do prisma daquele pavimento.

Os relatórios são verificados e vistados pelo engenheiro de produção para então serem arquivados na pasta dos relatórios junto aos demais relatórios do pavimento referente. São três pastas uma por cada torre, e a medida que os relatórios vão ficando prontos e arquivados a planilha chamada de controle de rastreabilidade é preenchida e atualizada na pasta, funciona como um índice para saber se o documento está na pasta ou não (ver anexo 2).

	<b>Empresa</b>
<b>Obra:</b>	Betim 1
<b>Serie:</b>	16
<b>Prisma:</b>	10 MPa
<b>Data Moldagem:</b>	03/10/13
<b>Fornecedor:</b>	Pavi Sigma
<b>Data Fabricação:</b>	14/01/13
<b>Lote:</b>	LT 2 - BEL. 4451439120
<b>Bloco:</b>	12 MPa
<b>Local:</b>	JARDINS T2 7º PAVIMENTO
<b>Traço Argamassa:</b>	8 MPa
<b>Rompimento:</b>	28 dias

Figura 20: Etiqueta de identificação de Prisma

Fonte: a autora

## 5.6 Análise dos dados

O controle tecnológico da alvenaria estrutural reduziu os riscos de futuramente, a obra em estudo, apresentar patologias graves como trincas nas paredes, devido a sobrecarga da estrutura ou a baixa qualidade dos materiais. A qualidade dos materiais utilizados na alvenaria é essencial para que a estrutura tenha a durabilidade conforme projetado.

É importante destacar que a escolha de um laboratório confiável é essencial para o sucesso do controle tecnológico. Uma das dificuldades encontradas no controle da obra foi a logística de envio dos prismas de até 12 MPa para o laboratório escolhido, devido a distância entre ambos e as péssimas condições do asfalto durante o percurso.

A escolha do funcionário da produção que irá auxiliar no controle da qualidade deve ser bem pensada e realizada pelo mestre de obra, para que trabalho seja bem feito. A execução do prisma deve ser acompanhada de perto pelo responsável para evitar que algum detalhe passe despercebido.

O processo de controle tecnológico da obra em análise, pode ser sintetizado na figura 21 abaixo.

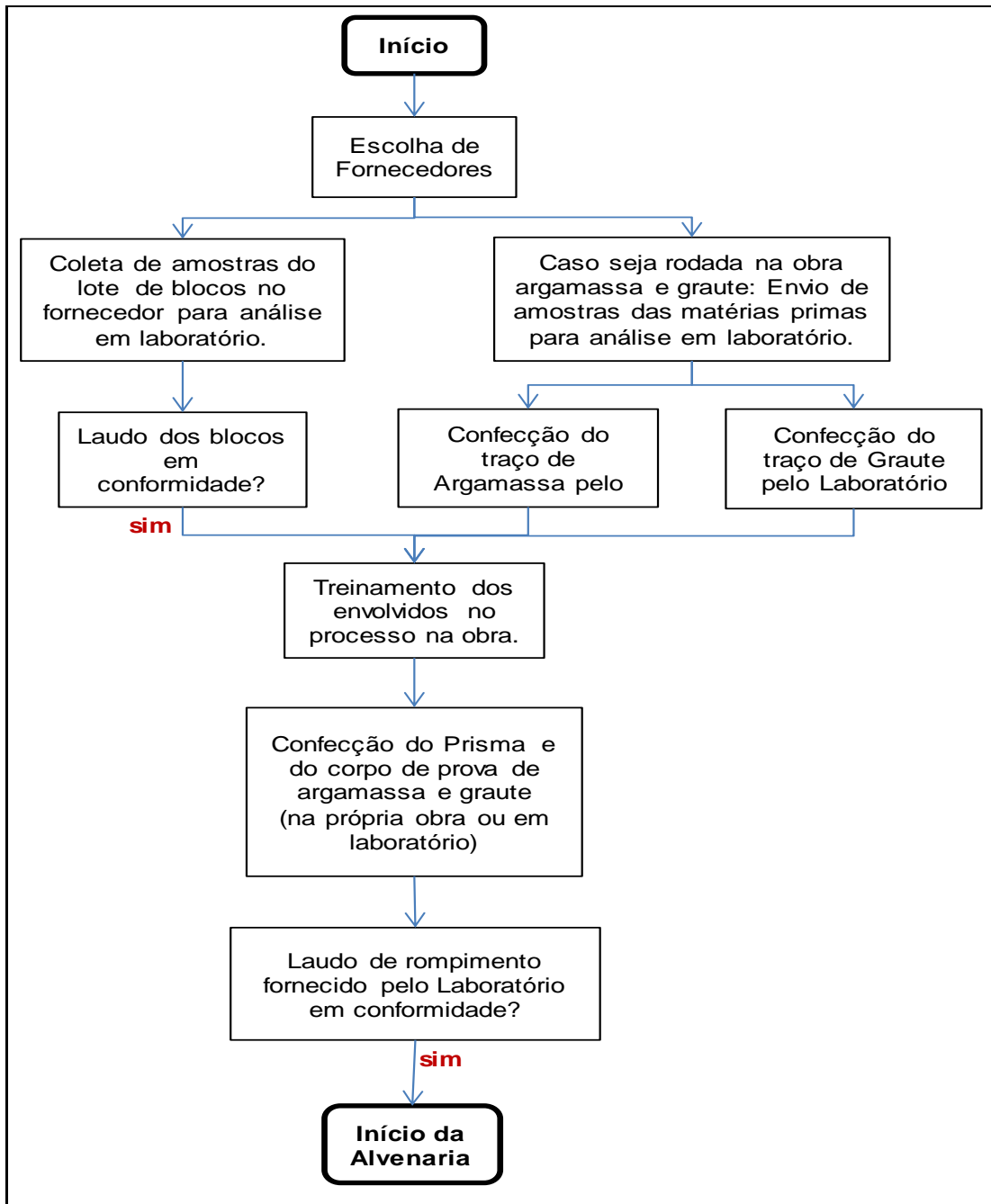


Figura 21: Fluxograma do Controle Tecnológico da Obra

Fonte: a autora



## **6. CONCLUSÕES**

O trabalho, conseguiu atingir o seu objetivo que é mostrar a importância do controle tecnológico dos componentes da edificação em alvenaria estrutural utilizando a revisão bibliográfica realizada, conhecimentos técnicos adquiridos ao longo da vida profissional e a vivência na Obra de Betim.

Através do passo a passo dos controles realizados na Obra de Betim e com figuras para uma melhor compreensão, o trabalho conseguiu informar e conscientizar aos profissionais, que mexem ou tem interesse na Alvenaria Estrutural, da importância de se realizar todos os controles necessários. Mostrou que os ensaios tecnológicos devem ser feitos pelo construtor e não, como na muita das vezes esperar o envio do ensaio realizado pelo fornecedor de algum insumo.

Deve-se seguir as normas brasileiras quanto ao tipo de ensaio para avaliação de desempenho, para o controle de produção da argamassa, do graute, dos blocos e dos prismas, mas quanto mais completo for o controle realizado, menor o risco de ocorrências de patologias nas obras.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5738: Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de Prova*. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5739: Concreto - Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Especificação*. Rio de Janeiro, 2014 Versão corrigida 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8215: Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Preparo e ensaio à compressão*. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8798: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12.118: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria- Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13279: Argamassa Para Assentamento de Paredes - Resistencia a Compressao*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15961-2: Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e Controle de Obras*. Rio de Janeiro, 2011.

CAMPOS, I.M. O que é Alvenaria Estrutural? Disponível em:

<<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=40>> Acesso em: 27 mar. 2015, 11:00:00

COMUNIDADE DA CONSTRUCAO. Recomendações de controle tecnológico Disponível em:

[http://www.comunidadeconstrucao.com.br/downloads/controle/3\\_06ControleTeControleT.pdf](http://www.comunidadeconstrucao.com.br/downloads/controle/3_06ControleTeControleT.pdf) Acesso em: 15 mar. 2015, 15:00:00

COMUNIDADE DA CONSTRUCAO. Disponível em:

<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural> Acesso em: 15 mar. 2015, 15:00:00

ERCA. <[www.erca.com.br/p\\_cimento.php](http://www.erca.com.br/p_cimento.php)>. Acesso em: 14 mar. 2015, 18:00:00

HENDRY, A.W. Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe. Prog. Struct. Eng. Mater. 2002; 4:291–300. University of Edinburgh, Scotland.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA.

Disponível em:

<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/blocoConcreto.asp>>. Acesso em: 15 mar. 2015, 16:00:00

LOGULLO, B.G. *Influência do Graute e da Taxa de Armadura no Comportamento da Alvenaria de Blocos de Concreto*. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP , Ilha Solteira: 2006. 192 p.

PARSEKIAN, G.A. *Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto*. 1. ed. São Carlos: Editora EdUFSCar, 2012. 1 v. 85 p.

PARSEKIAN, G.A; FRANCO, L.S. Nova Norma Brasileira de Projeto e Execução de Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto: *Parte 2: Execução e controle de obras*. Techne , São Paulo. Edição 169, Abril 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/169/artigo285865-1.aspx>> . Acesso em: 10 abr. 2015, 19:00:00

POZZOBON, M.A. *O Processo de Monitoramento e Controle Tecnológico em Obras de Alvenaria Estrutural*. Dissertação (mestrado em construção civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Escola de Engenharia, Santa Maria: 2003. 307 p.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. *Projetos de edifícios de alvenaria estrutural*. São Paulo: Editora Pini, 2003. 1v. 174 p.

SABBATINI, F. H. *Processos construtivos de edifícios de alvenaria sílico-calcária*. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1984. 298p.

SÁNCHEZ, E. *Nova Normalização Brasileira para a Alvenaria Estrutura*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2013. 1 v. 420 p.

SANTOS, A. *Alvenaria estrutural: saiba como evitar patologias*. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=1536>> Acesso em: 09 mar. 2015, 14:47:00.

SIMAO, P.S. *Construção Civil: mercado cresce no país e aponta grandes desafios no setor*. Disponível em: <[http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/1157](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1157)> Acesso em: 24 mar. 2015, 16:00:00.

SINDUSCON-MG. <http://www.sinduscon-mg.org.br/site/>. SINDUSCON MG, 2011. Acesso em: 05 mar. 2015, 14:00:00.

TAUIL, C.A., NESE, F.J.M. Alvenaria Estrutural. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2010. 1 v. 183 p.

USINAFORTALEZA.<[http://www.usinafortaleza.com.br/produto/detalhes/4/revestimentos\\_monocamada/supermassa](http://www.usinafortaleza.com.br/produto/detalhes/4/revestimentos_monocamada/supermassa)>. Acesso em: 05 mar. 2015, 10:00:00.

## 8. ANEXO

### ANEXO 1

Tabela de Dosagem											Obra: A194 - Betim Rev. 8
MATERIAL	Insumos							Dimensão		Observação	
	Cimento CPIII 40 <sup>1</sup> (saco)	Cimento CPII E32 <sup>2</sup> (saco)	Areia Artificial <sup>3</sup> (Padiola 1)	Areia Media <sup>4</sup>	Brita 1 <sup>5</sup> (Padiola 2)	Cal <sup>6</sup> (saco)	Brita 0 <sup>7</sup> (Padiola 2)	Água (Litros)	Aditivo <sup>8</sup> (kg)		Padiola 1 Areia
<b>CONCRETO</b>											
9 MPA	1		2		2			33,1		35 x 45 x 31,2	35 x 45 x 37,8
15 MPA	1		2		2			26,6		35 x 45 x 24,3	35 x 45 x 29,5
25 MPA	1		2		2			24,4		35 x 45 x 21,8	35 x 45 x 26,5
<b>EMBOÇO/ REBOCO</b>											
5 MPA		1	7			1		75*		35 x 45 x 27	
<b>CHAPISCO</b>											
		1		3				10*		35 x 45 x 32	
<b>CONTRA PISO</b>											
		1		3				10*		35 x 45 x 32	
<b>ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO</b>											
10 MPA	1		4			1		31*		35 x 45 x 29	
8 MPA	1		5			1		31*		35 x 45 x 28	
7 MPA	1		6			1		31*		36 x 45 x 27,5	
<b>GRAUTE</b>											
28 MPA	1		1				2	24	0,5	35 x 45 x 29,2	35 x 45 x 18,4 Slump=23±1
24 MPA	1		2				2	27	0,5	35 x 45 x 24,3	35 x 45 x 16,7 Slump=23±1
20 MPA	1		2				2	27	0,5	35 x 45 x 29,3	35 x 45 x 20,1 Slump=23±1
16 MPA	1		3				2	27	0,5	35 x 45 x 22	35 x 45 x 22,6 Slump=23±1

**Dados Insumos:**

- <sup>1</sup>Cimento: Cimento\_CPIII 40      <sup>5</sup>Brita 1: Usibrita  
<sup>2</sup>Cimento: Cimento\_CPII E32      <sup>6</sup>Cal CHI: Massical  
<sup>3</sup>Areia Artificial Média: TCL      <sup>7</sup>Brita 0: Usibrita  
<sup>4</sup>Areia Média: Brasmic      <sup>8</sup>Aditivo: Policor 94

\* A quantidade de água prevista vai depender da umidade do material, podendo ser para mais ou para menos.

	Documento Controlado
--	-------------------------

## ANEXO 2



	<b>Controle Rastreabilidade</b>	<b>Local CJ T1</b>
--	---------------------------------	--------------------

		<b>Itens</b>	<b>Relatório</b>	<b>Situação</b>
<b>7° PAV</b>	<b>LAJE</b>	Bloco 12 Mpa	(Senai)	Aprovado ( 16,1Mpa e 15,9 Mpa)
		Prisma Oco 10 Mpa		
		Prisma Cheio		
		Argamassa 10 Mpa	EC 1257/13 (Lenc) EC 572/13 (Tepac)	Aprovado (14,7 Mpa)
		Grout 24 Mpa	<b>Aguardando relatório</b>	
	<b>LAJE</b>	Concreto Laje 25 Mpa	1958/13, 1957/13, 1956/13	Aprovado (26,5 Mpa)
<b>6° PAV</b>	<b>LAJE</b>	Bloco 12 Mpa	(Senai)	Aprovado ( 16,1Mpa e 15,9 Mpa)
		Prisma Oco 10 Mpa	532/13 (Lenc) 533/13 (Lenc)	Aprovado (10,4 Mpa)
		Prisma Cheio	RE 0534/13 (Lenc)	Aprovado (14,0 Mpa)
		Argamassa 10 Mpa	ED 511/13 (Tepac)	Aprovado (13,1 Mpa)
		Grout 24 Mpa	1954/13 (Senai)	Aprovado (24,3 Mpa)
	<b>LAJE</b>	Concreto Laje 25 Mpa	1.664/13, 1.663/13, 1.662/13, 1.661/13 (Senai)	Aprovado (25 Mpa)
<b>5° PAV</b>	<b>LAJE</b>	Bloco 14 Mpa	335/13 (Senai)	Aprovado (16,5 Mpa)
		Prisma Oco 12 Mpa	RE 0566/13 (Lenc)	Aprovado (12,6 Mpa)
		Prisma Cheio	RE 0568/13 (Lenc)	Aprovado (17,6 Mpa)
		Argamassa 12 Mpa	ED 424/13 (Tepac) 572/13 (Tepac)	Aprovado (14,3 Mpa)
		Grout 28 Mpa	1.571/13 (Senai)	Aprovado ( 28,1 Mpa)
	<b>LAJE</b>	Concreto Laje 25 Mpa	1.443/13, 1.444/13, 1.445/13, 1.446/13 (Senai)	Aprovado (30 Mpa)
<b>4° PAV</b>	<b>LAJE</b>	Bloco 14 Mpa	335/13 (Senai)	Aprovado (16,5 Mpa)
		Prisma Oco 12 Mpa	1.158/13 (Senai) <b>Contra prova</b> 1.220/13 (Senai)	<b>Reprovado (9,8 Mpa) Contra Prova Reprovado (9,4 Mpa)</b>
		Prisma Cheio	1.159/13 (Senai)	22,1 Mpa
		Argamassa 12 Mpa	644/13 (Lenc)	Aprovado (13,7 Mpa)
		Grout 28 Mpa	1165/13 (Senai)	Aprovado (28,3 Mpa)
	<b>LAJE</b>	Concreto Laje 25 Mpa	1.187/13, 1.188/13, 1.189/13, 1.190/13 (Senai)	Aprovado (30 Mpa)
<b>3° PAV</b>	<b>LAJE</b>	Bloco 16 Mpa	91/13 (Senai)	Aprovado (18,6 Mpa)
		Prisma Oco 13 Mpa	841/13 (Senai)	Aprovado (13,5 Mpa)
		Prisma Cheio	842/13 (Senai)	23,5 Mpa
		Argamassa 13 Mpa	277/13 (Tepac)	Aprovado (14,5 Mpa)
		Grout 32 Mpa	734/13 (Tepac)	Aprovado (33,6 Mpa)
	<b>LAJE</b>	Concreto Laje 25 Mpa	965/13, 966/13, 496/13, 968/13 (Senai)	Aprovado ( 27,4 Mpa)
<b>2° PAV</b>	<b>LAJE</b>	Bloco 16 Mpa	332/13 (Senai)	Aprovado (18 Mpa)
		Prisma Oco 13 Mpa	841/13, 196/13, 652/13 (Senai)	Aprovado (13,2 Mpa)
		Prisma Cheio	842/13, 309/13, 653/13 (Senai)	20,9 Mpa Aprovado (Média dos 3 laudos)
		Argamassa 13 Mpa	064/13 (Tepac)	Aprovado (24,8 Mpa)
		Grout 32 Mpa	425/13 (Tepac)	Aprovado (33,3 Mpa)
	<b>LAJE</b>	Concreto Laje 40 Mpa	485/13, 486/13, 487/13, 489/13, 489/13, 490/13, 491/13, 492/13, 493/13, 494/13, 843/13, 496/13	Aprovado ( Media dos 28 dias 45 Mpa)