

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSIDERAÇÕES PARA O CONTROLE TECNOLÓGICO DE OBRAS
EM ALVENARIA ESTRUTURAL

RICARDO LUIZ CANATO

São Carlos

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**CONSIDERAÇÕES PARA O CONTROLE TECNOLÓGICO DE OBRAS
EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Ricardo Luiz Canato

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

São Carlos - SP
2015

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C213c Canato, Ricardo Luiz
Considerações para o controle tecnológico de obras
em alvenaria estrutural / Ricardo Luiz Canato. --
São Carlos : UFSCar, 2015.
100 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de
São Carlos, 2015.

1. Alvenaria estrutural. 2. Controle de obras. 3.
Ensaaios. 4. Construção civil. I. Título.

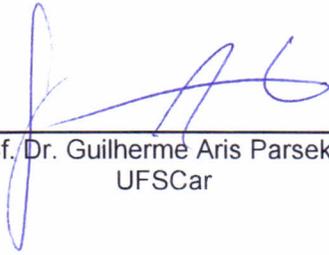


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

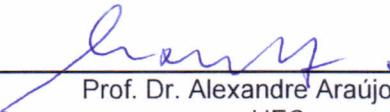
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

Folha de Aprovação

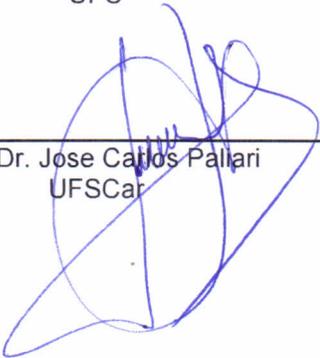
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Ricardo Luiz Canato, realizada em 12/06/2015:



Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian
UFSCar



Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini
UFC



Prof. Dr. Jose Carlos Pallari
UFSCar

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as conquistas das quais tenho fé que tem me ajudado e tem me dado força para enfrentar todas as adversidades que fizeram parte de minha vida.

Aos meus pais, Luiz (in memoriam) e Ildina pelo incentivo, força e confiança que depositaram em mim, e pela educação que me ajudou a me tornar a pessoa que sou hoje.

A minha esposa Mariana que tem sido minha companheira e que tem me dado apoio nos momentos em que precisei não me deixando desanimar nos momentos de dificuldades.

A minha filha Giovana que tem sido um presente na minha vida, me dando força apenas com sua existência.

Ao meu orientador Guilherme pelo incentivo, dedicação e orientação que me fizeram alcançar mais essa etapa, podendo concluir esse trabalho.

A aluna de pós-graduação Thalita pela contribuição na elaboração do estudo de caso que foi realizado.

A todos meus familiares e amigos que me incentivaram e participaram de alguma forma para que pudesse chegar aonde cheguei.

RESUMO

A alvenaria começou a ser utilizada como estrutura de edificações há milhares de anos, como mostram estudos e construções antigas, em que elementos de alvenaria (combinação de várias unidades arranjadas de forma coerente, unidas ou não por argamassa e graute) servem de suporte à edificação. Até meados do século XIX, quase todas as estruturas tinham alvenaria em parte dos seus elementos estruturais, embora se entenda que esse tipo de construção não possa ser chamado de paredes de alvenaria estrutural, na forma que é hoje entendida. A grande expansão do uso da alvenaria estrutural ocorreu após o desenvolvimento de técnicas e equipamentos específicos. Além disso, o desenvolvimento tecnológico possibilitou a fabricação de blocos de maior resistência, precisão dimensional e uniformidade. Para a obtenção da qualidade especificada em projeto, imprescindível para a obra, é necessário o controle tecnológico da construção como garantia do desempenho estrutural. Para tanto, é necessário o controle de recebimento (ou aceitação) de materiais e componentes, como blocos estruturais, concreto estrutural, graute de enchimento e argamassa de assentamento; controle de aceitação da alvenaria, que é denominado controle de aceitação de componentes e, por fim, o controle de produção (ou de processo) de paredes estruturais e da estrutura do edifício, que é denominado de controle de produção dos componentes. Este trabalho apresenta uma avaliação do controle de obras de alvenaria estrutural, com focos em duas partes. No primeiro são analisados estudos de caso da região de São Carlos. A partir de estudo de campo verificou-se a conformidade ou não de acordo com as normas brasileiras específicas. As obras estudadas são em blocos de concreto e em blocos cerâmicos, onde foram verificados os planos de controle tecnológico dos componentes empregados na obra. Outro foco do estudo foi avaliar o controle da resistência à compressão através de ensaios de prismas. A partir de uma base expressiva de resultados de ensaios reais de controle de obras, foram feitas ponderações e simulações a respeito do cálculo do valor característico em função do número de exemplares das amostras e dos coeficientes de variação. Como conclusão, avaliou-se que o controle de obras como prescrito na normalização brasileira apenas eventualmente é seguida na prática. Sobre os ensaios de prisma, sugere-se ponderar sobre a necessidade de manter o tamanho da amostra hoje especificada, e talvez seja possível, reduzir o número de exemplares em cada coleta.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural, controle de obras, ensaios, construção civil.

ABSTRACT

Masonry is known as a building structure for thousands of years. Cases where masonry elements (several units laid together bonded or not with mortar and grouting) support the building structure are widely found. Until mid-19th century, almost all structures had masonry part of its structural elements, although not all historic construction can be called structural masonry the way we understand it today with high strength blocks. The great expansion on the use of structural masonry occurred after the development of specific techniques and equipment. Moreover, technological development has enabled the production of higher strength blocks, dimensional precision and uniformity. To certify the design specified quality, there is the need of construction technologic control. This is the guarantee of minimum structural performance. Quality control is necessary to receive (or acceptance) the materials and components, including blocks, concrete, grout and the mortar, and finally the acceptance of masonry. This paper presents an assessment of the masonry quality control. Two parts has focus in different topics. In the first, field study cases in São Carlos city are assessed. The cases include concrete and ceramic blocks masonry building, and the quality control plan of each case were checked. The other part, focus on evaluating the several quality control tests on prisms compressive strength. From an extensive database, simulations concerning on the calculation of the characteristic value and coefficients of variation of samples, are assessed and weighted. As a conclusion, we can point that the quality control as required by Brazilian standards are not always followed in practice. About the prism test, we suggest considering to evaluate standard sample size specified today. It may be possible to reduce the number of specimens in each sample.

Keyword: Structural masonry, quality control works, testing, civil construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Queima irregular de bloco cerâmico.....	21
Figura 2: Bloco cerâmico de paredes vazadas.....	22
Figura 3: Esquema de bloco de parede maciça.....	22
Figura 4: Esquema bloco cerâmico perfurado.....	23
Figura 5: Capeamento com pasta de cimento.....	25
Figura 6: Bloco posicionado na prensa.	25
Figura 7: Defeito no capeamento com pasta de cimento.....	26
Figura 8: Resumo dos locais de medição de blocos cerâmico estrutural.	28
Figura 9: Utilização de retífica para a preparação dos blocos de concreto.	32
Figura 10: Dimensões medidas no bloco de concreto.	33
Figura 11: Molde cúbico 40x40x40 cm para ensaio à compressão.....	38
Figura 12: Molde prismático 40x40x160 cm para ensaio à flexão e compressão.....	38
Figura 13: Corpo de prova para ensaio a flexão e compressão.	38
Figura 14: Corpo de prova cúbico.	39
Figura 15: Mesa de adensamento por queda.	39
Figura 16: Sequência de moldagem de corpos de prova prismáticos 4x4x16.....	40
Figura 17: Prisma de blocos de concreto.....	41
Figura 18: Disposição da argamassa para montagem do prisma.....	41
Figura 19: Controle da espessura da junta e nivelamento do prisma.	42
Figura 20: Preenchimento de bloco canaleta com graute.....	44
Figura 21: Preenchimento pronto.	44
Figura 22: Equipamentos e acessórios necessários para <i>Slump Test</i>	45
Figura 23: Sequência para execução do <i>slump test</i>	46
Figura 24: Golpes por camada para preenchimento dos moldes.....	48
Figura 25: Exemplo preenchimento molde diâmetro de 100 mm adensamento manual.....	48
Figura 26: Corpos de prova após retífica.	50
Figura 27: Corpo de prova após a realização do ensaio a compressão.	50
Figura 28: Obra A: Início da construção da 1ª Torre.	62
Figura 29: Armazenamento dos corpos de prova de graute.	62
Figura 30: Prismas moldados em obra por um pedreiro.....	63
Figura 31: Blocos separados por lote.	64
Figura 32: Separação por classe e resistência.....	64
Figura 33: Obra B: Fase de execução da alvenaria	65
Figura 34: Blocos armazenados na obra.....	65
Figura 35: Obra C: Execução da alvenaria.....	66
Figura 36: Traço utilizado.	67
Figura 37: Resistência à compressão média mínima de três prismas.....	69
Figura 38 : Resistência especificada x mínima exigida.	70
Figura 39: Gráfico dos valores de Φ	72
Figura 40: Gráfico n =5 e CV = 10%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.	80
Figura 41: Gráfico n =5 e CV = 15%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.	80

Figura 42: Gráfico n =5 e CV = 20%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.	81
Figura 43: Gráfico n =4 e CV = 10%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.	81
Figura 44: Gráfico n =4 e CV = 15%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.	82
Figura 45: Gráfico n =4 e CV = 20%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.	82
Figura 46: Gráfico n = 3 e CV = 10%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prisma oco.	83
Figura 47: Gráfico n =3 e CV = 15%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.	83
Figura 48: N=3 c.v.=15 com valores ajustados de acordo com NBR 15961-2:2011.....	84
Figura 49: Gráfico n =3 e CV = 20%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.	85
Figura 50: Resumo f_{pk} calculado com 3 cp's prisma oco.....	86
Figura 51: Gráfico n = 5 e CV = 10%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	90
Figura 52: Gráfico n = 5 e CV = 15%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	90
Figura 53: Gráfico n = 5 e CV = 20%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	91
Figura 54: Gráfico n = 4 e CV = 10%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	91
Figura 55: Gráfico n = 4 e CV = 15%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	92
Figura 56: Gráfico n = 4 e CV = 20%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	92
Figura 57: Gráfico n = 3 e CV = 10%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	93
Figura 58: Gráfico n = 3 e CV = 15%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	93
Figura 59: Gráfico n = 3 e CV = 20%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.	94
Figura 60: Resumo f_{pk} calculado com 3 cp's prismas grauteado.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores a serem adotados para Φ	27
Tabela 2: Classe e uso dos blocos de concreto.	30
Tabela 3: Tamanho da amostra de acordo com o tamanho do lote.	32
Tabela 4: Valores aceitos para absorção.	34
Tabela 5: Valores abatimento.	46
Tabela 6: Número mínimo de corpos-de-prova por tipo de elemento de alvenaria.	51
Tabela 7: Relação prisma/bloco argamassa industrializada.	53
Tabela 8: Relação prisma/bloco argamassa tradicional.	53
Tabela 9: Número mínimo de prismas a serem ensaiados (redução de acordo com a probabilidade de ruína).	54
Tabela 10: Valores de Φ em função da quantidade de exemplares	71
Tabela 11: Valores de Φ de acordo com n e coeficiente de variação.	72
Tabela 12: Valores de Φ para o valor característico do concreto.	73
Tabela 13: Resistência dos blocos utilizados, resultado originais (CV=20%, n = 6)	74
Tabela 14: f_{pk} dos prismas calculados segundo a norma.	75
Tabela 15: Relação prisma/bloco dos ensaios realizados.	76
Tabela 16: Valores de Φ de acordo com n e coeficiente de variação utilizado nos cálculos.	76
Tabela 17: f_{pk} da norma comparado com f_{pk} para n=5, n=4 e n=3 e c.v. =10%, 15% e 20% - Prisma Oco - Construtora 1.	78
Tabela 18: f_{pk} da norma comparado com f_{pk} para n=5, n=4 e n=3 e cv =10%, 15% e 20% - Prisma Oco - Construtora 2.	79
Tabela 19: f_{pk} da norma comparado com f_{pk} para n=5, n=4 e n=3 e cv =10%, 15% e 20% - Prisma Cheio- Construtora 1.	88
Tabela 20: f_{pk} da norma comparado com f_{pk} para n=5, n=4 e n=3 e cv =10%, 15% e 20% - Prisma Cheio- Construtora 2.	89
Tabela 21: Resumo dos C.V. encontrados para prismas ocios.	96
Tabela 22: Resumo dos C.V. encontrados para prismas grauteados.	96

SIMBOLOGIA

LSE – Laboratório de Sistemas Estruturais.

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR – Norma Brasileira.

f_{bk} – Resistência característica do bloco.

f_{pk} – Resistência característica do prisma.

f_{gk} – Resistência característica do concreto/graute.

ARI – Alta Resistência Inicial.

MPa – Mega Pascal.

Φ Parâmetro para cálculo do valor característico em função do menor resultado da amostra.

n – Número de exemplares que compõe uma amostra.

CV – Coeficiente de Variação.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo dos quantitativos dos ensaios para blocos cerâmicos	16
Quadro 2: Resumo dos quantitativos dos ensaios para blocos de concretos	20
Quadro 3: Comparação com normas internacionais da composição da amostra de argamassa, graute, bloco ou prisma	45

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
1.1.	Justificativa.....	16
1.2.	Objetivo	17
1.3.	Metodologia.....	17
1.4.	Descrição dos capítulos	18
2.	CONTROLE DE OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL	20
2.1	Blocos	20
2.1.1.	Blocos cerâmicos	21
2.1.1.1.	Análise visual dos blocos.	23
2.1.1.2.	Resistência à compressão.	24
2.1.1.3.	Ensaio Dimensional	27
2.1.1.4.	Absorção de água inicial (AAI).....	28
2.1.2.	Blocos de concreto.....	30
2.1.2.1.	Análise visual dos blocos.	31
2.1.2.2.	Resistência Mecânica	31
2.1.2.3.	Análise Dimensional.	32
2.1.2.4.	Absorção de água.....	33
2.2	Argamassa	34
2.3	Prismas	40
2.3.1.	Prismas Ocos	40
2.3.2.	Prismas grauteados	42
2.4	Graute	43
2.4.1.	Determinação da consistência do graute pelo abatimento do tronco cone (ABNT NM 67:1998) 44	
2.4.2.	Moldagem e cura de corpos de prova de concreto (ABNT NBR 5738:2015)	47
2.4.3.	Ensaio de resistência à compressão	49
2.5	Relação Prisma/Bloco	51
2.6	Ensaio Realizados para verificar a relação prisma/bloco.....	52
2.7	Tipos de controle de obra em alvenaria estrutural.....	53
2.8	Normas Internacionais para controle de obras.	58
2.8.1.	Norma Americana.....	59
2.8.2.	Norma Européia.....	60

2.8.3.	Norma Canadense.....	61
3.	AVALIAÇÃO DE CASO	61
4.	CONSIDERAÇÕES E ANÁLISE DE CASOS PARA CÁLCULO DO f_{pk}	68
4.1.	Análise de resultados para os prismas ocos.....	77
4.2.	Análise de resultados para os prismas grauteados.....	87
4.2.1	Comparação com 5 corpos de provas.....	90
5.	CONCLUSÃO.....	97
6.	BIBLIOGRAFIA	98

1. INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que contribuem para um melhor desempenho e diminuição dos custos em construções de edifícios incluem aplicações adequadas de conceitos de boas práticas na construção, uso de mão de obra qualificada e atendimento a normas de certificação e controle de qualidade.

A racionalização dos processos construtivos visa o aumento da produtividade, da qualidade e a redução dos custos de construção. A demanda crescente por projetos de edifícios em alvenaria estrutural é o reconhecimento do sistema como racionalizada. As empresas tornam-se mais competitivas no mercado e assim, melhoram a eficiência do processo eliminando etapas construtivas e minimizando interferências entre os subsistemas e elevando a qualidade do produto final.

Dentre as vantagens da alvenaria estrutural inclui-se a facilidade de execução de um edifício, diminuição dos custos, bom desenvolvimento tecnológico, fácil aprendizagem dos métodos construtivos, elevado potencial de racionalização, produtividade e qualidade; além de não exigir grandes investimentos e mobilização de capital para a aquisição de equipamentos.

O aumento do interesse por esse sistema construtivo se deve principalmente pela vantagem econômica, além de oferecer a qualquer camada social, obras com qualidade e custos relativamente menores desde que executados dentro dos parâmetros adequados, dos quais se não forem seguidos podem tornar a edificação ainda mais cara e de baixa qualidade.

Para um bom desempenho e sucesso, a alvenaria estrutural necessita da certificação da qualidade de seus componentes (blocos, argamassas e grautes) através de um controle tecnológico efetivo. O controle da execução por parte dos construtores, evitando emprego incorreto de materiais, equipamentos e técnicas construtivas, é também um requisito, sendo necessários treinamentos específicos sobre o método construtivo.

A necessidade desse controle e rigor levou ao que, talvez seja, a maior contribuição do sistema Alvenaria Estrutural ao setor da construção civil brasileira, ou seja, a filosofia de se fazer bem feito com tolerâncias respeitadas, projetos pensados de forma integradas e materiais e componentes certificados.

Este trabalho tem como foco avaliar o controle de qualidade aplicado em obras, sendo dividido em duas partes. Na primeira, analisa-se casos de obras de edifícios de alvenaria estrutural, e o efetivo controle seguido em cada caso. Outro foco do estudo foi de avaliar o controle da resistência à compressão através de ensaios de prismas. A partir de uma base expressiva de resultados de ensaios de controle de obras, são feitas ponderações e simulações sobre o cálculo do valor característico em função do número de exemplares das amostras e dos coeficientes de variação.

1.1. Justificativa

O setor da construção civil vem se modernizando constantemente, buscando avanços tecnológicos e formas de racionalizar e até mesmo industrializar as várias etapas que formam a construção de uma edificação. Mas de nada adianta ter métodos e práticas novas e viáveis se não houver segurança de que esses métodos funcionem e sejam seguros, além de mão de obra qualificada para executar tais métodos.

Infelizmente, é comum no Brasil, a ocorrência de acidentes envolvendo edificações que, muitas vezes, tem em sua causa o emprego de materiais inadequados. Nesses casos, o que geralmente se observa, é uma sequência de erros das partes envolvidas nas etapas da construção. Os fatores que afetam diretamente a construção dos edifícios são a falta de planejamento, controle dos materiais e da mão de obra, execução das etapas construtivas, dentre outras falhas no setor, que podem contribuir para tais danos à edificação.

Muitas vezes ouve-se dizer que a alvenaria estrutural não aceita erro. A rigor, qualquer método construtivo não aceita erros, seja de concreto armado ou qualquer outro. Porém, como esse método é executado há muito tempo, acredita-se que a experiência fez com que o sistema em si não seja tão crítico quanto à alvenaria estrutural. Em engenharia, o erro é um fator a ser controlado de maneira a permanecer em nível extremamente baixo. Erros de má execução propositalmente realizados, não são aceitáveis em qualquer método ou sistema.

Muitos profissionais da construção civil, sequer sabem quais os procedimentos devem ser realizados para conferir se o que está sendo executado está correto, e garantir assim a segurança da edificação. Hoje é ainda comum que o executor não tenha treinamento nenhum, e sim aprende a trabalhar com pessoas que já está há mais tempo no mercado, e que geralmente também não foram treinados perpetuando assim o aprendizado incorreto, e fazem de qualquer forma. Nesse desconhecimento por parte dos agentes construtores, inclui-se o plano de controle da obra. Para cada tipo de material recebido existe um tipo de controle, seja para os materiais quanto para os detalhes que são prescritos por normas podendo ocorrer confusão por parte dos responsáveis pela obra, que muitas vezes, deixam tais verificações de lado ou fazem de forma incorreta, pela falta de informação e desconhecimento das normas ABNT específicas.

Além dessas dificuldades, outra bem comum, ocorre por parte dos laboratórios de ensaios que fazem análise dos materiais, muitas vezes de forma incorreta, sem a devida atenção na preparação e execução dos ensaios, ou mesmo, com falhas no cálculo dos valores de referência e apresentação dos resultados.

O controle da resistência da alvenaria é baseado principalmente na aferição da resistência a compressão de prismas. A quantidade de ensaios que deve ser realizado no Brasil é superior a quantidade estabelecida por normas internacionais como, por exemplo, Canada e Estados Unidos. Este fato contribui para que muitos não realizem tais ensaios por considerarem onerosos.

Este trabalho se propõe a disponibilizar informações precisas e de fácil entendimento sobre o sistema de controle de alvenaria estrutural, formas de execução dos ensaios que devem ser feitos incluindo orientações de execução de ensaios. Também propõe analisar com critério especificações sobre o tamanho da amostra e forma de análise do controle de prisma, propondo uma possível redução na quantidade de exemplares para os ensaios. Ainda, relata-se e indica-se a real aplicabilidade das especificações de controle encontradas em normas, em casos verificados na construção de edificações em alvenaria estrutural na cidade de São Carlos.

Os vários pontos apresentados no parágrafo anterior podem permitir o aumento da real aplicação dos procedimentos de controle, aumentando a segurança das construções, fato que justifica este trabalho.

1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar e analisar casos de aplicação das especificações de normas de controle de obras de alvenaria estrutural da Região de São Carlos e avaliar as especificações e resultados de amostragens do ensaio de prisma, base para o controle do sistema.

Objetivos específicos:

- Apresentar orientações e resumo para ensaios básicos para controle da produção de edifícios;
- Avaliar e analisar casos de aplicação das especificações de normas de controle de obras de alvenaria estrutural da cidade de São Carlos;
- Avaliar resultados reais e simular limites e parâmetros do controle baseado em ensaios de prismas.

1.3. Metodologia

Foram realizados os trabalhos de pesquisa bibliográfica, procurando-se buscar informações técnicas em livros, dissertações, teses, artigos, trabalhos de conclusão de curso, em sites, além, de normas técnicas. Buscando resumir os principais ensaios que devem ser feitos e como devem ser feitos. Contudo, é importante destacar que parte do trabalho foi escrito a partir da experiência adquirida no trabalho de controle tecnológico realizado dentro do LSE (laboratório de sistemas estruturais) na UFSCar, onde buscou fazer um resumo de tais procedimentos, além da tentativa de colaborar durante o processo de execução dos ensaios.

As normas técnicas, como as da ABNT, foram consultadas e utilizadas para aferir as diretrizes que devem ser seguidas na execução e controle de obras em alvenaria estrutural.

Após a coleta das informações técnicas, essas foram organizadas por subtemas para compor a pesquisa bibliográfica, que permitiu compreender conceitos e reconhecer as tecnologias empregadas no sistema construtivo.

Para consolidar os conhecimentos adquiridos e fundamentar o presente trabalho, realizaram-se visitas as obras em fase de execução da alvenaria para obtenção de dados dos processos de controle tecnológicos realizados ou não realizados por essas construtoras.

Na avaliação de caso foram avaliadas quatro obras distintas de alvenaria estrutural, na qual, foram utilizadas como aplicações práticas da pesquisa abordada. Foram escolhidas construções localizadas na cidade de São Carlos, nos bairros: Vila Celina, Centro e Jardim Alvorada. Nestas, foram aplicadas o sistema em alvenaria estrutural que empregam blocos vazados de concreto com função estrutural.

A partir de um planejamento experimental de ensaios realizados no LSE – UFSCar – São Carlos, em diversos lotes de blocos, prismas ocos e prismas grauteados, foram calculados os valores característicos baseado nas determinações da ABNT NBR 15961-2: 2011, utilizando como referência o cálculo baseado em 6 unidades que normalmente se utiliza para encontrar a resistência característica da amostra.

Foram analisados os resultados de aproximadamente 324 prismas, divididos em 27 lotes de 12 exemplares, sendo 6 prismas ocos e 6 prismas grauteados, calculando o valor característico do lote e recalculado esses valores para tentar propor uma redução na quantidade de exemplares de prismas que devem ser ensaiados. Depois disso, calculou-se a resistência característica para 5 exemplares e comparou-se com a resistência característica encontrada para 6 exemplares, o mesmo procedimento foi repetido para 4 exemplares e por último para 3 exemplares. A partir da análise e ponderação das análises comparativas sugere-se o aprimoramento do procedimento de controle.

1.4. Descrição dos capítulos

No capítulo 1 são apresentadas as considerações gerais e definições do termo alvenaria estrutural, onde é descrito a introdução do trabalho, a justificativa pelo qual o tema foi escolhido, o objetivo que se pretendeu alcançar e a metodologia utilizada para a realização do trabalho.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica (literatura, normas e experiência nos trabalhos executados). Feita para a realização e confirmação das informações, buscando fundamentar o trabalho baseado em normas nacionais e internacionais relacionadas ao tema proposto. Assim como recomendações para realizar as etapas de ensaios para controle de obras, baseado além de trabalhos e normas, na experiência adquirida durante o trabalho no LSE-UFSCar, além de uma avaliação de casos na cidade de São Carlos com o intuito de identificar como realmente é feito esse controle, se as diretrizes das normas pertinentes são seguidas.

No capítulo 3 é mostrada uma avaliação de caso feito na cidade de São Carlos, em que foi avaliado o controle de obras em alvenaria estrutural realizado pelas construtoras responsáveis.

No capítulo 4 são feitas as considerações para a proposta de redução do número de prismas a serem ensaiados, as análises e os resultados dos ensaios realizados, e uma discussão a respeito dos resultados encontrados variando o número de exemplares e a constante para cada coeficiente de variação.

E por fim no capítulo 5 são descritas as conclusões obtidas no estudo com base na análise dos resultados.

2. CONTROLE DE OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

A grande expansão do uso da alvenaria estrutural ocorreu após o desenvolvimento de técnicas e equipamentos específicos. Além disso, o desenvolvimento tecnológico possibilitou a fabricação de blocos de maior resistência, precisão dimensional e uniformidade. Para a obtenção da qualidade especificada em projeto, e imprescindível para a obra, é necessário o controle tecnológico da construção como garantia do desempenho estrutural. Para tanto é necessário o controle de recebimento (ou aceitação) de materiais e componentes, como blocos estruturais, concreto estrutural, graute de enchimento e argamassa de assentamento; controle de aceitação da alvenaria, que é denominado controle de aceitação de componentes e, por fim, o controle de produção (ou de processo) de paredes estruturais e da estrutura do edifício, que é denominado de controle de produção dos componentes. Neste capítulo, apresenta-se algumas das especificações e ponderações encontrada na literatura nacional e internacional, incluindo, mas não limitando a análise de normas técnicas, sobre o controle de obras de alvenaria estrutural.

2.1 Blocos

Dentre todos os componentes empregados na alvenaria estrutural, o primeiro que deve ser definido é o tipo de bloco.

Segundo Parsekian e Soares (2010, p.24), os blocos representam a maior parte constituinte de uma edificação, cerca de 80 a 95% do volume total da alvenaria. Com isso representa também suma importância na resistência, estabilidade e precisão dimensional. Portanto, deve-se atentar ao controle de qualidade dos mesmos na hora de escolher o tipo de bloco a ser utilizado e também o fornecedor do material.

Os blocos são classificados de acordo com a função que desempenham: estrutural ou de vedação. A escolha vai depender da definição do projeto. O projeto deve ser bem planejado, de forma que se utilize a maior parte possível da unidade básica da família do bloco que será detalhado mais adiante. Além da dimensão, outras características do produto são levadas em conta como, por exemplo, a absorção, a retração, a textura e a resistência à compressão.

Os blocos de concreto destinados à vedação têm resistência média à compressão de, no mínimo, 3,0 MPa. Já os blocos estruturais devem ter, no mínimo, 4 MPa de resistência característica à compressão, indicado na Tabela 3 da norma ABNT NBR 6136:2014. Eventualmente blocos de 3 MPa podem ser utilizados em pequenas construções, conforme ressalve feita pela norma citada.

Quanto à forma dimensional, duas famílias de blocos são usuais. A família é o conjunto de componentes de alvenaria que interagem modularmente entre si e com os outros elementos construtivos. Os blocos que compõem uma família, segundo suas dimensões, são designados como: bloco inteiro (bloco predominante), meio bloco, blocos de amarração L e T (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores A e B (blocos para ajustes de modulação) e blocos tipo canaleta.

Já a família 39 é composta de três elementos básicos: o bloco B39 (39 x 19 cm) e largura variável; o bloco B19 (19 x 19 cm) e largura variável e o bloco B54 (54 x 19 cm) e largura variável. Utilizar a família 39 significa projetar usando a unidade modular 20 e múltiplos de 20, onde 20 é a medida do bloco de 19 cm mais 1 cm de espessura das juntas. No caso da família 39, os blocos podem ter largura de 9, 14 e 19 cm.

2.1.1. Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos são fabricados a partir da preparação, extrusão, queima da argila e eventuais aditivos. O processo da queima ocorre em fornos com temperaturas de aproximadamente 900°C de acordo com Parsekian e Soares (2010, p.27). Esse processo de queima influencia diretamente na qualidade do bloco, pois o mesmo deve aquecer-se por igual o que não acontece em fornos mais simples, do tipo “capela” onde a temperatura na borda do forno é diferente da temperatura alcançada no centro, produzindo uma queima irregular que pode ser vista apenas olhando para o elemento conforme Figura 1, que pode afetar a resistência do elemento.

Figura 1: Queima irregular de bloco cerâmico.



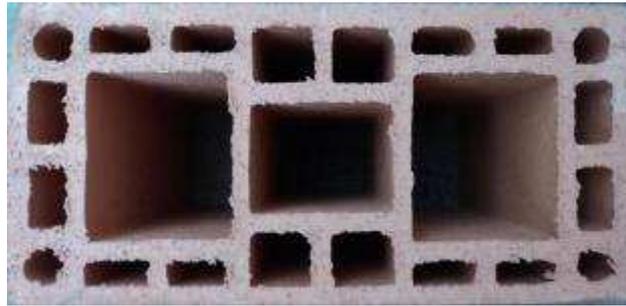
Fonte: O Autor

Segundo Parsekian, Drysdale e Hamid (2012, p.178), durante o processo de fabricação de blocos cerâmicos a retração por secagem e a queima pode influenciar diretamente nas dimensões da unidade e essa variação pode ser de até 15%. Os blocos cerâmicos apresentam formatos distintos e os mais comuns são:

✓ **Paredes Vazadas:**

São blocos que apresentam vazados em suas paredes e no interior, portanto são mais leves do que os de paredes maciças por terem menos material compondo a unidade, como é visto na Figura 2.

Figura 2: Bloco cerâmico de paredes vazadas.



Fonte: O Autor

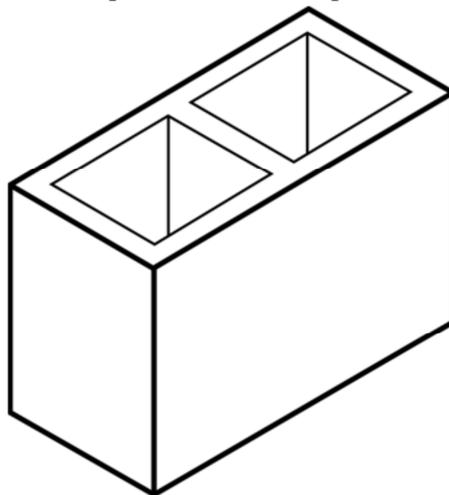
Os blocos cerâmicos no geral possui uma maior confiabilidade quando a queima é controlada e atinge altas temperaturas que segundo Parsekian e Soares (2010, p.27), em torno de 900°C. Nesse caso a resistência muitas vezes atende as mínimas especificações exigidas, tendo-se registros de bom desempenho e obtenção de blocos cerâmicos de elevadas resistências. Pode-se indicar que a durabilidade melhora nessa situação ideal, uma vez que esta é ligada diretamente a resistência a compressão da unidade.

Segundo a ABNT NBR 15270-2: 2005, para blocos cerâmicos estruturais a resistência característica mínima deve ser no mínimo 3 MPa, e quando a alvenaria for ficar aparente, essa resistência deve ser estabelecida de comum acordo entre o comprador e fabricante. Nessa última situação blocos com resistências superiores a 10 MPa são desejáveis.

✓ **Paredes maciças:**

Para a norma blocos de paredes maciças são aqueles cujas paredes externas são cheias e as paredes internas podem ou não ser vazada, que de acordo com Parsekian, Drysdale e Hamid (2012, p.177), a relação entre a área líquida para a área bruta, não deve ser maior do que 65%. Esse bloco é mostrado na Figura 3.

Figura 3: Esquema de bloco de parede maciça.

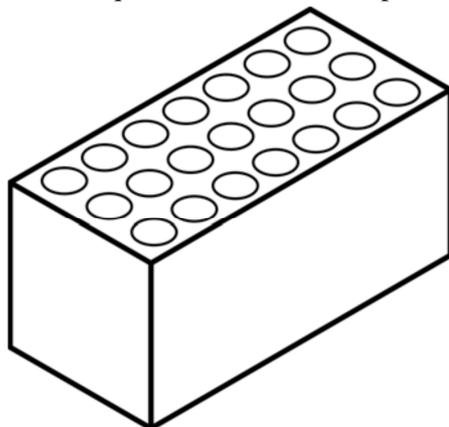


Fonte: NBR 15270 – 2

✓ **Bloco Perfurado.**

Ao contrário dos outros dois tipos, esse bloco não pode ser usado em alvenaria armada ou protendida, e os vazados são distribuídos em toda a face de assentamento como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4: Esquema bloco cerâmico perfurado.



Fonte: NBR 15270 – 2

Para manter, controlar e verificar a qualidade dos blocos são necessários ensaios que visam verificar se os mesmos se adequam aos requisitos em projeto. Para isso, de cada lote se retira uma amostragem que é levada para laboratórios.

A normalização prevê que o lote de obra seja limitado a no máximo 20.000 unidades ou o necessário para executar dois pavimentos. Adiante será definida a amostragem dos lotes.

As características dimensionais influenciam de forma direta a capacidade carga de uma parede e no consumo de materiais em etapas futuras com na aplicação de revestimentos.

Ensaio básicos previstos a serem realizados em blocos cerâmicos:

2.1.1.1. Análise visual dos blocos.

É de extrema importância que os blocos sejam entregues de forma organizada não somente para facilitar o descarregamento, mas também para facilitar a conferência do lote. Para isso os blocos costumam ser colocados em paletes pequenos e retirado e empilhado em carrinho especial ou em paletes de maior dimensão onde são retirados por braços mecânico.

Antes de se descarregar os blocos na obra deve-se verificar alguns requisitos exigidos por norma, onde são conferidos se os mesmos possuem marcas que os identifiquem, possua informações como lote de fabricação, sigla EST (informando que é da classe estrutural) no caso de serem estruturais, as dimensões de largura, altura e comprimento em centímetros (nessa sequência) devem constar em cada unidade.

Os blocos devem atender os requisitos visuais não podendo estar quebrados, lascados, com superfícies irregulares ou qualquer deformação que possa comprometer a qualidade da unidade e do elemento.

No caso de alvenaria aparente, não existe uma norma que especifique esse requisito, este aspecto deve ser tratado entre o fornecedor e o consumidor, podendo constar em documento as exigências do comprador.

Para se prosseguir com as próximas inspeções a amostra deve ser aprovada na inspeção visual. Nessa inspeção de identificação do lote é necessário é feita com amostra de 13 unidades retiradas aleatoriamente do lote no momento do recebimento do mesmo.

É na inspeção visual que assegura as características visuais dos blocos, ou seja, a verificação de trincas, lascados e quebras, devem ser feitas através de uma amostragem dupla. Portanto a primeira amostragem de 13 blocos mais a segunda amostragem de 13 blocos totalizando vinte e seis unidades inspecionadas visualmente.

2.1.1.2. Resistência à compressão.

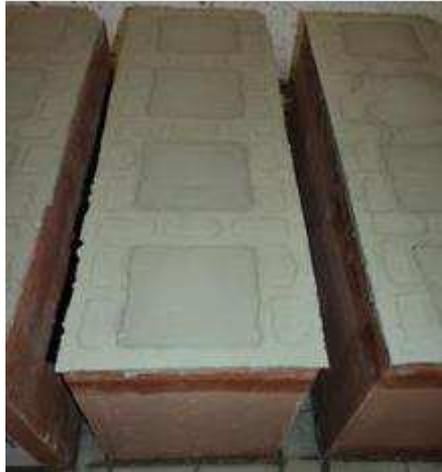
Essa propriedade é a mais importante da unidade, pois é a resistência de referência para a resistência da parede.

Como não se pode usar a média para estabelecer a resistência de análise do lote, devido a fatores como o coeficiente de variação que se encontra durante os ensaios, a resistência mecânica é obtida através do cálculo do valor característico do bloco (f_{bk}).

Para se analisar a resistência à compressão dos blocos, tira-se uma amostra do lote e se faz a análise das unidades em laboratório. A quantidade de blocos utilizados como amostragem do lote, depende do tamanho do lote que não pode exceder o valor de 100.000 unidades, podendo-se dividir esse lote para fornecimento. Já a amostra para controle de obra é de 13 unidades para cada 20.000 blocos. O procedimento para a execução da análise da resistência mecânica são as seguintes:

1. Providenciar a regularização das superfícies que deve ser feita com pasta de cimento (cimento e água) ARI (alta resistência inicial) em uma proporção aproximada de 1:2, conforme Figura 5.

Figura 5: Capeamento com pasta de cimento.



Fonte: O autor

2. Os blocos devem ficar submersos no mínimo seis horas de acordo com Parsekian e Soares (2010, p.31), sendo ensaiados saturados de água, sua pior condição de uso, colocando a unidade na prensa hidráulica como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6: Bloco posicionado na prensa.



Fonte: O autor

Para o capeamento com pasta de cimento, umedecendo os blocos antes de colocá-lo sobre a pasta, ajuda na aderência da pasta no bloco, que quando feito a seco, esse absorve muito rápido a água da pasta e em algumas vezes a pasta se solta do bloco causando retrabalho antes do ensaio ou impossibilitando o rompimento do mesmo como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7: Defeito no capeamento com pasta de cimento.



Fonte: O autor

3. Calcula-se o f_{bk} da amostra, de acordo com a NBR 15270-2: 2005, e para se encontrar o valor característico da amostra que representa o valor da resistência característica do lote usam-se os seguintes cálculos:

1. Colocar em ordem crescente os valores obtidos de resistência à compressão dos exemplares ensaiados em megapascal;
2. Após isso, utilizar a seguinte fórmula:

$$fbk1 = 2 * \left(\frac{(fb1+fb2+fb3+\dots+fb_{i-1})}{i-1} \right) - fb_i \quad (I)$$

Onde:

$$i = \frac{n}{2} ; \text{ se } n \text{ for par;} \quad (II)$$

$$i = \frac{n-1}{2} ; \text{ se } n \text{ for ímpar;} \quad (III)$$

n = Quantidade de blocos da amostra que é recomendado utilizar 13 blocos.

f_{bk2} = f_{bm} (média dos resultados da amostra ensaiada);

f_{bk3} = f_{b1} (menor resultado da amostra) * Φ (de acordo com Tabela 1);

f_{bk4} = Maior entre f_{bk1} e f_{bk3} ;

f_{bk} = Menor valor entre f_{bk2} e f_{bk4} .

Tabela 1: Valores a serem adotados para Φ

Quantidade de blocos (n)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
Φ	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Fonte: Adaptado da NBR 15270-2:2005.

2.1.1.3. Ensaio Dimensional

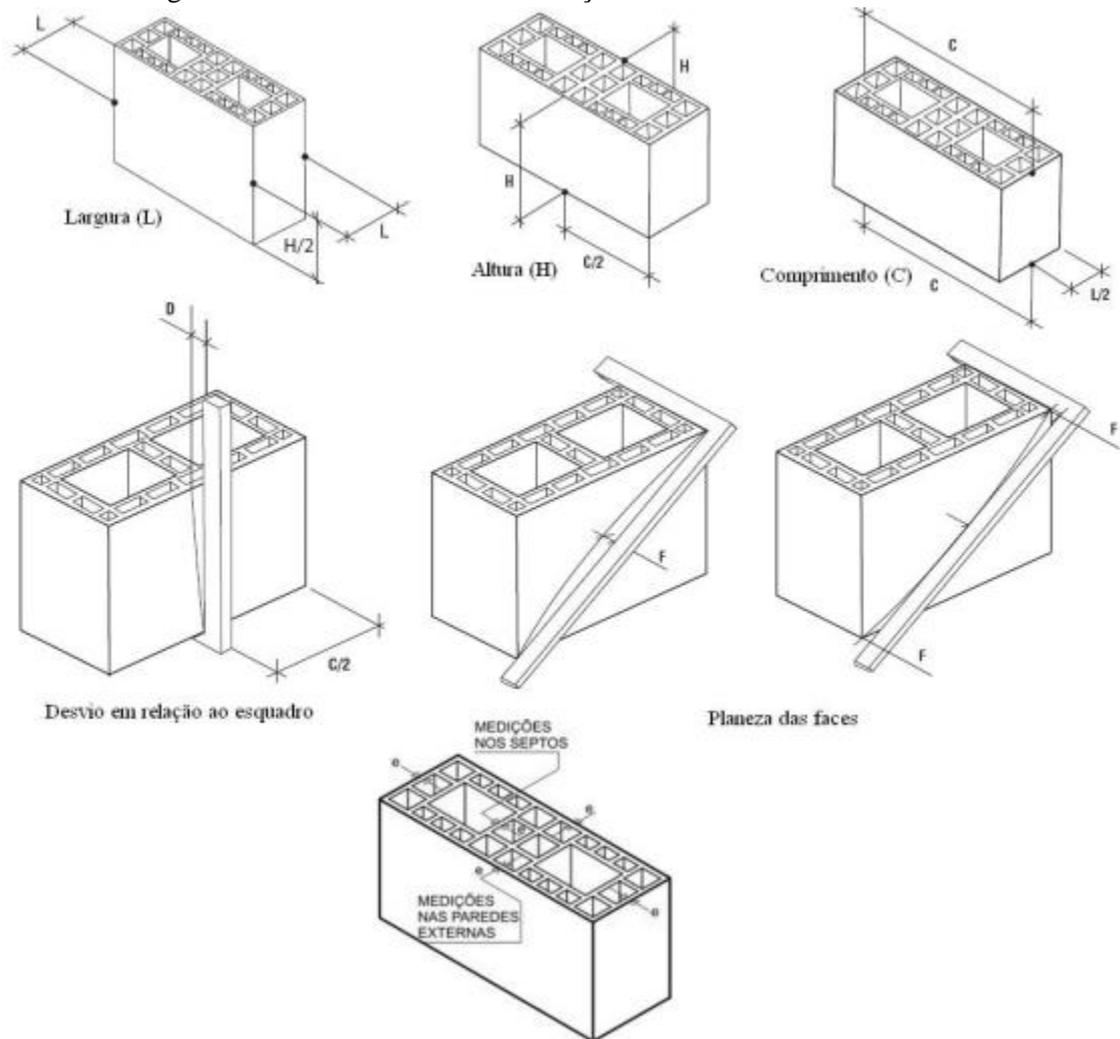
Quando se fala em alvenaria estrutural logo se pensa em racionalização e redução de custos da obra. Como foi citado, o bloco corresponde a uma parcela elevada na execução de uma edificação, portanto, as dimensões e geometrias dos blocos devem respeitar tolerâncias para que não ocorram gastos desnecessários na execução do acabamento por conta de defeitos nos blocos que faz com que quem executa não possa elevar a alvenaria alinhada, respeitando as tolerâncias verticais e horizontais.

Por isso, além do cuidado que deve ser tomado na hora em que o executor da alvenaria é preciso fazer uma análise da geometria da unidade, verificando seu esquadro, planeza das faces e dimensões. Para esse procedimento deve-se analisar conforme Parsekian, Drysdale e Hamid (2012, p.178), um total de 13 unidades, onde são medidas as seguintes dimensões:

- ✓ Comprimento: Mede-se no centro do bloco.
- ✓ Largura: Mede-se no centro do bloco.
- ✓ Altura: Mede-se no centro do bloco.
- ✓ Desvio em relação ao esquadro: Coloca-se o esquadro e com auxílio de uma escala mede-se o desvio;
- ✓ E as medidas dos septos das unidades.

Com auxílio de um paquímetro é medido pelo menos quatro septos. O resumo das medidas que deve ser realizado pode ser visto na Figura 8, e adota-se a menor espessura medida.

Figura 8: Resumo dos locais de medição de blocos cerâmico estrutural.



Fonte: Adaptado da NBR 15270-3:2005.

2.1.1.4. Absorção de água inicial (AAI).

O ensaio de absorção visa analisar o quanto um bloco é capaz de absorver água, para Parsekian e Soares (2010, p.32), este ensaio está relacionado com a porosidade dos blocos o qual pode ser um indicador para afirmar se o bloco é de boa qualidade ou não, e quanto menor a absorção, mais resistente e durável é o bloco. Porém, a NBR 15270-2: 2005 estabelece um limite para o índice de absorção que não deve ser inferior a 8% e nem superior a 22%.

Este ensaio indica também possíveis patologias em revestimentos e aumento de peso da parede caso absorva muita água. O ensaio consiste em medir a diferença de massa do bloco seco e do bloco saturado de água, para isso o ensaio deve ser realizado da seguinte maneira:

Para determinar a massa seca (ms):

1. A amostra deve estar limpa e sem partículas soltas e fazer uma numeração nos blocos;
2. A amostra deve permanecer em estufa a $105^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas e ser pesada após esse período utilizando uma balança com resolução igual ou menor a 5g;

3. Após a medição, deve-se voltar à amostra na estufa e após uma hora pesar novamente;

Esse procedimento deve ser repetido até que a massa varie 0,25% ou menos da pesagem anterior, ou seja, deve ser pesado de uma em uma hora.

Após o final da secagem e a obtenção da massa seca, os blocos devem permanecer dentro do laboratório para esfriar em temperatura ambiente por aproximadamente 24 horas.

Para determinar a massa úmida (μ):

1. A amostra deve permanecer totalmente submersa em água a temperatura ambiente por vinte e quatro horas ou em água fervente por duas horas;
O tempo para a execução do ensaio em água fervente é menor, porém o processo é mais trabalhoso e por isso é mais comum o uso do procedimento feito em água com temperatura ambiente.
2. Os blocos devem ser mantidos sobre uma tela de forma que o excesso de água esorra, e com um pano limpo e úmido retirar o que restou de água na unidade.
3. Pesa-se a unidade saturada e volta os corpos de prova dentro do tanque novamente.

Esse procedimento deve ser repetido até que a massa varie 0,25% ou menos da pesagem anterior.

O processo de remoção do excesso de água e a pesagem não deve ser superior a 15 minutos.

A porcentagem de água absorvida pelo bloco pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$a\% = \frac{\mu - m_s}{m_s} \times 100 \quad (\text{IV})$$

Onde $a\%$ é o índice de absorção de água, m_s é a massa seca e μ é a massa úmida

Caso seja uma unidade da amostra retirada esteja não conforme o lote deve ser aceito, porém se duas unidades estiverem não conforme o lote deve ser rejeitado.

No quadro 1, podemos ver os ensaios previsto para blocos cerâmicos.

Quadro 1: Resumo dos quantitativos dos ensaios para blocos cerâmicos.

Ensaio	Amostra (unidades)	Tipo de Amostragem ¹	Aceitação do lote (unidades)	Rejeição do lote (unidades)
Análise Visual	13 (identificação)	Simple	Se uma unidade não atender, o lote é reprovado.	
	13 (Características Visuais)	Dupla	Até 2 unidades não conforme	5 ou mais unidades não conformes
Resistência Mecânica	13	Simple	O f_{bk} de projeto deve ser menor ou igual a calculado na equação 1	
Dimensional	13	Simple	Até 2 unidades não conforme	3 ou mais unidades não conforme
Absorção de Água	6	Simple	1 unidade não conforme	2 ou mais unidades não conforme

2.1.2. Blocos de concreto

O bloco de concreto, diferente do cerâmico é obtido com cimento Portland, agregados e água, e em alguns casos outros aditivos são incluídos na mistura como, por exemplo, incorporadores de ar. O bloco vazado é um componente da alvenaria onde sua área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.

A mistura utilizada é seca, e posta em moldes e prensada em vibro prensa. Após prensagem, o concreto deve passar por cura úmida ou vapor, seguindo as especificações adotadas na produção de concreto.

A norma ABNT NBR 6136: 2014 é a norma responsável pelas diretrizes, requisitos e controle dos blocos de concreto, e os classifica de acordo com a Tabela 2;

Tabela 2: Classe e uso dos blocos de concreto.

Função	Classe	Resistência característica mínima (MPa) aos 28 dias	Espessura Mínima (mm)	Uso
Com função Estrutural	A	$\geq 8,0$	140	Acima ou abaixo do nível do solo
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	140	Acima do nível do solo. Edificações com 3 ou mais pavimentos
Com ou sem função Estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	90	Edificações com no máximo 1 pavimento.
			115	Edificações com no máximo 2 pavimentos.
			140/190	Edificações com até 5 pavimentos
			65	Alvenaria sem função estrutural.

Fonte: Adaptado NBR 6136:2014.

¹ * Simple = Não há necessidade de repetir a medição;

Dupla = Mede-se a mesma quantidade de amostras duas vezes.

2.1.2.1. *Análise visual dos blocos.*

Segundo a ABNT NBR 12118:2013, a análise dimensional consiste em verificar as dimensões do corpo de prova, como, largura, comprimento, altura, espessura das paredes, dimensões dos furos e raio das mísulas. Os blocos não devem apresentar trincas, quebras, fraturas ou qualquer dano que comprometa o assentamento do mesmo. A nota fiscal deve apresentar a classe, a resistência e dados de identificação do lote a qual pertence.

O lote deve respeitar as seguintes indicações:

1. O lote deve ser composto de no máximo um dia de produção, limitado a 40.000 blocos;
2. Datas diferentes podem compor um mesmo lote, porém, no prazo máximo 5 dias de diferença;
3. Devem ser utilizados para fazer no máximo 1000 m² de parede;
4. O controle dos blocos deve ter sido feito de acordo com as duas condições que são prescritas pela ABNT NBR 6136: 2014, que são elas:

Condição 1: Quem fabrica tem a obrigação de fornecer as características físico-mecânicas correspondente a data de entrega do lote;

Condição 2: Pode ser efetuada a partir da data de entrega do lote, porém nunca mais que 28 dias.

2.1.2.2. *Resistência Mecânica*

Assim como os blocos cerâmicos, os blocos de concreto seguem os mesmos procedimentos de preparação e ensaio, as amostras são definidas de acordo com o tamanho do lote, reforçando, porém, que o lote é usualmente menor. O bloco de concreto tem como opção a utilização da retífica além da opção de capeamento. O procedimento de retífica pode ser visto na Figura 9.

Figura 9: Utilização de retifica para a preparação dos blocos de concreto.



Fonte: O autor

Deve-se separar a mesma quantidade de amostra para eventuais contraprovas, que são definidas conforme Tabela 3:

Tabela 3: Tamanho da amostra de acordo com o tamanho do lote.

Lote (unidades)	Número mínimo de blocos	
	Desvio padrão da fábrica desconhecido	Desvio padrão da fábrica conhecido
Até 5000	6	4
5001 a 10000	8	5
Acima de 10000	10	6

Fonte: Adaptado NBR 6136:2014.

Porém, quando o valor do desvio padrão não é conhecido, usa-se da mesma metodologia de cálculo do bloco cerâmico, calculando-se o $f_{bk,est}$ da mesma forma da equação 1.

Agora segundo a NBR 6136, se esse desvio é conhecido, pode-se simplificar a equação e calcular a resistência característica de acordo com a equação:

$$f_{bk} = f_{bm} - 1,65 \cdot s \quad (V)$$

Onde:

f_{bm} = A média dos resultados adquiridos no ensaio de resistência.

s = Desvio padrão fornecido pelo fabricante dos blocos.

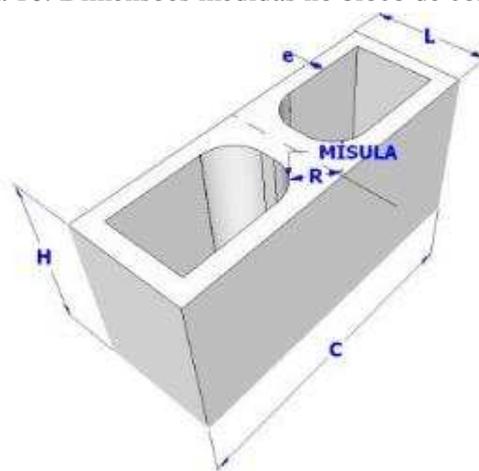
2.1.2.3. Análise Dimensional.

Assim como no bloco cerâmico a análise dimensional visa conferir as dimensões do corpo de prova, no bloco de concreto ainda medimos o que é chamado de mísula que é expresso individualmente para cada uma que resulta em quatro mísulas medidas, conforme Figura 10.

A norma ABNT NBR 12118: 2013 especifica tolerância de ± 2 mm para a largura (L) e ± 3 mm para a altura (H) e comprimento (C). Deve-se medir três pontos diferentes de cada unidade e a medida será a média dos valores.

A espessura mínima das paredes do bloco devem ser medidas em dois pontos na parede longitudinal e o valor obtido pela média e em 1 ponto na parede transversal, ambas as medidas no lado mais estreito do bloco que é a parte superior no momento do assentamento e as dimensões dos furos devem ser medidas do lado onde o furo é menor, ou seja, a face inferior do bloco no momento do assentamento, essas medidas podem ser vistas na Figura 10.

Figura 10: Dimensões medidas no bloco de concreto.



Fonte: O autor

2.1.2.4. Absorção de água

O procedimento para obter o índice de absorção de água dos blocos de concreto é similar ao do bloco cerâmico e é realizado de acordo com a NBR 12118: 2011, utilizando-se dos mesmos equipamentos para a realização do ensaio, mas existem algumas diferenças, portanto deve-se fazer da seguinte maneira:

Balança com sensibilidade mínima de 10g e capacidade de no mínimo 20 kg;

Os blocos devem ficar dentro do laboratório onde os ensaios serão realizados por um período de 24 horas, após esse período os blocos são pesados e o valor é caracterizado como sendo m_3 ;

Deixar os blocos em estufa aquecida à $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ por 24 horas;

Pesar novamente os blocos e voltar a amostra para a estufa e de duas em duas horas pesar até que a variação com a pesagem anterior se menor ou igual a 0,5%. Essa medição é denominada m_1 . Os blocos não devem ficar fora da estufa por mais de 10 minutos.

Saturar os blocos por imersão total após terem sido resfriados naturalmente por um período de 24 horas.

Pesar os blocos deixando a água escorrer e tirando o excesso com pano limpo e úmido;

Repetir o procedimento para a massa seca pesando de duas em duas horas até a variação ser igual ou inferior a 0,5%.

O valor da absorção de água é obtido pela equação 2.

Para blocos feitos com agregado normal, os blocos podem apresentar índice de absorção de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Valores aceitos para absorção.

Classificação	Classe	Valor individual	Valor médio
Com função estrutural	A	≤ 8	≤ 6
	B	≤ 10	≤ 8
Com ou sem função estrutural	C	≤ 12	≤ 10

Fonte: Adaptado NBR 6136:2014.

O quadro 2, mostra o resumo dos ensaios previsto para blocos de concreto.

Quadro 2: Resumo dos quantitativos dos ensaios para blocos de concretos.

Ensaio	Amostra (unidades)	Aceitação do lote (unidades)	Rejeição do lote (unidades)
Análise Visual	6 unidades	100% em boas condições	Recusa de mais do que 10%
Resistência Mecânica	De acordo com Tabela 3	Atende ao f_{bk} estimado	Se contraprova for reprovada
Dimensional	De acordo com Tabela 3	100 % das unidades conformes	Se contraprova for reprovada
Absorção de Água	3 unidades	$\leq 10\%$ para qualquer unidade	Rejeição maior do que 15%

2.2 Argamassa

Segundo a NBR 13281: 2005, argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes e água. Que podem ser adicionados aditivos para melhorar a aderência e o endurecimento da mesma. E pode ser dosado em obra e também ser industrializada.

A argamassa industrializada tem suas características e atendimento aos requisitos de norma mais eficazes devido ao seu controle tecnológico preciso.

Argamassa é o componente utilizado na ligação entre os blocos, evitando pontos de concentração de tensões, sendo composta de cimento, agregado miúdo, água e cal, sendo que algumas podem apresentar adições para melhorar determinadas propriedades. Algumas argamassas industrializadas vêm sendo utilizadas na construção de edifícios de alvenaria estrutural.

Para a construção de edifícios, deve-se especificar a resistência característica da argamassa (f_a), com valor próximo a resistência característica do bloco (f_{bk}) e nunca menor que $0,7 \times f_{bk}$, nem menor que 4,0 MPa. Não é conveniente especificar com valor maior que $1,5 \times f_{bk}$. Nessa faixa de resistência, a argamassa será mais deformável que o bloco. Uma boa aderência entre a argamassa e bloco garante confinamento da primeira e ruptura da alvenaria por tração lateral do bloco. Argamassas muito fortes permitem pouca acomodação de deformações, levando ao risco de fissuramento. Em contrapartida, argamassas muito fracas prejudicam a resistência da alvenaria. A faixa indicada neste parágrafo é a considerada razoável para projetos. Para edifícios de múltiplos pavimentos, pode ser interessante padronizar a especificação de f_a para o valor do f_{bk} maior, dentro dos limites aqui indicados. Por exemplo, para um prédio com bloco de f_{bk} igual a 4,0 e 6,0 Mpa, pode ser conveniente utilizar uma única argamassa de $f_a = 6,0$ MPa.

Para a utilização de argamassa de assentamento de blocos de concreto, deve-se seguir a recomendação do projeto que têm como funções básicas solidarizar os blocos, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e de vento nas edificações.

A aderência é a mais importante característica que uma argamassa deve ter, por evitar o escorregamento entre o bloco e a argamassa e fazer com que os três corpos deformem de forma igual. A resistência à compressão da argamassa deve ser atendida com valor máximo. Para a característica do uso da argamassa em conjunto com o bloco estrutural, pode-se observar:

- ✓ Quanto maior a altura da junta, menor é a resistência da alvenaria. Isto ocorre por causa da quebra do estado de tensões da argamassa, causada pelo excesso de distância entre os blocos e com isso o aumento das tensões transversais de tração na argamassa.
- ✓ Quanto menor a altura do bloco, menor a resistência da parede: Isso ocorre porque blocos com menor altura possuem analogamente menor seção transversal, além do que, como tem altura menor, acabam por se deformar transversalmente menos, transferindo esta deformação não absorvida no bloco para a argamassa.
- ✓ Quanto maior o módulo de deformação do bloco (bloco mais indeformável) menor a resistência da parede. Como o bloco está mais indeformável que a argamassa, as tensões de tração transversais na interface da argamassa e do bloco aumentam, baixando assim a resistência da parede.

- ✓ A argamassa industrializada é a mais recomendada para o assentamento dos blocos, em função de ser um produto mais constante e homogêneo, tanto no seu uso diário como ao longo da obra. Consiste na mistura de cimento, areia e aditivos, entregue na obra em sacos ou a granel. O tipo de misturador, o tempo de mistura e a quantidade de água a ser adicionada deve ser o especificado pelo fabricante.

RECOMENDAÇÕES PARA O USO ADEQUADO DE ARGAMASSAS:

- a. Não se devem misturar argamassas em betoneiras comuns.
- b. Recomenda-se o uso da argamassa assim que for preparada, com a aplicação até uma hora e meia após a adição da água.
- c. As argamassas industrializadas para assentamento de blocos de concreto devem atender às disposições da norma ABNT NBR 13281: 2005 – “Argamassa industrializada para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – Especificação”.
- d. No caso do material não ter certificado de conformidade, o comprador deverá verificar se ele segue os ensaios mínimos previstos pela NBR 13281: 2005. No caso da empresa fornecer o certificado de conformidade do material (emitido por órgão credenciado e acreditado), este deve ser renovado pela empresa fornecedora a cada quatro meses, a fim de assegurar a qualidade dos produtos e manter os dados do fornecedor atualizados no cadastro da empresa.
- e. Para se proceder à qualificação dos fornecedores, antes da primeira compra, deve-se exigir do fabricante o certificado de ensaio comprovando a conformidade do produto aos requisitos da norma.

Controle tecnológico da argamassa de assentamento.

Deve-se realizar o controle de uniformidade de produção pela dispersão dos resultados de resistência à compressão axial. Esta dispersão deve ser avaliada pelo coeficiente de variação, onde, esse valor, em porcentagem, que é resultado da divisão do desvio padrão pela resistência média de um conjunto de seis corpos de prova. O limite superior admitido – ensaio da argamassa segundo a ABNT NBR7215: 1996 é de no máximo 20%, em uma produção contínua por longos ou curtos períodos.

Porém, existem algumas diferenças no controle da argamassa dosada no canteiro de obra, e a argamassa industrializada, essas podem ser observadas abaixo:

Argamassa dosada em obra

Definição do lote:

A definição do lote de argamassa dosada em obra é realizada com o menor dos limites: 500 m² de área construída em planta (por pavimento) ou dois pavimentos e a argamassa deve ser fabricada com matéria prima de mesma procedência e mesma dosagem.

Amostragem:

Devem ser feito uma amostra com seis exemplares que é explicado na sequência, e devem ser constituída na quantidade dosada com um saco de cimento, quantificando os outros componentes em função do traço escolhido.

Argamassa Industrializada:

Definição do lote:

Comum acordo entre fabricante e cliente e caso não seja estipulado um acordo, o lote considerado é o referente a cada tipo e fabricante com a mesma data de fabricação.

Amostragem:

A amostragem é feita, utilizando 50 kg da argamassa dividido em 2 exemplares de aproximadamente 25 kg cada (ensaia um lote e o outro fica como contra prova), armazenada de forma a não ter suas características alteradas.

Aceitação e rejeição para argamassa dosada em obra e argamassa industrializada:

O lote é aceito quando atenderem as exigências da norma, ou seja, a média dos resultados do ensaio a compressão for maior ou igual ao valor especificado em projeto e o coeficiente de variação menor ou igual a 20%, e caso o lote seja rejeitado, faz-se novo ensaio utilizando a contra prova.

Para cada lote deve ser ensaiados 6 exemplares a compressão, se os corpos de prova forem moldados em obra costuma-se usar os moldes prismáticos de 40x40x40cm, como mostra a Figura 11, se forem moldados em laboratório usa-se o molde 40x40x160cm como pode ser visto na Figura 12, com esse molde ensaia-se a amostra primeiramente na flexão a qual se dividirá ao meio, e com cada uma das partes utiliza-se para fazer o ensaio à compressão.

O controle da argamassa deve ser feito através de ensaios laboratoriais sendo os mais comuns para a verificação da resistência a compressão e ensaio de tração na flexão dentre os vários que devem ser feitos dependendo do caso.

Para a realização do ensaio de argamassa é necessário que além dos aparelhos atenderem as exigências da norma pertinente, o laboratório que executará o ensaio também deve atender algumas exigências como, por exemplo, temperatura controlada (23±2)°C e umidade relativa do ar (UR) de ser de (60±5) %.

Para a realização dos ensaios, utilizamos então os seguintes acessórios:

Figura 11: Molde cúbico 40x40x40 cm para ensaio à compressão.



Fonte: O autor.

Figura 12: Molde prismático 40x40x160 cm para ensaio à flexão e compressão.



Fonte: O autor.

A Figura 13 e Figura 14, mostra como fica o corpo de prova de argamassa antes de ser ensaiado.

Figura 13: Corpo de prova para ensaio a flexão e compressão.



Fonte: O autor.

Figura 14: Corpo de prova cúbico.



Fonte: O autor.

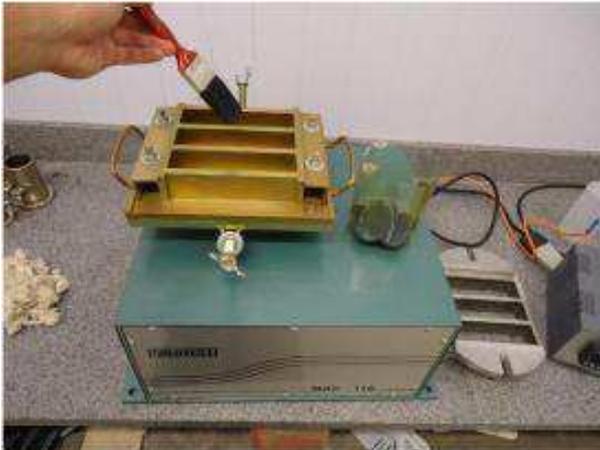
O procedimento para a moldagem dos corpos de prova de argamassa, tanto para o cúbico quanto para o prismático, deve ser feito com o preenchimento do molde em duas etapas, onde é realizado o preenchimento até a metade do molde, é feito o adensamento com 30 golpes, logo depois se completa os moldes com argamassa deixando que a mesma transborde do molde, e adensa novamente com mais 30 golpes. Para o adensamento dos corpos de prova cúbico, é utilizado o adensamento manual com a utilização de um soquete de borracha ou madeira aparada, impermeável, com formato prismático de 150 mm de comprimento e seção transversal de 13 mm x 25 mm de acordo com a ABNT NBR 15961-2: 2011 e o molde prismático é feito em uma mesa de adensamento como é mostrado na Figura 15, aplicando 30 golpes por camada. É importante passar uma fina camada de desmoldante ou óleo mineral. O procedimento de moldagem está resumido na Figura 16.

Figura 15: Mesa de adensamento por queda.



Fonte: O autor.

Figura 16: Sequência de moldagem de corpos de prova prismáticos 4x4x16.



a) Lubrificando os moldes.



b) Preparando o molde na mesa adensadora.



c) rasando a argamassa.



d) Argamassa moldada.

Fonte: O autor.

2.3 Prismas

Para a ABNT NBR 15961-2: 2011, prisma é definido como sendo a justaposição de dois blocos unidos por uma junta de argamassa, com o qual se realiza ensaio a compressão, como mostra a Figura 17, podendo esse ser oco ou ter seus espaços internos preenchidos por concreto. O ensaio padrão é executado sempre 28 dias após a moldagem dos prismas ou do grauteamento.

2.3.1. Prismas Ocos

O dimensionamento de alvenarias é baseado na resistência característica à compressão do prisma (f_{pk}), que depende em grande parte do bloco utilizado e sua resistência característica à compressão (f_{bk}), da existência ou não de graute e também da resistência média da argamassa (f_a).

Figura 17: Prisma de blocos de concreto.



Fonte: O autor

A ABNT NBR 15812-2: 2010 exige que seja feita também a caracterização da alvenaria, antes de se iniciar a execução da obra, para isso são realizados ensaios de prismas, pequenas paredes e paredes.

Porém os ensaios de pequenas paredes e paredes são onerosos e dispense maiores recursos financeiros e tempo, sendo na maioria das vezes realizados somente ensaio de prismas.

A realização dos ensaios de prismas segue os mesmos procedimentos dos blocos, como capeamento, posição de aplicação de carga, equipamento, etc.

Para a montagem dos prismas, usa-se argamassa na área total do bloco, conforme Figura 18, para que o prisma fique bem nivelado e o centro de aplicação de carga fique no centro do exemplar a ser ensaiado, bloco de baixo deve ser nivelado pela face, isso pode ser feito colocando o mesmo sobre uma camada de areia ou colocando papel para fazer esse nivelamento.

Figura 18: Disposição da argamassa para montagem do prisma.



Fonte: O autor

Portanto para a realização do ensaio a espessura da junta deve ser controlada em 10 mm com variação aproximada de ± 5 mm como mostrado na Figura 19.

Figura 19: Controle da espessura da junta e nivelamento do prisma.



Fonte: O autor

A amostra deve ser realizada por tipo de elemento de alvenaria, sendo doze exemplares para prismas, seis para pequenas paredes e três para paredes, essa quantidade é feita para a caracterização prévia dos materiais.

2.3.2. Prismas grauteados

Prisma cheio é um prisma oco com seus vazios preenchidos por graute e se destina ao ensaio de compressão axial.

Especificar valores de f_{gk} (resistência característica a compressão do graute) muito superiores ao material do bloco, que, no caso de blocos vazados de concreto, vale aproximadamente $2 \times f_{bk}$, não reflete um maior aumento de resistência à compressão. A recomendação é indicar o graute com cerca de duas vezes o f_{bk} . Para atender a padronização das classes de concreto, f_{gk} é especificada de 5 em 5 MPa (C15, C20, C25 ...) e com no mínimo 15 MPa. Para blocos de resistência muito elevada, por questões práticas de dosagem e economia, essa relação pode ser reduzida, mantendo-se o f_{gk} em 30 MPa. O aumento esperado na resistência à compressão do prisma pelo grauteamento depende da combinação entre bloco e graute sendo esperados valores maiores de aumento para blocos de menor resistência.

O grauteamento deve ser feito após no mínimo 24 horas após a moldagem dos prismas, e o ensaio feito 28 dias após o grauteamento. O processo é feito colocando o graute até a metade do prisma, faz-se o adensamento dessa primeira camada com 30 golpes com haste de socamento, coloca-se a segunda camada, adensa com mais 30 golpes e a superfície deve ser rasada e alisada sem deixar excesso e imediatamente após o preenchimento o prisma deve ser

coberto com um filme impermeável para evitar que o graute perca água muito rapidamente para o ambiente. Esse procedimento é detalhado na ABNT NBR 15961-2: 2011.

2.4 Graute

O graute consiste em um concreto especial (micro concreto), formado de cimento, água, agregado miúdo, agregados graúdos de pequena dimensão (até 9,5mm) e cal ou outra adição destinada a conferir trabalhabilidade, a quantidade de cal que pode ser utilizada para a dosagem do graute segundo Parsekian e Soares (2010, p.45) deve ser de no máximo 10% do volume do cimento.

O graute possui como característica alta fluidez e retenção de água de hidratação à mistura. É utilizado para preencher integralmente os furos dos blocos e envolver as armaduras completamente, para que com isso, permita uma maior aderência das armaduras com o bloco. Outra função é de aumentar a área da seção transversal dos blocos aumentando a capacidade de resistência das tensões solicitantes sobre a parede. Possui as seguintes características:

- Para elementos de alvenaria armada, a resistência à compressão característica deve ser especificada com valor mínimo de 15 MPa.
- Seu agregado graúdo é o pedrisco, que deve passar na peneira de 12,5 mm (Brita 0).
- Deve ter alta plasticidade para preencher totalmente os vazios dos blocos, seu fator água-cimento fica entre 0,8 e 1,1.
- O seu *slump* deve ser de aproximadamente 25 cm, sendo que o seu adensamento deve ser feito manualmente com o auxílio de uma barra metálica, sem utilização, em qualquer circunstância, do vibrador, pois ele destrói as pontes de aderência dos blocos.
- Contém aditivo plastificante e compensadores de retração.

O grauteamento de paredes de alvenaria estrutural não armada é uma prática adotada por alguns calculistas com o objetivo de aumentar a capacidade de carga da alvenaria. A dosagem, a especificação das características do graute, e sua localização devem ser de responsabilidade do calculista.

O graute deve envolver completamente as armaduras e aderir tanto a ela quanto ao bloco, de modo a formar realmente um conjunto único. O graute de preenchimento dos vazados verticais nas tipologias de alvenaria estrutural tem as funções de:

- ✓ Permitir que a armadura trabalhe conjuntamente com a alvenaria, quando solicitada.
- ✓ Aumentar a resistência à compressão localizada da parede.
- ✓ Impedir a corrosão da armadura.

A resistência do graute deve estar relacionada com a resistência real do bloco. Como um bloco de concreto tem normalmente 50% de área líquida, o material de que é feito (concreto) terá o dobro da resistência nominal (Ex: bloco de 6 MPa , graute com 12 MPa) mas a norma coloca que o mínimo para a resistência de graute deve ser de 15 MPa, porém isso é válido somente para blocos de concreto.

O graute deve trabalhar com resistência próxima ao material constituinte para se aproximar do seu módulo de elasticidade. Assim, pode-se adotar a resistência do graute como sendo o dobro da resistência nominal dos blocos. O aumento da resistência da parede devido ao grauteamento do bloco é acrescido de 30% a 40%, pois o graute não consegue preencher totalmente todos os vazios dentro dos blocos isso pode ser visto na Figura 20 e Figura 21.

Figura 20: Preenchimento de bloco canaleta com graute.



Figura 21: Preenchimento pronto.



Fonte: Comunidade da construção.²

O controle de graute segue as mesmas diretrizes da norma de concreto que são regidas pela norma ABNT NBR 5738: 2015 e ABNT NBR 5739: 2007, que especifica os procedimentos para ensaio de resistência a compressão.

2.4.1. Determinação da consistência do graute pelo abatimento do tronco cone (ABNT NM 67:1998)

Segundo Parsekian, Drysdale e Hamid (2012, p.217), as principais diferença entre o graute em relação ao concreto é o alto *slump* (20 a 25) e elevada razão água/cimento

Este ensaio, também conhecido como *slump test* têm como objetivo verificar a uniformidade do abatimento entre uma remessa e outra do concreto. Este ensaio aplica-se aos concretos cuja consistência seja plástica, com abatimento igual ou superior a 10 mm, no caso do graute, foi dito que o *slump* deve ser de aproximadamente 25 mm ou entre 20 e 28 mm. O fato de requerer equipamentos simples e de fácil transporte torna-o prático para aplicação de canteiros de obras. Se o agregado do concreto possuir dimensão máxima maior que 38 mm, o

²

Disponível em:
<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/1/materiais/qualidade/9/materiais.html>—Crédito Chico Rivers / ABCP. Acesso em 23/04/2015

procedimento sofre alterações. O ensaio deve ser realizado sobre a fração do concreto que passa pela peneira de 38 mm.

CUIDADOS A SEREM TOMADOS AO MOLDAR OS CORPOS DE PROVAS.

O primeiro passo a ser considerado, é umedecer as paredes internas do molde e da placa com desmoldante ou óleo mineral, após isso, montar o equipamento (placa, molde e colarinho), apoiar os pés sobre as aletas do molde e preenchê-lo em 3 camadas de mesma altura, adensando cada camada antes da colocação da camada seguinte. Esse adensamento deve ser feito em cada camada com 25 golpes uniformes distribuídos pela haste de adensamento, de modo que atinja a camada anteriormente adensada. É importante manter um excesso constante de concreto na borda superior ao adensar a última camada, depois disso retirar o colarinho e rasar a superfície.

Pressionar as alças do molde para baixo, retirar os pés das aletas e, num tempo de 5 a 10s, levantar cuidadosamente o molde, na direção vertical e determinar a diferença entre a altura do molde e a altura média da amostra assentada e expressá-la em milímetros, com aproximação de 5 mm.

Os equipamentos utilizados para a execução do ensaio é mostrado na Figura 22.

Figura 22: Equipamentos e acessórios necessários para *Slump Test*.



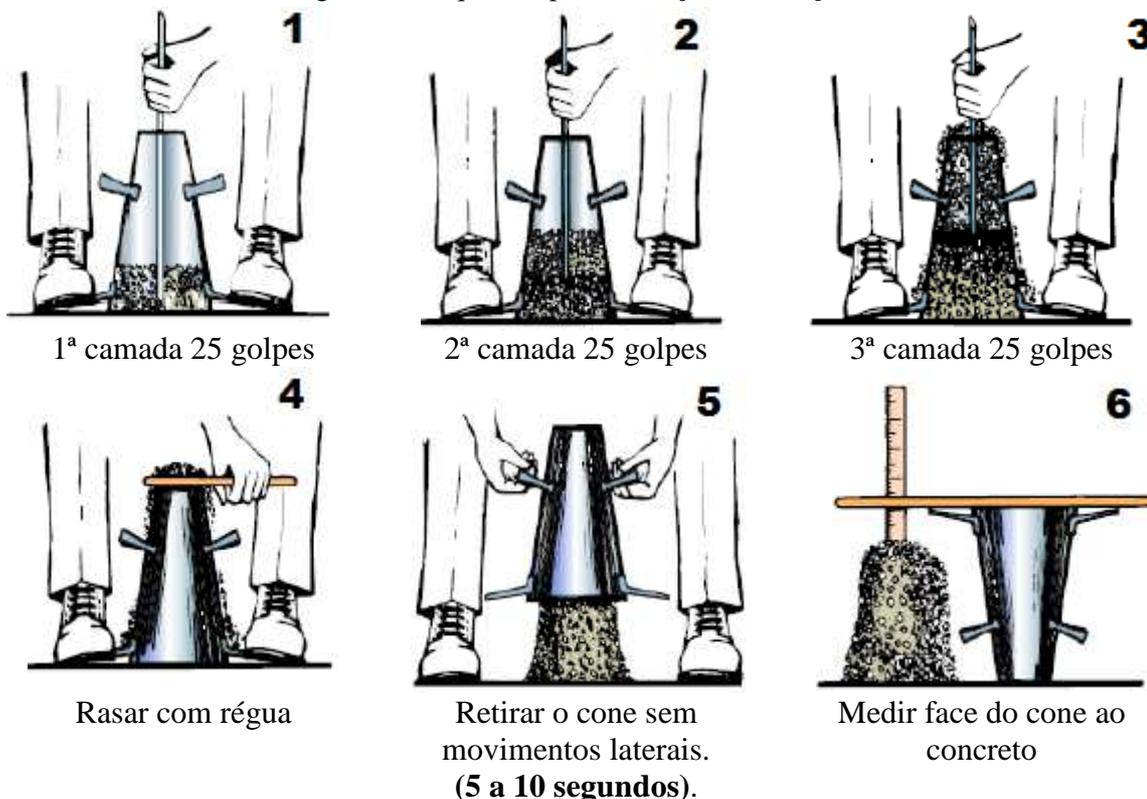
- a. Molde tronco-cônico (100 mm x 200 mm x 300 mm).
- b. Colarinho metálico.
- c. Placa metálica quadrada (500 mm x 500 mm).
- d. Haste de adensamento com extremidade semiesférica (16 mm x 600 mm).

Inclinar levemente a haste de socamento para efetuar golpes próximos à parede interna do molde, permitindo o adensamento uniforme das camadas.

Montar o equipamento (placa, molde e colarinho), apoiar os pés sobre as aletas do molde e preenchê-lo em 3 camadas de mesma altura, adensando cada camada antes da colocação da camada seguinte.

Evitar que o concreto sofra trepidação durante o ensaio e se ocorrer desmoronamento do tronco de cone de concreto, repetir o ensaio com nova amostra. Todas as operações devem ser executadas ininterruptamente, num tempo máximo de 2 minutos e 30 segundos. Esses procedimentos são demonstrados na Figura 23.

Figura 23: Sequência para execução do *slump test*.



Fonte: Clube do Concreto.³

O item 6 da Figura 23 é onde se obtém a medida em milímetros e com esse valor é possível identificar o abatimento de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5: Valores abatimento.

TRABALHABILIDADE	ABATIMENTO (mm)
Abatimento zero	0
Muito baixa	5 a 10
Baixa	15 a 30
Média	35 a 75
Alta	80 a 155
Muito alta	160 ao desmoronamento

³ Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/08/ensaio-do-slump-test-ensaio-de.html>. Acesso em 23/04/2015.

2.4.2. *Moldagem e cura de corpos de prova de concreto (ABNT NBR 5738:2015)*

Este procedimento se aplica à moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos, utilizados nos ensaios de compressão e de tração por compressão diametral, e corpos-de-prova prismáticos, utilizados no ensaio de tração por flexão. Não se aplica aos concretos com abatimento igual a zero ou misturas relativamente secas, como as usadas na fabricação de tubos ou blocos.

EQUIPAMENTOS:

- ✚ Moldes cilíndricos de altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm, pela facilidade de manuseio e quantidade de material utilizado o molde 10x20cm costuma ser o mais utilizado.
- ✚ Haste de adensamento em aço, com extremidade semiesférica de 16 mm de diâmetro e 60 a 80 cm de comprimento.
- ✚ Concha para concreto.
- ✚ Colher de pedreiro.
- ✚ Colarinho metálico para os moldes.

PROCEDIMENTOS:

- ✚ Aplicar fina camada de óleo mineral ou desmoldante nas faces internas dos moldes e verificar seu fechamento e vedação.
- ✚ O lado ou diâmetro do corpo-de-prova deve ser no mínimo quatro vezes a dimensão característica do agregado.
- ✚ Obter a amostra de concreto de acordo com a ABNT NM 33: 1998 e determinar o seu abatimento.
- ✚ Colocar o concreto dentro dos moldes em número de camadas de igual altura, de acordo com a tabela que é representada pela Figura 24. Nivelar o concreto com a haste antes de iniciar o adensamento de cada camada como mostrado na Figura 25.

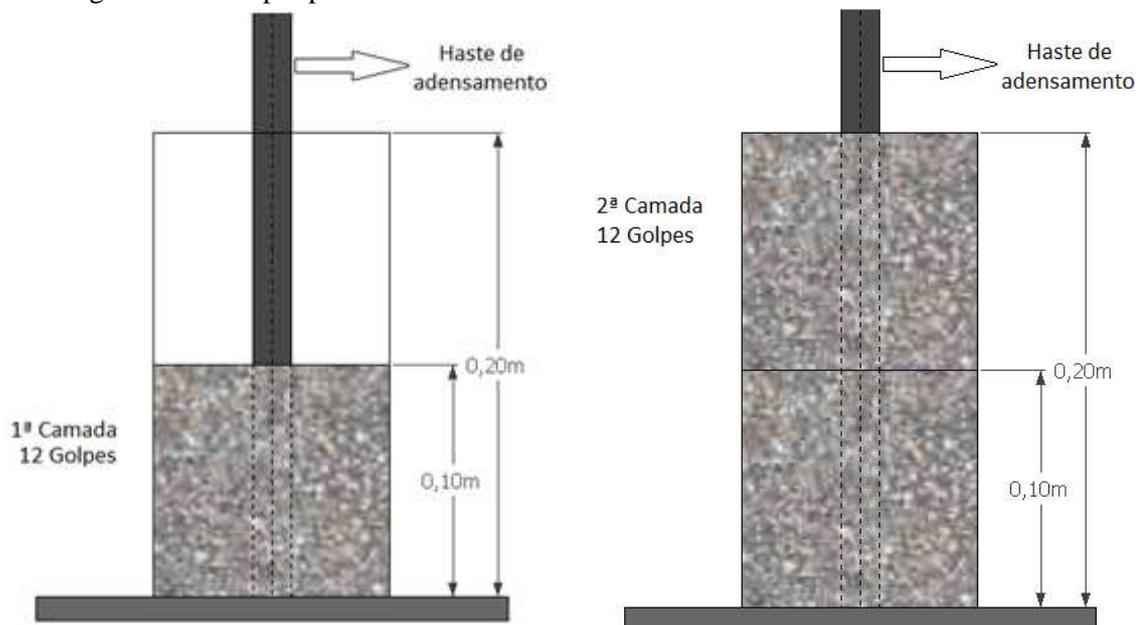
Figura 24: Golpes por camada para preenchimento dos moldes.

Tipo de Corpo de prova	Dimensão Diâmetro (mm)	Número de camadas		Número de golpes para adensamento Manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	-	--

Para concretos com abatimento superior a 160 mm, o número de camadas deve ser reduzido à metade da estabelecida na tabela. Caso o número resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

Fonte: Adaptado NBR 5738: 2007.

Figura 25: Exemplo preenchimento molde diâmetro de 100 mm adensamento manual.



Fonte: O autor

Porém, esse adensamento deve ser feito no meio e próximo às paredes do molde e não somente no centro.

- A. Após o adensamento de cada camada, é aceitável bater levemente na face externa do molde para fechar vazios.

- B. Rasar a superfície com colher de pedreiro ou haste e cobrir com plástico para evitar a perda rápida de água para o ambiente.
- C. Colocar os corpos-de-prova sobre superfície plana, protegido de vibrações e de intempéries cobrindo os mesmos com filme impermeável por 24h (cilíndricos) ou 48h (prismáticos).
- D. Desmoldar, identificar os corpos-de-prova e armazenar em tanque ou câmara de cura, de acordo com a ABNT NBR 9479: 2006.

2.4.3. Ensaios de resistência à compressão

Os resultados dos ensaios de resistência, conforme a ABNT NBR 5739: 2007, realizados em amostras formadas como segue, devem servir para a aceitação ou rejeição dos lotes.

Formação de lotes

De cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares de acordo com o tipo de controle.

Amostragem

As amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme a ABNT NBR NM 33: 1998. Cada amostra é constituída por dois corpos-de-prova da mesma amassada, conforme a ABNT NBR 5738: 2015, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Toma-se como resistência da amostra o valor do maior exemplar da amostra.

Quando o caminhão chega à obra, depois de feito o teste de consistência pelo abatimento do tronco cone, retira-se dois corpos de prova, seguindo as especificações citadas no texto acima.

Realização do ensaio à compressão

Era comum a prática do capeamento com pasta de enxofre, porém por causa de danos ambientais essa prática não é mais usual, sendo comum o uso de retificas com dispositivo adequado é possível fazer tal regularização, conforme mostra Figura 26:

Figura 26: Corpos de prova após retífica.



Fonte: O autor

Após isso a próxima etapa é levar o corpo de prova em prensa e aplicar um carregamento axial constante até a sua ruptura, isso pode ser visto na Figura 27.

Figura 27: Corpo de prova após a realização do ensaio a compressão.



Fonte: O autor

Definição da resistência característica da amostra:

Segundo ABNT NBR 6118: 2007 para definir a resistência característica, a realização e aceitação do concreto, depende do tipo de controle que é efetuado. Têm-se dois tipos de controle segundo a:

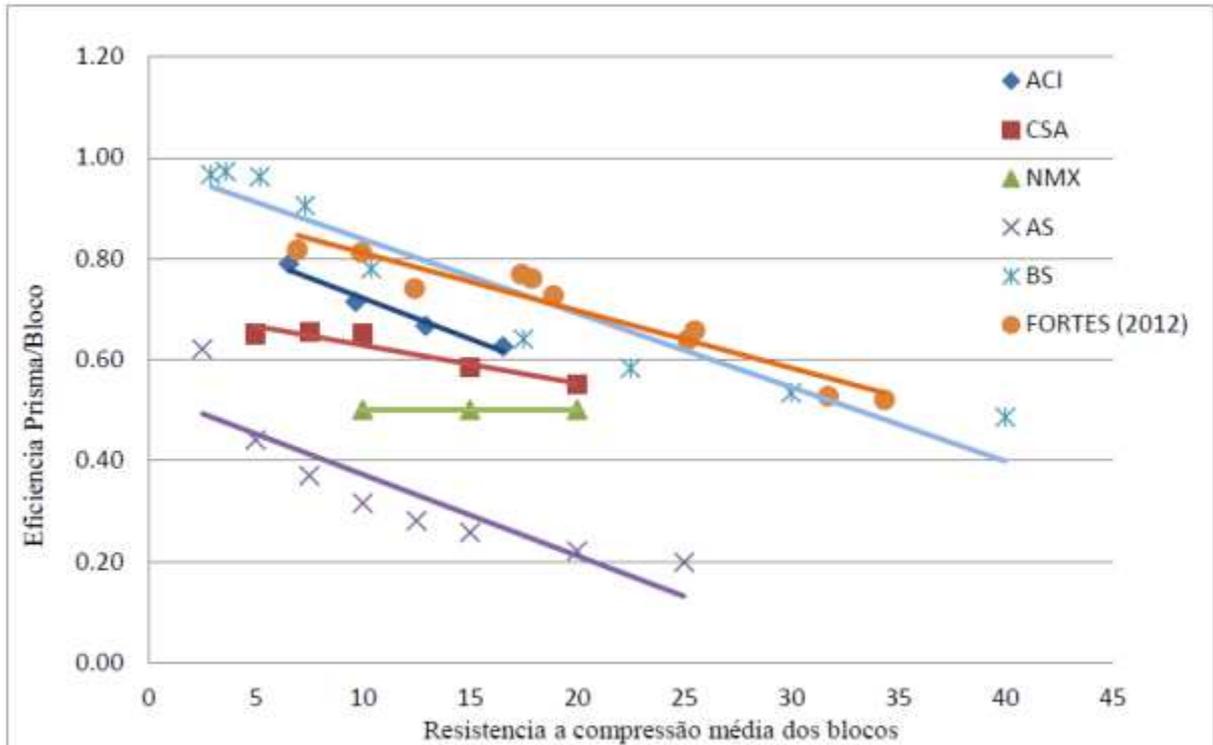
Controle Sistemático: Aquele cuja resistência característica do concreto seja ≥ 16 MPa.

Controle Assistemático: Aquele cuja resistência característica do concreto seja < 16 MPa.

2.5 Relação Prisma/Bloco

A relação entre prisma e blocos é determinada pela divisão do valor da resistência característica do prisma pelo valor da resistência característica do bloco. É um determinante para verificar a eficiência do conjunto que varia de acordo com a resistência do bloco e também da argamassa. Fortes (2013) comparou essa eficiência para blocos de concreto em seu trabalho com normas internacionais que é mostrado na Figura 28.

Figura 28: Gráfico de relações de eficiência prismas/bloco (normalizações)



Fonte: Fortes (2013)

Essa correlação entre prisma e bloco, define qual o tipo de controle que deve ser estabelecido durante o processo de construção de uma edificação, e se será possível somente a realização de ensaios de blocos, que no caso se torna mais rápido, fácil e mais barato do que em casos onde o controle deve ser feito através de ensaio de argamassa, graute e prismas além do ensaio de blocos.

A caracterização prévia dos materiais é feita com ensaios que determinam a resistência como visto anteriormente deve ser realizada antes do início da obra de acordo com Tabela 6:

Tabela 6: Número mínimo de corpos-de-prova por tipo de elemento de alvenaria.

TIPO DE ELEMENTO DE ALVENARIA	NÚMERO DE CORPOS DE PROVA
Prisma	12
Pequena parede	6
Parede	3

Fonte: Adaptado de NBR 15961-2:2011.

2.6 Ensaios Realizados para verificar a relação prisma/bloco.

Alguns estudos experimentais realizados no laboratório de sistemas estruturais (LSE) com o intuito de avaliar o desempenho de conjuntos formado por blocos cerâmicos, de concreto e solo cimento com argamassa tradicional (dosada em obra) e argamassa industrializada consegue mostrar, como já é comprovada, a eficiência prisma/bloco, varia de acordo com a resistência dos blocos e da argamassa utilizada e também de acordo com a espessura da junta. Foram realizados ensaios de blocos e prismas como é mostrado na Figura 29 e Figura 30:

Figura 29: Ensaio de blocos de vedação, concreto e cerâmico.



Fonte: O autor

Figura 30: Montagem dos prismas com argamassa industrializada.



Fonte: O Autor

O resultado dos ensaios obtidos com prismas de junta fina utilizando argamassa industrializada é mostrado na tabela a seguir:

Tabela 7: Relação prisma/bloco argamassa industrializada.

Tipo de elemento	f_{bk} (MPa)	f_{pk} (MPa)	Relação Prisma/Bloco
Cerâmico - Furo vertical	10,08	3,93	0,39
Concreto - vedação	7,61	6,92	0,91
Concreto - Estrutural	14,91	10,87	0,73
Cerâmico - Furo horizontal	0,41	0,33	0,8

Fonte: O autor

Tabela 8: Relação prisma/bloco argamassa tradicional.

Tipo de elemento	f_{bk} (MPa)	f_{pk} (MPa)	Relação Prisma/Bloco
Cerâmico - Furo vertical	10,08	4,17	0,41
Concreto - vedação	7,61	6,28	0,82
Concreto - Estrutural	14,91	9,35	0,62
Cerâmico - Furo horizontal	0,41	0,25	0,61

Fonte: O autor

Para todos os casos procurou-se manter a resistência média da argamassa em torno de 70% da resistência característica dos blocos ensaiados.

2.7 Tipos de controle de obra em alvenaria estrutural.

Têm-se dois tipos de obra em alvenaria estrutural, o de menor exigência estrutural o qual somente se realiza a caracterização antes do início da obra, esse tipo de obra, são as que atendem aos seguintes itens:

- f_{bk} é maior ou igual a 2,86 vezes o f_{pk} estipulado no projeto;
- f_{pk} determinada no projeto seja menor ou igual a 15% f_{bk} para os blocos cerâmicos 35% para os blocos de concreto;
- f_{pk} estimado seja igual a o dobro do f_{pk} de projeto.
- Se não for especificado em projeto nenhum grauteamento dos furos que serve para aumentar à resistência a compressão da alvenaria.

Caso a obra não atenda aos requisitos listados acima, ela é considerada uma obra de maior exigência estrutural e deve-se obrigatoriamente controlar, recebimento dos blocos, produção de argamassa e graute, assim como a produção da alvenaria.

Pode-se verificar que quando a obra é considerada de maior exigência estrutural necessita-se controlar alvenaria, porém os ensaios se tornam difíceis devido à quantidade que deve ser preparada. No entanto, existe controle diferenciado para alvenaria estrutural, que são o controle padrão e o controle otimizado.

No controle padrão, cada pavimento é tido como um lote, e o número de amostra deve ser de 12 unidades de prismas, onde 6 unidades são ensaiadas 28 dias após a montagem dos prismas

e, 6 retidas para futura contraprova caso seja necessário. Porém, se o empreendimento tiver, por exemplo, 4 torres de 8 andares e for do mesmo tipo, no controle padrão tem-se 32 lotes onde deverá ser executado o ensaio de 12 amostra para cada lote, totalizando 384 prismas tendo a mesma quantidade para contraprova. Com isso é visto que é uma grande quantidade de amostras a serem ensaiadas.

A outra forma, é o controle otimizado, que é feito em função do tipo de empreendimento, que pode ser feito em edificação isolada e conjunto de edificações iguais. E para isso devem atender aos seguintes itens:

- Parte de um único empreendimento;
- Mesmo projetista estrutural;
- Mesmas resistências de projeto;
- Mesmos materiais e procedimentos para a execução.

Esse tipo de controle é executado da seguinte maneira:

- ✓ Primeiro lote deve ser sempre de 12 amostras de prismas;
- ✓ Com o resultado calcula-se o coeficiente de variação;
- ✓ A cada novo lote recalcula-se esse coeficiente;

Com o valor recalculado as próximas amostras serão feitas de acordo com a Tabela 9:

Tabela 9: Número mínimo de prismas a serem ensaiados (redução de acordo com a probabilidade de ruína).

Condição	Coeficiente de Variação dos Prismas	$f_{pk,projeto}/f_{pk,estimado}^4$			
		$\leq 0,35$	$>0,35 \leq 0,5$	$>0,5 \leq 0,75$	$>0,75$
A	$>15\%$	6	6	6	6
B	$<10\%$ e $\geq 15\%$	0	2	4	6
C	$<10\%$	0	0	0	0

Pelo menos uma das edificações, como sugestão a primeira, deve seguir o controle padrão, mínimo 12 prismas por pavimento (6 para ensaio e 6 para contraprova), e os pavimento das demais edificações seguem a Tabela 9.

Exemplo de Plano de Controle – Bloco de Concreto

Como exemplo de plano de controle para bloco de concreto, ilustremos um caso de um edifício de oito pavimentos, onde o pavimento-tipo tem 300 m² em planta. Serão

⁴ $f_{pk,est}$ é igual o f_{pk} calculado antes do início da obra e se o f_{bk} for maior ou igual a 12MPa considerar no mínimo a condição B.

considerados aproximadamente 7.500 blocos da família 14x39 por pavimento. A argamassa será padronizada com 6,0 MPa para o prédio inteiro. Serão analisados dois casos. Um com fabricante que produz 10.000 blocos por dia e outro com fabricante que produz 40.000 blocos/dia.

Os materiais especificados para a construção do edifício são:

- Térreo, 1º e 2º pavimento:

$$f_{bk} = 8 \text{ MPa};$$
$$f_{pk} = 6,4 \text{ MPa (oco) e } 11,2 \text{ MPa (cheio)};$$
$$f_a = 6 \text{ MPa, (argamassa A1)};$$
$$f_{gk} = 20 \text{ MPa (graute G2)};$$

- 3º e 4º pavimento:

$$f_{bk} = 6 \text{ MPa};$$
$$f_{pk} = 4,8 \text{ MPa (oco) e } 8,4 \text{ MPa (cheio)};$$
$$f_a = 6 \text{ MPa, (argamassa A1)};$$
$$f_{gk} = 20 \text{ MPa (graute G2)}.$$

- 5º, 6º, 7º e 8º pavimento:

$$f_{bk} = 4 \text{ MPa};$$
$$f_{pk} = 3,2 \text{ MPa (oco) e } 6,4 \text{ MPa (cheio)};$$
$$f_a = 6 \text{ MPa, (argamassa A1)};$$
$$f_{gk} = 15 \text{ MPa (graute G1)}.$$

1. Caracterização Prévia (ensaios podem ser dispensados caso já tenham sido realizados a menos de 6 meses com os mesmos materiais):

Realizar ensaio de resistência à compressão:

- 6 corpos-de-prova para cada graute (G1 e G2) - ABNT NBR 5738 (Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos e NBR 5739 (Ensaio à compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto);
- 6 corpos-de-prova para argamassa (A1) – ABNT NBR 13279 ou NBR 15961-2/Anexo D;
- 6 corpos-de-prova para cada bloco $f_{bk} = 4, 6 \text{ e } 8 \text{ Mpa}$ – ABNT NBR 12118.

Para cada combinação a seguir, 12 corpos-de-prova de prisma (oco e cheio), conforme ABNT NBR 15961-2:

$$f_{bk} = 8 \text{ MPa} + \text{A1};$$
$$f_{bk} = 8 \text{ MPa} + \text{A1} + \text{G2};$$
$$f_{bk} = 6 \text{ MPa} + \text{A1};$$
$$f_{bk} = 6 \text{ MPa} + \text{A1} + \text{G2};$$

$$f_{bk} = 4 \text{ MPa} + A1;$$

$$f_{bk} = 4 \text{ MPa} + A1 + G1.$$

2. Controle durante a obra:

Baseado nos dados anteriores cada pavimento será considerado um lote, para o graute, argamassa e prisma. Para cada pavimento, ensaiar:

- 6 corpos-de-prova graute – compressão;
- 6 corpos-de-prova argamassa – compressão;
- 6 corpos-de-prova de prisma oco;
- 6 corpos-de-prova de prisma cheio.

Porém, é necessário guardar a mesma quantidade para contraprova caso seja necessário.

Para os blocos, a definição do lote não está ligada às características da obra, e sim ao fabricante. No caso do fabricante de menor produção, o lote será no máximo, 10.000 blocos. Pode-se imaginar a seguinte situação de entregas (todas as entregas do mesmo lote de fábrica):

- 1ª entrega de 10.000 blocos de 8 MPa;
- 2ª entrega de 5.000 blocos de 8 MPa (totalizando o 1º e 2º andar);
- 3ª entrega de 10.000 blocos de 6 MPa;
- 4ª entrega de 5.000 blocos de 6 MPa (totalizando o 3º e 4º andar);
- 5ª entrega de 10.000 blocos de 4 MPa;
- 6ª entrega de 10.000 blocos de 4 MPa;
- 7ª entrega de 10.000 blocos de 4 MPa (totalizando o 5º ao 8º andar).

Serão definidos 7 lotes, um para cada entrega, com tamanho de amostra variável de 9 ou 11 blocos, conforme o tamanho do lote de 5.000 ou 10.000 bloco respectivamente.

Para o caso do fabricante com maior volume de produção, pode-se imaginar as seguintes entregas:

- 1ª entrega de 15.000 blocos de 8 MPa (totalizando o 1º e 2º andar);
- 2ª entrega de 15.000 blocos de 6 MPa (totalizando o 3º e 4º andar);
- 3ª entrega de 30.000 blocos de 4 MPa (totalizando o 5º ao 8º andar).

Serão definidos 3 lotes, um para cada entrega, com tamanho de amostra variável de 9 ou 11 blocos.

Observou-se com os exemplos que quando o fabricante produz em menor escala, necessita-se de uma maior quantidade de amostras para ensaios durante o controle da obra.

Exemplo de Plano de Controle – Bloco Cerâmico

O plano de controle para uma obra feita com bloco cerâmico será ilustrado usando como exemplo o caso de um edifício de oito pavimentos, onde o pavimento tipo tem 300 m² em planta. Serão considerados aproximadamente 8.500 blocos da família 14x29cm por pavimento.

Os materiais especificados para a construção do edifício são:

- Térreo, 1º e 2º pavimento:

$f_{bk} = 14 \text{ MPa}$;

$f_{pk} = 5,6 \text{ MPa}$ (oco) e $8,9 \text{ MPa}$ (cheio);

$f_a = 11 \text{ MPa}$, (argamassa A3) ;

$f_{gk} = 30 \text{ MPa}$ (graute G3);

- 3º, 4º e 5º pavimento:

$f_{bk} = 10 \text{ MPa}$;

$f_{pk} = 4,5 \text{ MPa}$ (oco) e $7,2 \text{ MPa}$ (cheio);

$f_a = 8 \text{ MPa}$, (argamassa A2) ;

$f_{gk} = 25 \text{ MPa}$ (graute G2);

- 6º, 7º e 8º Pavimento:

$f_{bk} = 6 \text{ MPa}$;

$f_{pk} = 3,0 \text{ MPa}$ (oco) e $4,8 \text{ MPa}$ (cheio);

$f_a = 5 \text{ MPa}$, (argamassa A1) ;

$f_{gk} = 15 \text{ MPa}$ (graute G1);

1. Caracterização Prévia (ensaios podem ser dispensados caso já tenham sido realizados a menos de 6 meses com os mesmos materiais).

Realizar ensaio de resistência a compressão:

- a) 6 cps para cada graute G1, G2 e G3 - ABNT NBR 5738 e NBR 5739;
- b) 6 cps para cada argamassa A1, A2 e A3 – ABNT NBR 13279 ou NBR 15961-2/Anexo D;
- c) 13 cps para cada bloco $f_{bk} = 6, 10$ e 14 MPa – ABNT NBR 15270;
- d) Para cada combinação abaixo, 12 cps de prisma (oco e cheio), conforme ABNT NBR 15812-2.
 - a. $f_{bk} = 14 \text{ MPa} + A3$;
 - b. $f_{bk} = 14 \text{ MPa} + A3 + G3$;
 - c. $f_{bk} = 10 \text{ MPa} + A2$;

- d. $f_{bk} = 10 \text{ MPa} + A2 + G2$;
- e. $f_{bk} = 6 \text{ MPa} + A1$;
- f. $f_{bk} = 6 \text{ MPa} + A1 + G1$.

2. Controle durante a obra.

Baseado nos dados acima cada pavimento será considerado 01 lote, para o graute, argamassa e prisma. Para cada pavimento, ensaiar (guardar a mesma quantidade para contraprova):

- a) 6 cps graute – compressão;
- b) 6 cps argamassa – compressão;
- c) 6 cps de prisma oco;
- d) 6 cps de prisma cheio.

No caso dos blocos como cada pavimento tem 8.500 unidades e o lote máximo é de 20.000 blocos, o lote não pode ser maior que dois pavimentos. Considerando que todos os blocos de cada resistência são entregues ao mesmo tempo, serão considerados:

- 1º e 2º pavimento: 01 lote
- 3º, 4º e 5º pavimento: 02 lotes
- 6º, 7º e 8º pavimento: 02 lotes

Para cada lote separar 26 (13 para prova e 13 para contraprova) blocos, com unidades colhidas aleatoriamente de cada caminhão para ensaios – visual, compressão, dimensional e absorção.

2.8 Normas Internacionais para controle de obras.

De acordo Fortes et al. (2013) que faz comparativo de especificações para controle de obras de alvenaria estrutural de acordo com várias normas internacionais. O tamanho do lote não varia muito entre cada norma, sendo em geral limitado a 500 m² de construção em planta ou aproximadamente um lote por pavimento.

Como se pode perceber no quadro 3, a especificação para controle de graute e argamassa é semelhante entre as normas, exceto pelo número de exemplares de graute e argamassa da norma canadense e menor número de exemplares de graute na norma europeia. No caso de prisma, em todas as normas é permitido controle de bloco apenas (com tabelas conservadoras de relação prisma/bloco disponibilizadas nos textos), exceto a brasileira. Entretanto, deve-se destacar que prédios altos como os feitos no Brasil são raros em outros países, e hoje existem prescrições na NBR 15961-2 que permite a dispensa do ensaio de prisma para pequenas edificações. No quadro 3 pode-se comparar os ensaios realizados pela normas brasileiras com a normas internacionais.

Quadro 3: Comparação com normas internacionais da composição da amostra de argamassa, graute, bloco ou prisma.

Ensaio	Quantidade de ensaios (controle de resistência a compressão)			
	Norma brasileira (ABNT NBR 15961-2)	Norma americana (ASTM C140 e C1314)	Norma canadense (CSA A165.1 e S304)	Norma europeia (EC6 - EN 1052-1 e Eurocode 6)
Argamassa	6 (28 dias)	6 (28 dias)	3 (28 dias)	6 (28 dias)
Graute	6 (28 dias)	3 (28 dias)	2 (28 dias) e 1 (7 dias)	3 (28 dias)
Bloco/Prisma	Prisma	Bloco ou prisma	Bloco ou prisma	Bloco
	Seis (6)	Três (3)	Cinco (5)	Seis (6)
Referência	Característico	Média	Característico	Média

Fonte: O autor

2.8.1. Norma Americana

Para o controle de obra da norma americana, a norma MSJC:2011 (Specification for Masonry Structures), é permitido o ensaio de prisma ou somente ensaio de blocos para o controle e conferência da resistência a compressão da alvenaria, porém, o mais comum é o ensaio de blocos e não o de prismas como é feito aqui no Brasil. Essa norma, divide o controle da alvenaria em três níveis que são os níveis, A, B e C, conforme descrito a seguir:

O controle da alvenaria considerado como sendo nível A, é utilizado somente em casos onde o dimensionamento da alvenaria é feito de forma empírica, como alvenaria que utiliza blocos de vidro por exemplo. A norma americana considera que alvenaria do nível A, não comprometem a segurança estrutural da edificação. Por esse motivo, basta o certificado dos materiais que foram utilizados apresentarem parâmetros que indica conformidade com o caderno de encargos.

Assim como para o nível A, no caso do nível B é exigido o certificado, além disso, recomenda que seja verificada a resistência a compressão da alvenaria especificada, ($f'm$), que é a mesma resistência característica dos prismas que no Brasil é identificado como sendo f_{pk} , essa resistência pode ser obtida através do ensaio de bloco ou de prisma, de acordo com as especificações da norma, antes do início da construção, exceto quando especificamente isentos pela norma.

No caso do nível C, é exigido o certificado dos materiais utilizados na construção que indica a conformidade com o caderno de encargos, também especifica que, seja verificada a resistência à compressão da alvenaria especificada, ($f'm$), de acordo com as recomendações da norma, artigo 1.4 da MSJC: 2011 (*Specification for Masonry Structures*), ou seja, as mesmas exigências do nível B. Antes do início da construção, e durante a execução para cada 465 m² de área de alvenaria construída. Além de ser necessário que seja verificado as proporções das argamassas e do graute como entregues em obra.

Portanto no caso dos níveis B e C, durante a construção, devem ser ensaiados um conjunto de três (3) blocos ou prismas de alvenaria (construídos e ensaiados de acordo com a norma ASTM C 1314 para cada 465 m² de área de parede construída, mas nunca menos do que um conjunto de três prismas de alvenaria para o projeto). Deve-se destacar que o ensaio de prisma não é obrigatório, podendo ser realizado o controle pelo ensaio de bloco, mas o fator utilizado para a relação prisma /bloco é calculado a partir de uma tabela de correlações.

O cálculo da resistência característica na norma americana (f'_m), é dado como sendo 80% da média dos resultados de 3 corpos de prova, que para Parsekian et al (2012) esse valor equivale a um coeficiente de variação da amostra de ensaio de cerca de 12 % para chegar a um valor característico com 95% de certeza.

Segundo Fortes et al (2013), o método da resistência dos blocos é mais fácil de executar e de menor custo, se comparado com ensaios de prismas moldadas nas obras. Contudo o método dos blocos, em função das relações prisma/bloco indicadas pelo MSJC 2011, é conservador e mais ainda para altas resistências à compressão.

2.8.2. Norma Européia.

De acordo com a EN 1052-1 (Norma Europeia - Projeto de estruturas de alvenaria Parte 1: Regras gerais para edifícios - Regras para alvenaria armada e simples) a resistência característica à compressão da alvenaria simples, (f_k), pode ser obtida a partir de ensaios em paredes de alvenaria ou pode ser estabelecida a partir de uma análise de resultados de ensaios baseados na relação entre a resistência característica à compressão da alvenaria simples e a resistência à compressão das unidades de alvenaria (bloco) e da argamassa, para argamassas convencionais.

Portanto, segundo, a EN 1052-1 o controle da resistência à compressão da alvenaria pode ser realizado através de ensaios de paredes de alvenaria ou de ensaios ou das unidades de alvenaria (bloco de concreto - EN 772-1). As unidades de alvenaria devem ser classificadas relativamente ao controle de produção como sendo da Categoria I da Categoria II.

- A Categoria I pode ser considerada quando o fabricante aceitar fornecer um conjunto de unidades de alvenaria com determinada resistência à compressão e quando o fabricante possua um sistema de controle de qualidade, cujos resultados demonstrem que o valor médio da resistência à compressão do conjunto. Quando retiradas amostras de acordo com a parte aplicável da EN 771 para serem testadas de acordo com a EN 772-1 tenha uma probabilidade de não atingir a resistência especificada à compressão não superior a 5%.
- A Categoria II deve ser considerada quando o valor médio da resistência à compressão das unidades de alvenaria estiver de acordo com a parte aplicável da EN 771, mas os requisitos adicionais para a Categoria I não sejam verificados.

Os ensaios de controle de resistência à compressão das unidades de alvenaria são realizados pelos fabricantes dos blocos nas próprias fábricas, de acordo com a norma europeia, e devem fornecer às obras, durante a entrega dos blocos, um certificado de produção de controle dos mesmos.

Portanto em conformidade com a resistência a compressão declarada e determinada pela EN 771-3 as fábricas de bloco, para o controle de resistência a compressão, devem ensaiar pelo menos: três (3) unidades de alvenaria (bloco de concreto) por semana de produção divididos em dias diferentes ou três (3) unidades de alvenaria (bloco de concreto) para cada 1000 m³/máquina ou ainda três (3) unidades de alvenaria (bloco de concreto) por cada 8000 operações por máquina.

Caso as unidades de alvenaria não sejam fornecidas com um certificado de produção que refira a sua resistência e o nível de controle requerido, devem ser retiradas amostras (seis exemplares) em obra de acordo com a EN 771 para serem ensaiadas de acordo com a EN 772-1. Os resultados dos ensaios são especificados em valores médios e na área bruta do bloco.

2.8.3. Norma Canadense

A norma canadense CAN3-S304-M84 - Masonry Design for Buildings (2004) permite para o controle das obras em alvenaria estrutural ensaios de blocos (Método A) e ensaios de prismas (Método B – muito raro). A norma recomenda que devam ser selecionadas e ensaiadas pelo menos cinco unidades de alvenaria (prisma ou bloco), para cada 500 m² de alvenaria ou por andar, para comprovar a resistência a compressão das alvenarias. Se o coeficiente de variação da amostra de cinco unidades for superior a 15 % deve ser ensaiada uma nova amostra de dez (10) unidades. No geral, se opta pela realização de ensaios de blocos para o controle da resistência a compressão em obra. Os ensaios de prismas são muito raros.

3. AVALIAÇÃO DE CASO

Foi realizado um estudo de caso de obras sendo executadas utilizando o sistema construtivo de alvenaria estrutural na cidade de São Carlos, onde essas obras serão chamadas de obra A, B, e C. A qual tem a finalidade de analisar como é feito a inspeção e controle de tais obras, visando a comparação com o que foi estudado até o presente momento e se o que está sendo feito pelas construtoras atendem aos requisitos das normas pertinentes no Brasil.

OBRAS:

OBRA	Localização	Tipo de controle	Número de Pavimentos	Número de torres
A	Vila Celina	Padrão	9	2
B	Centro	Nenhum	9	1
C	Jardim Alvorada	Caracterização Prévia	9	1

OBRA A:

Figura 28: Obra A: Início da construção da 1ª Torre.



Fonte: O autor

Argamassa: dosada na obra;

Sempre a mesma pessoa faz a mistura.

Controle: Traço definido e ensaiado antes do início das obras.

Graute: Adquirido de uma concreteira vem em caminhão betoneira;

Controle: São retirados 2 corpos de prova por caminhão.

Figura 29: Armazenamento dos corpos de prova de graute.



Fonte: O autor

Observa-se que o armazenamento dos moldes mostrados na Figura 29, é feito de forma incorreta, pois o mesmo não deve ficar exposto ao sol e sim coberto com uma película por 24 horas para evitar a perda de água, após passada essas 24 horas o mesmo deve ser armazenado em tanques e ficar submersos.

Prismas: Ocos e Cheios.

6 amostras para ensaio aos 28 dias e 6 amostras de contraprova.

Figura 30: Prismas moldados em obra por um pedreiro.



Fonte: O autor

Blocos:

Para os blocos, assim que chega para descarregar os mesmos do caminhão, o responsável tira 12 exemplares aleatoriamente e se realiza a inspeção visual e a identificação que consta na nota fiscal o f_{bk} ;

Figura 31: Blocos separados por lote.



Fonte: O autor

Separado no canteiro por resistência à compressão;

Existe uma pessoa que cuida somente do recebimento, armazenamento, distribuição para a obra.

Figura 32: Separação por classe e resistência.



Fonte: O autor

OBRA B:

Figura 33: Obra B: Fase de execução da alvenaria



Fonte: O autor

Figura 34: Blocos armazenados na obra.



Fonte: O autor

Os responsáveis pela obra B executam o mesmo tipo de obra, variando alguns materiais, mas concluíram que já tem experiência suficiente para descartar o controle dos materiais, prisms e outros, pois os resultados serão os mesmos que eles já conhecem, portanto não fazem nenhum tipo de controle.

OBRA C:

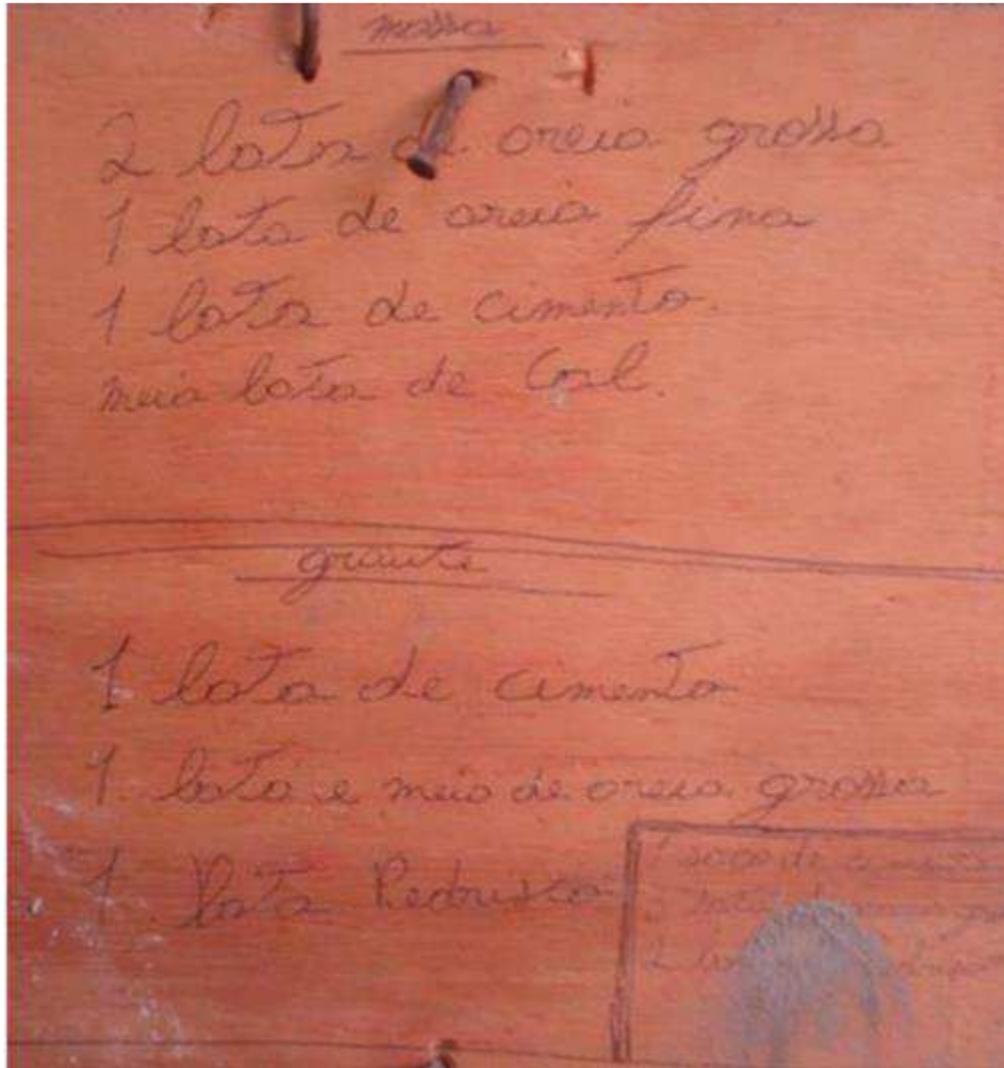
Figura 35: Obra C: Execução da alvenaria.



Fonte: O autor

O controle é feito antes do início da obra onde se faz a caracterização prévia dos materiais e definição dos traços que serão utilizados, varia a pessoa que faz a mistura dependendo da necessidade da obra.

Figura 36: Traço utilizado.



Fonte: O autor

O controle dos blocos não é feito, mas é aceito os dados do fabricante contidos na nota como garantia de que os blocos estão de acordo com o requerido, porém observa-se que o traço é dado em volume utilizando-se de latas para a dosagem o que não é um bom procedimento, pois não se tem um controle rigoroso da quantidade colocada dentro da lata.

Concluiu-se durante o estudo de caso, que as obras analisadas apresentaram falhas no controle, mesmo a obra que mais se aproximou das recomendações da norma. E na maioria dos casos analisados nem sequer esse controle foi feito.

4. CONSIDERAÇÕES E ANÁLISE DE CASOS PARA CÁLCULO DO f_{pk} .

Conforme foi mencionado no capítulo anterior, no Brasil a quantidade de ensaios realizados para o controle das obras em alvenaria estrutural é superior a quantidade feita em outros países. Neste capítulo foi feito uma análise de um estudo que tem por objetivo comparar os resultados e de calcular os valores característicos de amostras de prismas obtidos em ensaios, de forma aleatória, em amostras de 3, 4 e 5 exemplares, comparando esses resultados com resultados obtidos a partir do número de exemplares mais utilizados hoje que é igual a seis. O estudo tem objetivo avaliar o efeito prático de uma eventual redução no número de exemplares da amostra padrão composta por 6 prismas para 5, 4 ou mesmo 3 exemplares.

O estudo tem como base o mesmo procedimento admitido não apenas na norma de controle de obras em alvenaria estrutural de blocos de concreto ABNT NBR 15961-2: 2011 e cerâmicos ABNT NBR 15812-2: 2010, para controle das unidades blocos de concreto (ABNT NBR 6136: 2014) e cerâmicos (ABNT NBR 15270-2:2014), mas também na normalização específica para os parâmetros utilizados no controle das estruturas de concreto (NBR 12655:2015). Em todos os casos, o cálculo de valores de resistência característica é baseado em Jadraque (1971). Esse autor deduziu, ainda no início da década de 70, procedimentos simplificados e considerados seguros para o cálculo do valor característico em amostras com número de exemplares pequeno (menor que 20). A partir de simulações numéricas, o autor conseguiu provar que, uma vez conhecido o coeficiente de variação de uma amostra, o valor característico nunca será menor que o menor resultado multiplicado pelo ponderador que já foi mostrado anteriormente e que esta indicada na Tabela 10 deste trabalho.

Grimm (2002), analisou dados sobre 80 conjuntos de três prismas cada, de onze projetos em oito estados dos EUA. O número de projetos em cada estado foi: quarenta e seis, em Illinois, nove em Oregon, seis no Texas, quatro na Carolina do Norte, dois cada em Nova York e Nevada, e um cada no Novo México e Washington. Quatorze dos 80 conjuntos foram grauteados. Todos os prismas foram testados com idade de pelo menos 28 dias. Os métodos de teste utilizados foram ASTM C1314 e E447.

A média da força especificada para todos os 80 conjuntos foi de 1,43. Nove dos 80 conjuntos tinha resistências à compressão média de mais do que duas vezes a força especificada e um tinha um valor médio de 2,5 vezes o valor especificado. O coeficiente médio de variação da resistência à compressão foi de 6,29% para os 80 conjuntos de prismas, mas os valores que tiveram maior variabilidade, variando de 0,14% a 17,4%.

Doze dos 80 conjuntos tinha um valor médio inferior ao especificada, proporcionando uma taxa de falha de 15%. No entanto, dez desses 80 conjuntos foram de um projeto em que todos menos um, falhou. Se esse projeto for excluído como uma aberração, apenas 3 dos restantes dos 70 conjuntos tinha um valor médio inferior ao especificado, proporcionando uma taxa de falha de apenas 4,3%.

No entanto, uma resistência à compressão média mínima foi calculada para cada um dos 70 conjuntos de prismas para fornecer 95% de confiança que a força média seria igual ou superior à especificada. Onze dos 70 conjuntos não conseguiram cumprir esse critério, proporcionando uma taxa de falha de 15,7%.

A resistência à compressão mínima exigida para prismas de teste de controle de qualidade deve depender racionalmente sobre o número de prismas de teste, do coeficiente de variação em dados de ensaios, força especificada, e nível de confiança da alvenaria, a força será igual ou superior à força especificada. A Figura 37 demonstra a resistência mínima necessária para uma série de coeficiente de variação e para alguns níveis de confiança da alvenaria.

Figura 37: Resistência à compressão média mínima de três prismas.

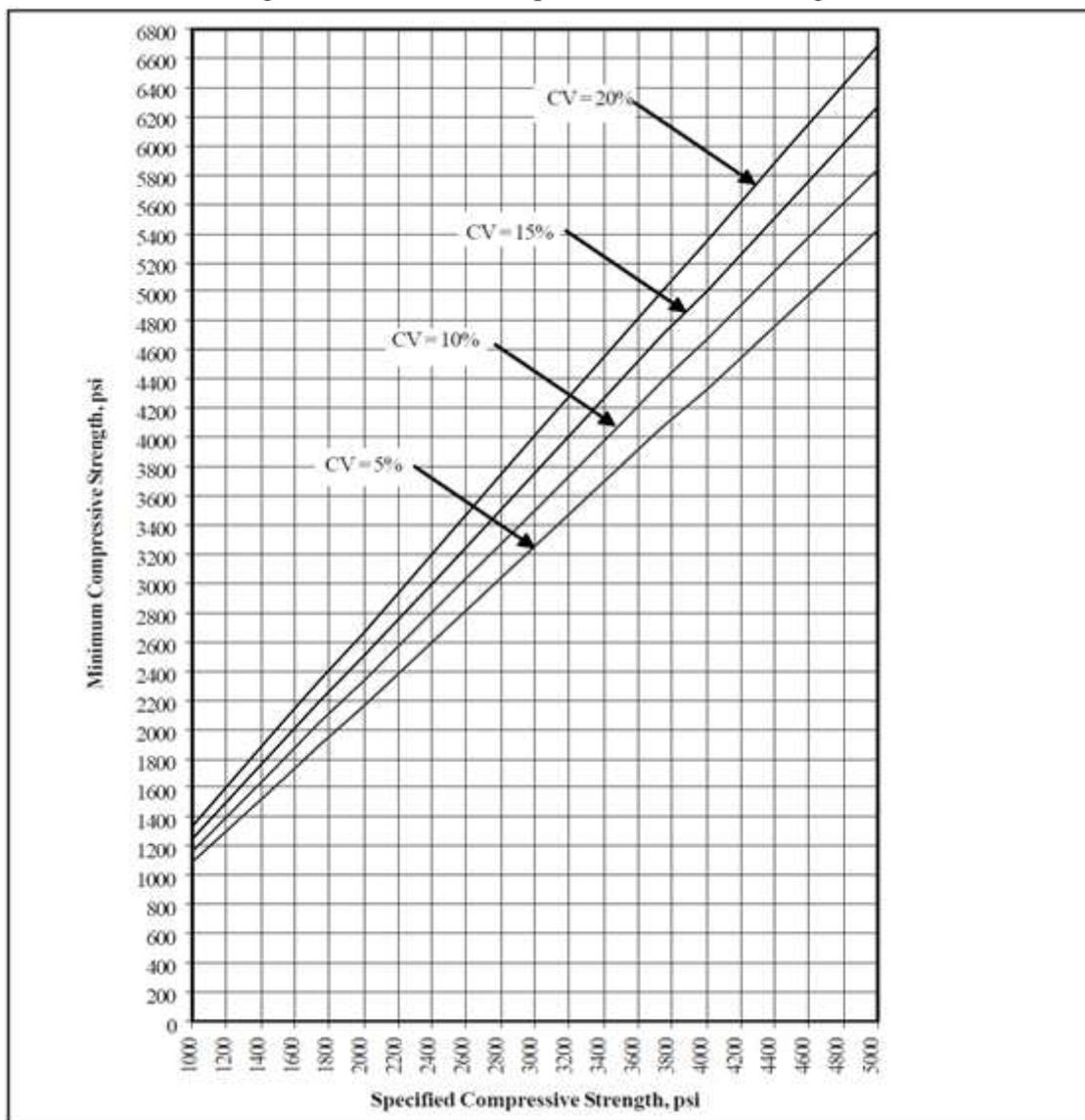
Confidence, % ^a	90				95				99			
	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
Specified Compressive Strength, psi												
1000	1054	1109	1164	1218	1084	1169	1253	1338	1201	1403	1604	1805
1500	1582	1664	1745	1827	1627	1753	1880	2006	1802	2104	2406	2708
2000	2109	2218	2327	2436	2169	2338	2506	2675	2403	2805	3208	3610
2500	2636	2773	2909	3045	2711	2922	3133	3344	3003	3507	4010	4513
3000	3163	3327	3491	3654	3253	3506	3760	4013	3604	4208	4812	5416
3500	3690	3882	4072	4263	3795	4091	4386	4682	4205	4909	5614	6318
4000	4218	4436	4654	4872	4338	4675	5013	5350	4805	5610	6416	7221
4500	4745	4991	5236	5481	4880	5260	5639	6019	5406	6312	7218	8123
5000	5272	5545	5818	6090	5422	5844	6266	6688	6007	7013	8020	9026

^a Confidence that masonry strength will equal or exceed specified strength.

Fonte: Grimm (2002)

Como exemplo, se uma parede existente foi construída de alvenaria com uma resistência à compressão especificada 13,79 MPa e se três prismas cortadas de parede que tem uma resistência à compressão média de (13,79 MPa), com um coeficiente de variação de 6%, então a alvenaria cumpri as especificações. No entanto, há 5% de probabilidade (uma chance em 20) que a força média da alvenaria da parede possa ser inferior a 13,21 MPa, ou 91% da força especificada. A Figura 38 mostra os valores de resistência especificada e a mínima admitida para diferentes coeficientes de variação a um nível de confiança de 95%.

Figura 38 : Resistência especificada x mínima exigida.



Fonte: Grimm (2002).

Portanto, a questão é saber o coeficiente de variação da amostra. Quando não se tem informação, é comum admitir coeficiente de variação elevado, igual a 20%, e calcular o valor característico a partir dessa hipótese. Esse valor de 20% é adotado tanto na ABNT NBR 15961-2:2011 quanto na ABNT NBR 15812-2: 2010 e ABNT NBR 6136: 2014. Já para a norma de estruturas de concreto, a ABNT NBR 12655:2015, admite $CV = 20\%$ quando a forma de preparo é menos controlada (condição de preparo B e C), mas reduz o valor assumido do CV para 15% se a condição de preparo é mais controlada (condição A), conforme detalhado a seguir:

Na condição de preparo A, segundo a NBR 12655: 2015 é aplicável as classes de resistência C10 até C80, onde o cimento e os agregados são medidos em massa e a água é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados.

A condição de preparo B, se aplica às classes C10 até C25, o cimento é medido em massa, a água em volume e os agregados em massa combinado com volume e as classes C10 até C20, o cimento é dosado em massa, água e agregados em volume. Porém se determina a umidade do agregado, e corrigido através da curva de inchamento estabelecida para o material utilizado.

Na condição de preparo C, se aplica às classes C10 e C15, onde o cimento é medido em massa, os agregados em volume e a água é medida em volume e sua quantidade é corrigida de acordo com a estimativa de umidade dos agregados, e determinados através da determinação da consistência do concreto.

A análise feita neste capítulo tem como base vários resultados de ensaios realizados no LSE – UFSCar (São Carlos) de lotes de prismas ocos e prismas cheios de blocos de concreto com dimensões de 140x190x290mm. A quantidade de ensaios analisados corresponde a amostras de 27 lotes contendo 6 prismas ocos e 6 prismas grauteados cada lote, portanto, 162 prismas ocos e 162 prismas grauteados, totalizando 324 prismas. Os blocos de cada amostra também foram ensaiados conforme ABNT NBR 6136: 2014.

O valor característico de uma amostra com 6 a 18 exemplares, admitindo coeficiente de variação de 20% (ABNT 6136: 2014; 15270-3: 2005; 15961-2: 2011; 15812-2: 2010; 12655: 2015) é calculado conforme abaixo:

$$fk1 = 2 * \left(\frac{f1+f2+f3+\dots+fi-1}{i-1} \right) - fi \quad (VI)$$

$$f2 = \Phi * f1, \text{ onde } \Phi \text{ depende da Tabela 10.} \quad (VII)$$

Tabela 10: Valores de Φ em função da quantidade de exemplares

Quantidade de blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
Φ	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Fonte: Adaptado da NBR 6136(2014).

Portanto, não se deve tomar como valor característico, valor menor do que $\Phi \cdot f_{b(1)}$.

De acordo com Jadraque (1971) o valor utilizado para Φ , garante o valor característico com 95% de certeza, dependendo do número de exemplares que é indicado Tabela 11. Pode-se perceber que a coluna com CV = 20% é a que é reproduzida nas normas anteriormente citadas (inclui ainda a coluna de CV = 15%).

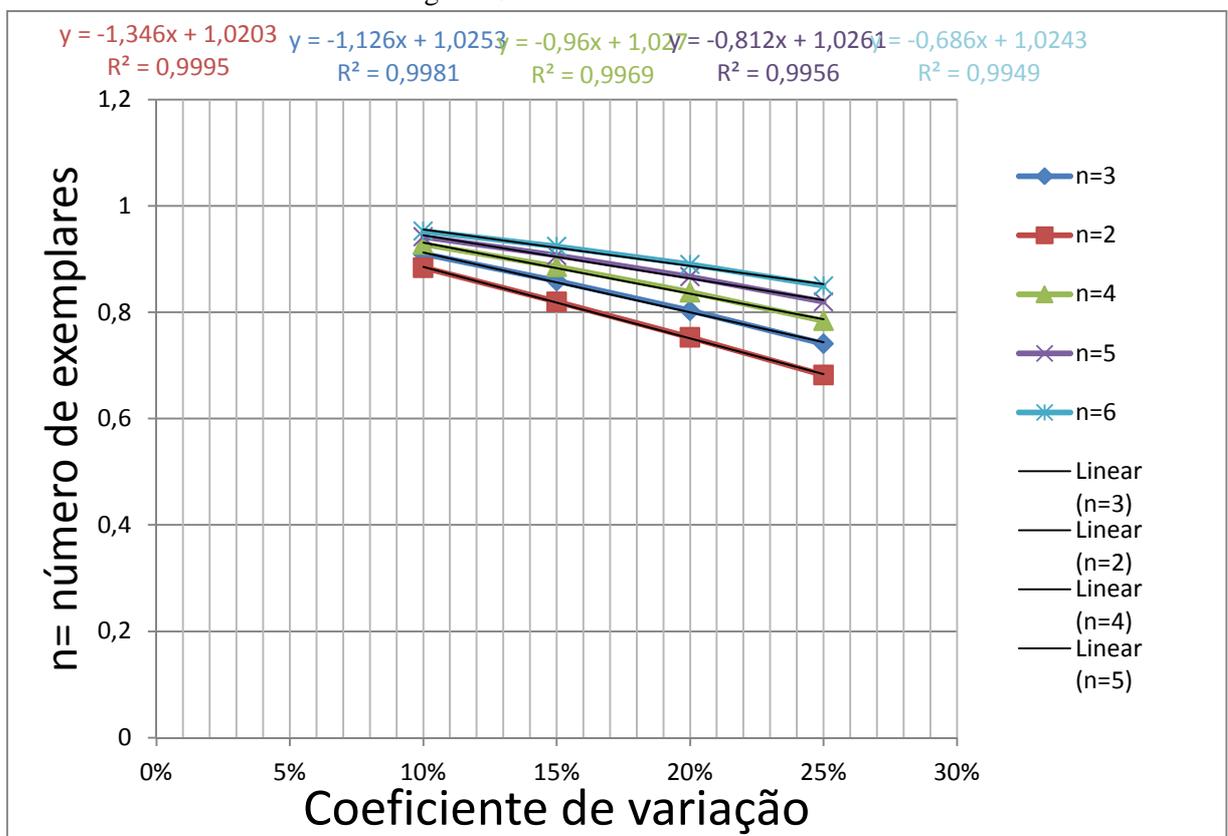
Tabela 11: Valores de Φ de acordo com n e coeficiente de variação.

Tamanho da amostra (n)	Coeficiente de variação			
	10%	15%	20%	25%
2	0,884	0,820	0,753	0,682
3	0,910	0,859	0,803	0,741
4	0,928	0,886	0,838	0,784
5	0,942	0,907	0,867	0,820
6	0,953	0,924	0,890	0,850
7	0,962	0,938	0,910	0,877
8	0,970	0,951	0,928	0,900
10	0,983	0,972	0,958	0,942
12	0,993	0,989	0,984	0,976
14	1,002	1,004	1,005	1,008
16	1,009	1,016	1,024	1,035
18	1,013	1,027	1,041	1,059

Adaptado de Jadraque (1971).

Com base nesses valores, foi construído o gráfico apresentado na Figura 39 e, a partir desse, determinadas equações de regressão linear para o valor de Φ em função de cada n e coeficiente de variação.

Figura 39: Gráfico dos valores de Φ .



Fonte: O autor

De acordo com a Figura 39, a equação que representa o valor de Φ para $n = 3$ exemplares, em função de CV é:

$$\Phi = -1,126 CV + 1,0253 \quad (\text{VIII})$$

A norma ABNT NBR 12655: 2015 que trata do preparo, controle e recebimento do concreto também utiliza esses valores, porém com uma ressalva no modo de preparo do concreto, onde se tem a condição de preparo A, B e C, que considera a forma de controle dos agregados utilizados para a mistura do concreto.

Na condição A o controle da produção é mais rigoroso. Os agregados são medidos em massa, e a medida de água adicionada controlada, a tabela de valores estipulados para Φ , considera um coeficiente de variação de 15%. Já as condições B e C, a dosagem é feita em volume, cuja precisão quantitativa é menor, e os valores de Φ considera um coeficiente de 20%. Quanto maior o coeficiente de variação, menor será o valor de Φ conforme mostra a Tabela 12.

Tabela 12: Valores de Φ para o valor característico do concreto.

Condição de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

Fonte: Adaptado NBR 12655:2015.

Cálculo de f_{pk} a partir de 3, 4, 5 e 6 exemplares, com consideração de CV de 10, 15 e 20%.

Baseado nas indicações anteriormente citadas, neste item são apresentados resultados de cálculo de f_{pk} a partir de Φ e do menor resultado ($f_{pk} = \Phi \times f_{p1}$), com número de exemplares igual a três, quatro, cinco e seis exemplares e coeficientes de variação de 10, 15 e 20%.

Cada amostra havia sido previamente ensaiada para controle de obras pelo LSE/UFSCar. No controle de obras, o resultado de f_{pk} é aquele obtido com $n = 6$ e $CV = 20\%$ seguindo as diretrizes da norma. Portanto, para cada resultado o valor de n original é igual a 6. Na simulação aqui apresentada, quando $n = 3$, são considerados, de forma aleatória, os três primeiros resultados (obtidos na sequência de realização dos ensaios e não no ordenamento crescente dos resultados). O mesmo procedimento foi feito para n igual a 4 e 5 exemplares.

Os prismas foram moldados com blocos de um grande fabricante com resistências variadas onde foi calculado o valor característico do bloco e os resultados obtidos de cada amostra está descrito na Tabela 13.

Tabela 13: Resistência dos blocos utilizados, resultado originais (CV=20%, n = 6)

Construtora	Lote	f_{bk} (MPa)	Coefficiente de Variação (%)
1	1	16,86	21,09
	2	24,24	3,81
	3	18,36	9,97
	4	17,85	11,79
	5	19,12	6,85
	6	18,42	5,17
	7	17,95	8,77
	8	17,24	4,29
	9	14,52	14,76
	10	14,78	9,86
	11	19,45	5,4
	12	15,18	12,62
	13		
	14		
	15	8,38	8,43
	16		
	17		
	18	8,38	8,43
	19		
	20		
	21		
2	22	22,16	4,16
	23	20,89	8,38
	24	19,36	12,33
	25	16,76	14,38
	26	14,04	13,94
	27	15,67	8,5

O resultado dos ensaios de prismas considerando o valor característico calculado pelas diretrizes da norma ABNT NBR 6136: 2014 (CV = 20%, n = 6), podem ser visto na Tabela 14.

Tabela 14: f_{pk} dos prismas calculados segundo a norma.

Lote	Prismas grauteados		Prismas ocos	
	6 CP's		6 CP's	
	f_{pk} , norma	C.V (%) real	f_{pk} , norma	C.V (%) real
Lote 1	20,32	8,06	10,28	13,39
Lote 2	21,34	7,01	12,1	26,26
Lote 3	18,68	8,38	9,73	25,42
Lote 4	21,69	9,26	10,87	10,48
Lote 5	17,09	8,63	12,92	13,35
Lote 6	18,8	13,04	15,34	17,18
Lote 7	18,13	5,22	11,08	12
Lote 8	20,96	5,69	11,72	7,63
Lote 9	12,68	13,35	8,9	6,8
Lote 10	16,3	5,21	7,38	10,13
Lote 11	18,34	8,43	9,05	16
Lote 12	20,77	4,19	7,95	22,65
Lote 13	15,85	7,27	7,53	7,27
Lote 14	15,62	10,16	6,78	8,14
Lote 15	13,68	11,56	8,11	10,66
Lote 16	15,07	13,37	8,38	12,2
Lote 17	9,98	16,46	5,58	15,82
Lote 18	11,84	9,32	5,45	8,92
Lote 19	17,12	12,06	5,55	10,97
Lote 20	14,18	7,66	5,19	6,9
Lote 21	12,29	17,56	6,59	16,15
Lote 22	24,88	6,72	16,68	5,99
Lote 23	28,51	5,78	15,61	7,23
Lote 24	13,15	4,22	22,70	4,61
Lote 25	10,76	16,36	24,20	6,32
Lote 26	8,57	15,95	14,96	13,41
Lote 27	11,06	6,01	15,76	5,55

Tabela 15: Relação prisma/bloco dos ensaios realizados.

Lote	Blocos	Prismas Grauteado		Prisma Oco	
	f_{bk}	f_{pk}^*	Relação f_{pk}^*/f_{bk}	f_{pk}	Relação f_{pk}/f_{bk}
Lote 1	16,86	20,32	1,13	10,28	0,61
Lote 2	24,24	21,34	0,88	12,1	0,5
Lote 3	18,36	18,68	1,02	9,73	0,53
Lote 4	17,85	21,69	1,21	10,87	0,61
Lote 5	19,12	17,09	0,89	12,92	0,68
Lote 6	18,42	18,8	1,02	15,34	0,83
Lote 7	17,95	18,13	1,01	11,08	0,62
Lote 8	17,24	20,96	1,21	11,72	0,68
Lote 9	14,52	12,68	0,87	8,9	0,61
Lote 10	14,78	16,3	1,1	7,38	0,50
Lote 11	19,45	18,34	0,94	9,05	0,47
Lote 12	15,18	20,77	1,37	7,95	0,52
Lote 13		15,85	1,04	7,53	0,50
Lote 14		15,62	1,02	6,78	0,45
Lote 15	8,38	13,68	1,63	8,11	0,97
Lote 16		15,07	1,80	8,38	1,00
Lote 17		9,98	1,19	5,58	0,67
Lote 18		11,84	1,41	5,45	0,65
Lote 19		17,12	2,04	5,55	0,66
Lote 20		14,18	1,69	5,19	0,62
Lote 21		12,29	1,47	6,59	0,79
Lote 22	22,16	24,88	1,13	16,68	0,75
Lote 23	17,51	28,51	1,63	15,61	0,89
Lote 24	19,36	22,70	1,17	13,15	0,68
Lote 25	16,76	24,20	1,44	10,76	0,65
Lote 26	14,04	14,96	1,06	8,57	0,61
Lote 27	15,67	15,76	1,00	11,06	0,71
Média			1,24		0,66

A constante Φ de acordo com o coeficiente de variação, é apresentado na Tabela 16 para os valores de n considerados para 3, 4 e 5 corpos de prova.

Tabela 16: Valores de Φ de acordo com n e coeficiente de variação utilizado nos cálculos.

Tamanho da amostra (n)	Coeficiente de variação		
	0,1	0,15	0,2
3	0,910	0,859	0,803
4	0,928	0,886	0,838
5	0,942	0,907	0,867

Adaptado de Jadraque (1971).

Portanto, os cálculos foram repetidos 9 vezes para cada lote, alternando o número de amostras e também o coeficiente de variação.

4.1. *Análise de resultados para os prismas ocos.*

Com os resultados dos ensaios realizados nos prismas, foram retirados dos resultados das amostras dos lotes cinco valores aleatórios e feito os cálculos para as constantes considerando coeficientes de variação de 10, 15 e 20%.

Para o novo cálculo do valor da resistência característica foi feito da mesma maneira do que é feito para 6 exemplares, porém, foi utilizado um novo valor de Φ correspondente a Tabela 16, esse valor foi multiplicado pelo $f_p(1)$ que corresponde ao menor valor da amostra encontrado durante os ensaios.

Tabela 17: f_{pk} da norma comparado com f_{pk} para $n=5$, $n=4$ e $n=3$ e c.v. =10%, 15% e 20% - Prisma Oco - Construtora 1.

PRISMAS OCOS – Construtora 1														
Lote	6 CP's		5 CP's				4 CP's				3 CP's			
	Fpk, norma (MPa)	C.V (%)	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %
Lote 1	10,28	13,4	10,1	9,74	9,31	13,4	9,96	9,51	8,99	14,6	9,77	9,22	8,62	14,1
Lote 2	12,1	26,3	11,4	10,99	10,5	25,7	11,2	10,7	10,2	29,7	11,7	11,03	10,3	26,4
Lote 3	9,73	25,4	10,91	10,51	10,04	25,4	10,75	10,26	9,71	25,4	10,54	9,95	9,3	25,7
Lote 4	10,87	10,5	11,77	11,34	10,84	10,5	11,6	11,07	10,47	12,1	11,37	10,74	10,04	11,2
Lote 5	12,92	13,4	12,6	12,16	11,6	14,9	12,4	11,9	11,2	12,9	13,5	12,75	11,9	11,1
Lote 6	15,34	17,2	15	14,49	13,8	17,7	14,8	14,2	13,4	17,7	18,4	17,4	16,3	7,32
Lote 7	11,08	12	11,2	10,81	10,3	11,3	11,1	10,06	9,99	11,9	10,8	10,24	9,57	4,91
Lote 8	11,72	7,63	12,2	11,76	11,2	2,25	12,2	11,7	11,1	1,68	12	11,33	10,6	2,01
Lote 9	8,9	6,8	8,94	8,61	8,23	4,86	8,81	8,41	7,96	5,57	9,18	8,67	8,1	3,64
Lote 10	7,38	10,1	7,19	6,93	6,62	11,3	7,09	6,77	6,4	12,6	8,31	7,84	7,33	4,2
Lote 11	9,05	16	8,66	8,34	7,97	17,9	12	11,4	10,8	6,62	11,9	11,2	10,5	7,55
Lote 12	7,95	22,7	8,75	8,42	8,05	19	8,62	8,23	7,78	22	8,45	7,98	7,46	23,6
Lote 13	7,53	7,27	7,78	7,49	7,16	8	7,66	7,32	6,92	7,41	7,52	7,09	6,63	8,15
Lote 14	6,78	8,14	6,98	6,72	6,43	7,3	6,88	6,57	6,21	7,41	6,75	6,37	5,95	7,45
Lote 15	8,11	10,7	7,83	7,54	7,21	11,5	7,71	7,36	6,96	13,1	7,56	7,14	6,67	7,51
Lote 16	8,38	12,2	8,23	7,92	7,57	12,7	8,11	7,74	7,32	12,7	7,95	7,5	7,01	15,5
Lote 17	5,58	15,8	5,34	5,14	4,92	16,5	5,26	5,03	4,75	13	5,16	4,87	4,55	13,9
Lote 18	5,45	8,92	5,15	4,96	4,74	9,85	5,07	4,84	4,58	11,4	4,97	4,7	4,39	12,3
Lote 19	5,55	11	5,87	5,65	5,4	12,1	5,78	5,52	5,22	12,9	5,67	5,35	5	14,7
Lote 20	5,19	6,9	5,26	5,06	4,84	6,9	5,18	4,95	4,68	7,59	5,08	4,8	4,48	9,29
Lote 21	6,59	16,2	6,32	6,08	5,81	18	6,22	5,94	5,62	20,8	6,1	5,76	5,39	25,6

Tabela 18: fpk da norma comparado com fpk para n=5, n=4 e n=3 e cv =10%, 15% e 20% - Prisma Oco - Construtora 2.

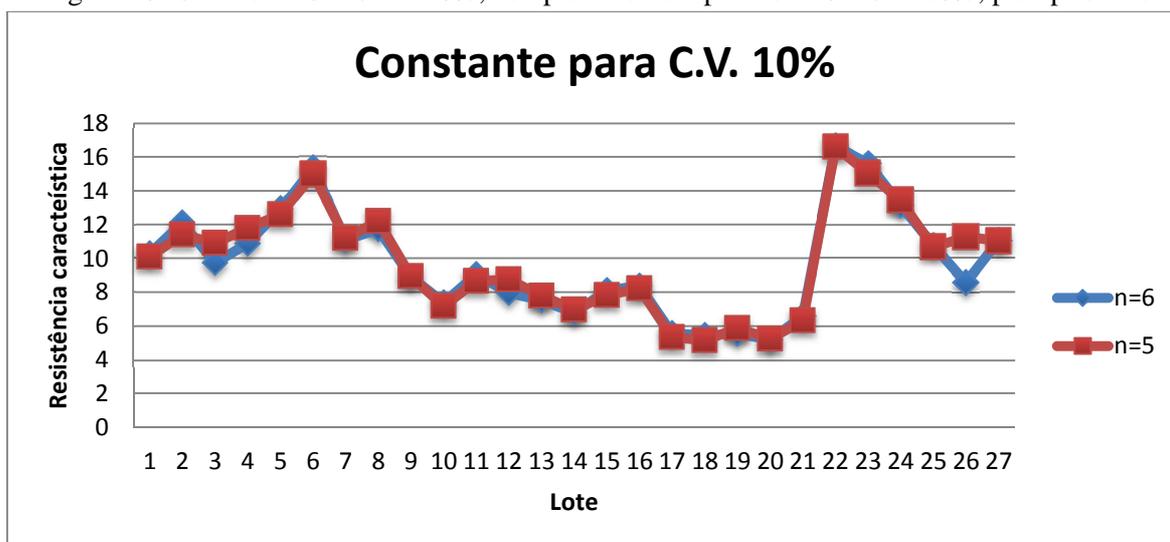
PRISMAS OCOS – Construtora 2														
Lote	6 CP's		5 CP's				4 CP's				3 CP's			
	Fpk, norma (MPa)	C.V (%)	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %
LOTE 22	16,68	5,99	16,6	15,67	14,65	6,69	16,6	15,67	14,65	6,68	17,7	16,7	15,61	4,35
LOTE 23	15,61	7,23	15,06	14,22	13,29	7,86	15,06	14,22	13,29	9,08	16,08	15,18	14,19	7,05
LOTE 24	13,15	4,22	13,45	12,69	11,86	4,54	13,45	12,69	11,86	5,11	13,45	12,69	11,86	3,64
LOTE 25	10,76	16,4	10,66	10,07	9,41	18,3	10,66	10,07	9,41	20	10,73	10,12	9,46	18,9
LOTE 26	8,57	16	11,27	10,64	9,95	7,44	11,71	11,06	10,34	6,53	11,71	11,06	10,34	5,82
LOTE 27	11,06	6,01	11,04	10,42	9,74	3,85	11,04	10,42	9,74	3,86	11,04	10,42	9,74	4,11

4.1.1 Comparação com 5 corpos de provas

Para esse item, o cálculo foi comparado entre o que a norma utiliza para fazer o cálculo da resistência característica e o cálculo com a proposta de redução para 5 exemplares, na qual se variou a constante utilizada fixando a constante de acordo com o coeficiente de variação em 10%, 15% e 20%.

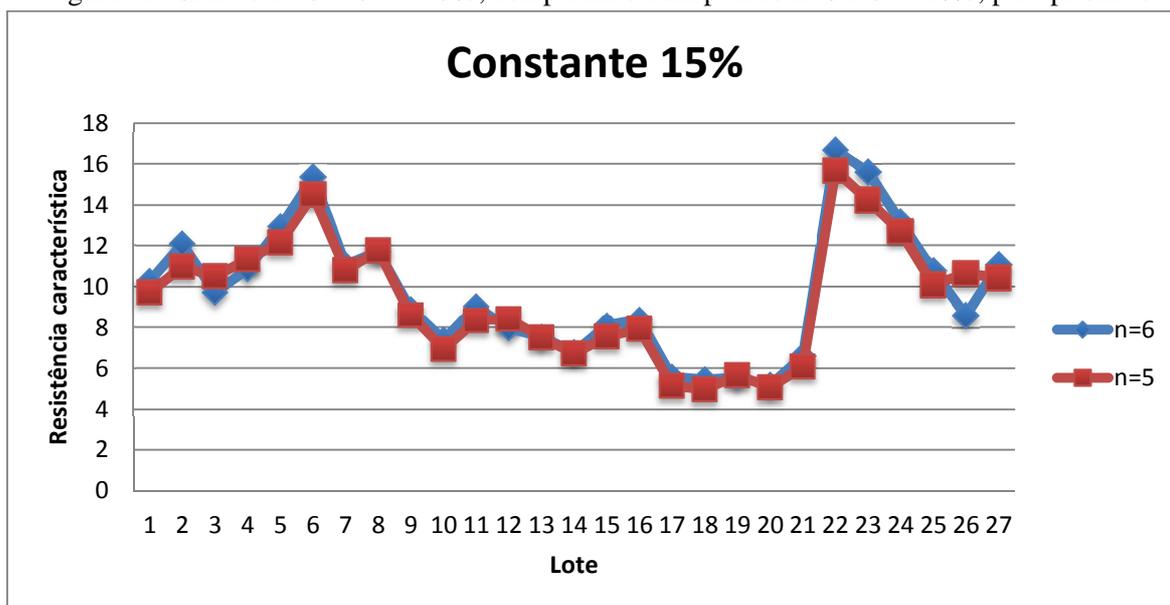
Com isso os valores obtidos para os cálculos considerando o valor do CV de 10% e $n=5$ comparados com o calculado pela norma são mostrados na Figura 40.

Figura 40: Gráfico $n=5$ e $CV = 10\%$, comparando com padrão $n=6$ e $CV=20\%$, para prisma oco.



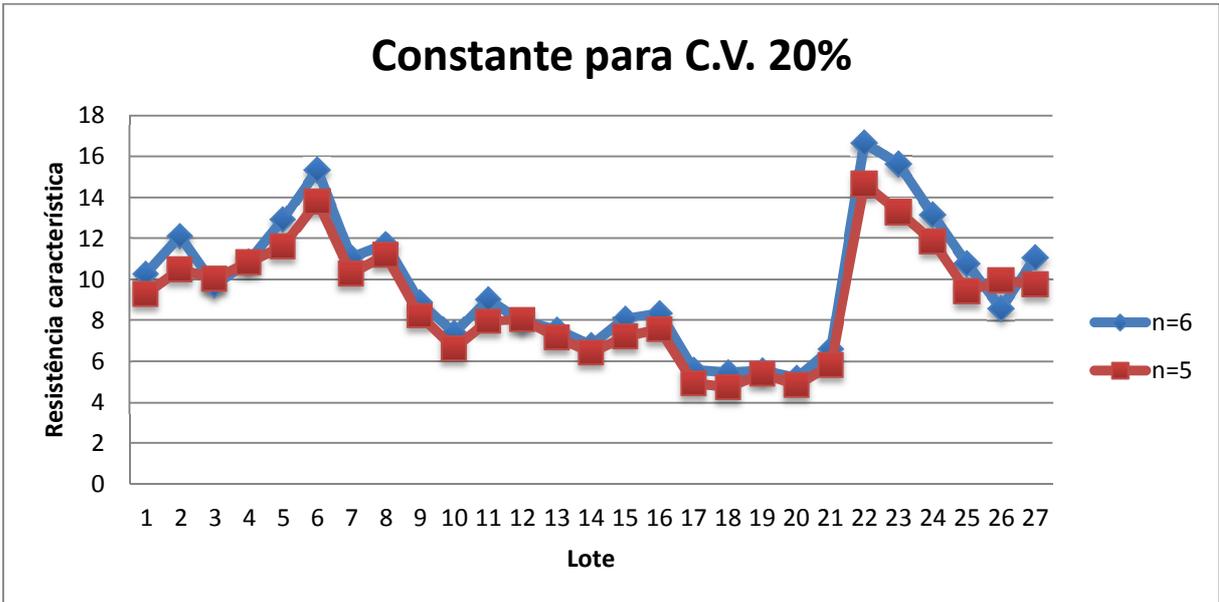
Da mesma forma foi feito o cálculo baseado em um coeficiente de variação de 15%. Os valores comparados obtidos estão mostrados na Figura 41.

Figura 41: Gráfico $n=5$ e $CV = 15\%$, comparando com padrão $n=6$ e $CV=20\%$, para prisma oco.



Os valores comparados obtidos para C.V. de 20% estão descritos na Figura 42.

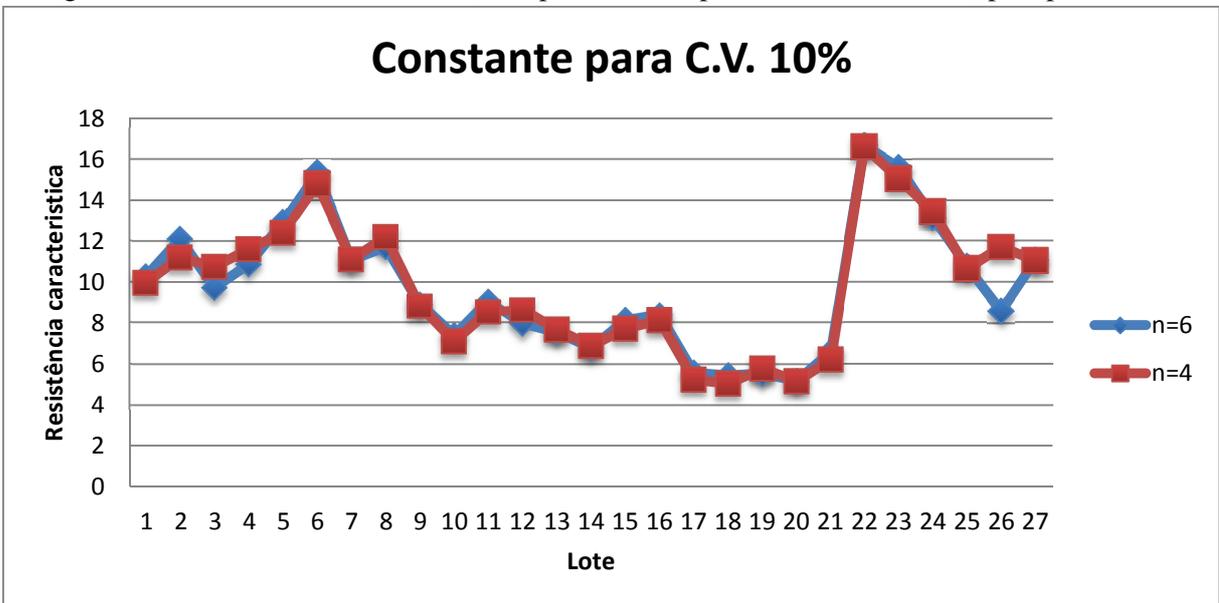
Figura 42: Gráfico n = 5 e CV = 20%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.



4.1.2 Comparação com 4 corpos de provas

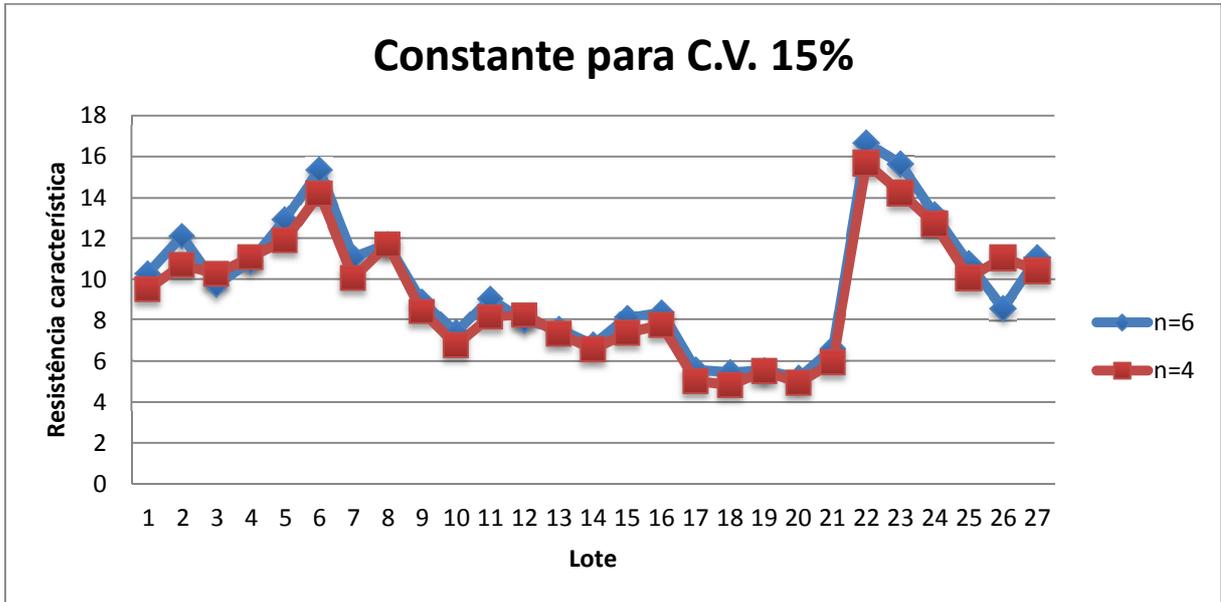
Da mesma forma, porém utilizando o cálculo com 4 corpos de prova e comparando com 6 corpos de prova calculado de acordo com a norma atual, essa comparação é mostrada na Figura 43.

Figura 43: Gráfico n = 4 e CV = 10%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.



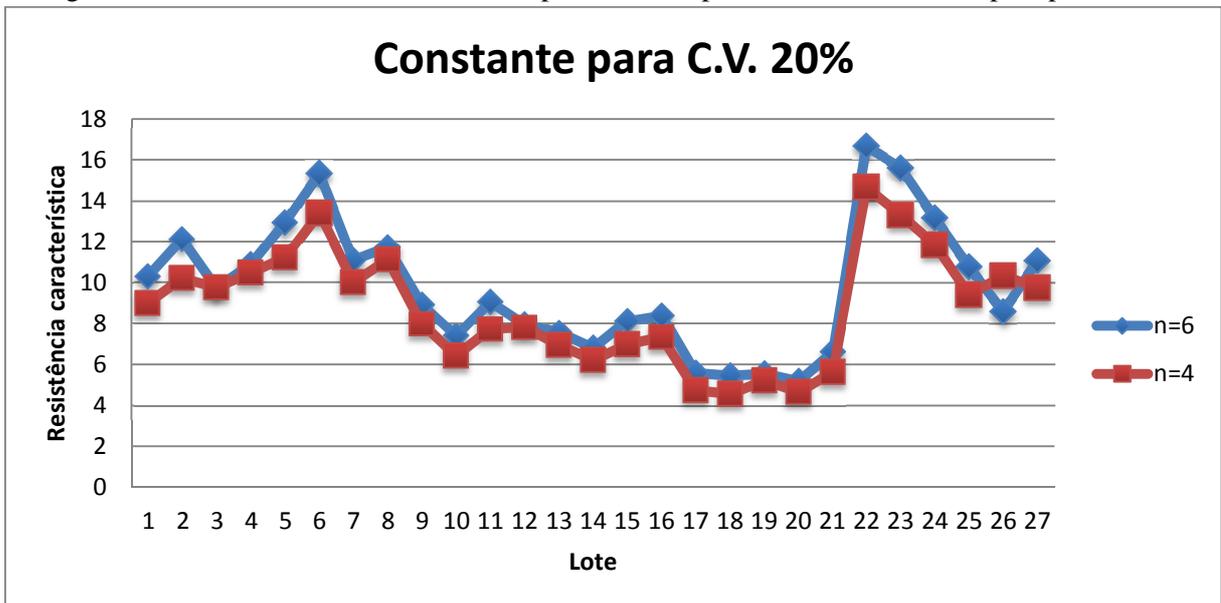
Da mesma forma foi feito o cálculo baseado em um coeficiente de variação de 15%. Os valores obtidos estão mostrados na Figura 44.

Figura 44: Gráfico n =4 e CV = 15%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.



Os valores obtidos para C.V. de 20% podem ser vistos na Figura 45.

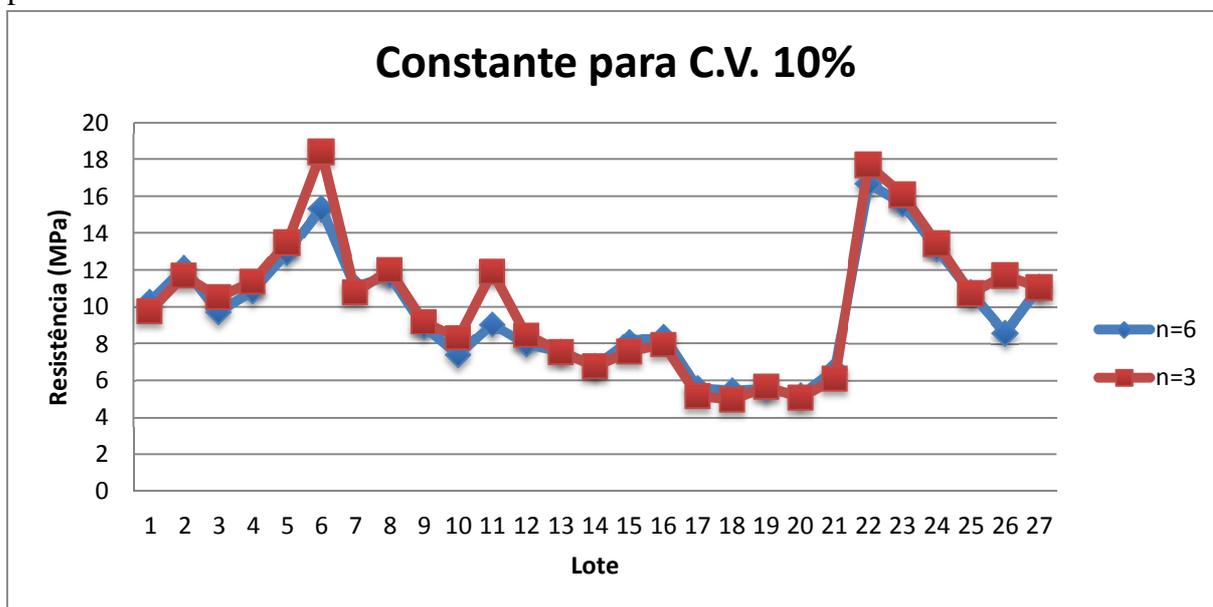
Figura 45: Gráfico n =4 e CV = 20%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.



4.1.3 Comparação com 3 corpos de provas.

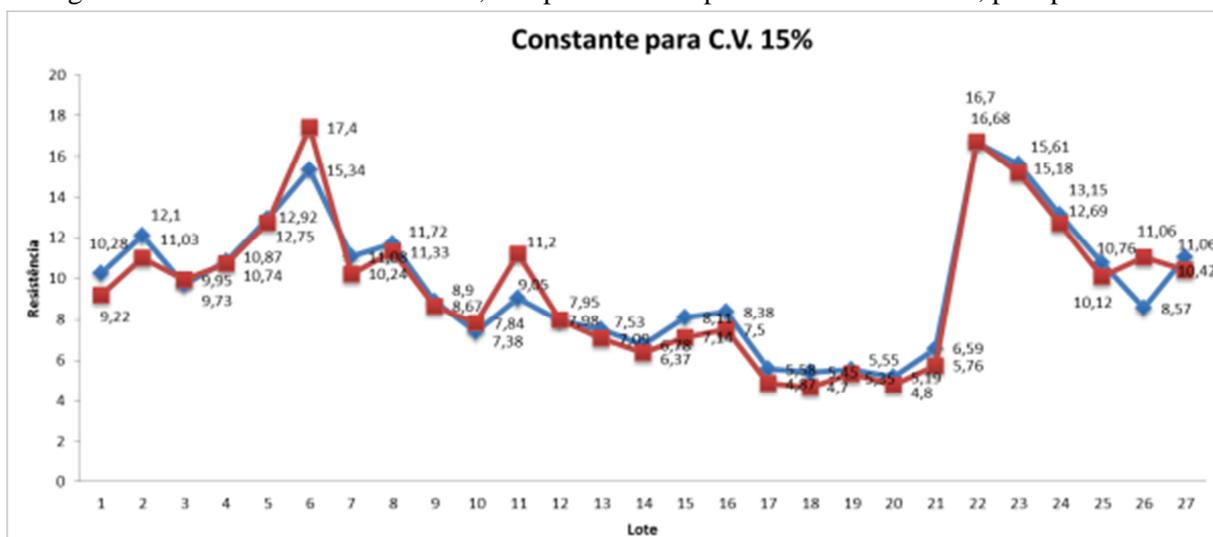
Lembrando que o objetivo do trabalho é tentar a redução para que a amostra seja composta por apenas três exemplares, ao invés dos seis utilizados hoje para o cálculo, as comparações feitas da mesma forma utilizada para a verificação utilizando 5 e 4 corpos de prova, variando o c.v. para 10%, 15% e 20%. A comparação de n=6 e c.v.=20 (norma) comparado com n=3 e c.v.=10 é mostrada na Figura 46.

Figura 46: Gráfico n = 3 e CV = 10%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prisma oco.



Da mesma forma foi realizado o cálculo baseado em um coeficiente de variação de 15% e com isso os valores podem ser vistos na Figura 47.

Figura 47: Gráfico n = 3 e CV = 15%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.

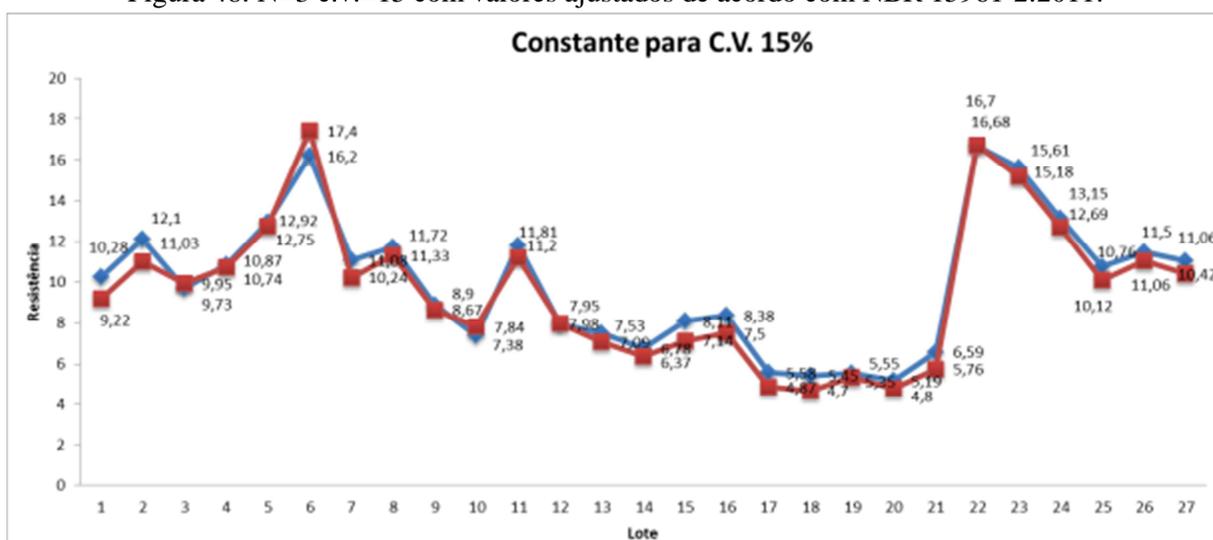


Assim como Grimm (2002) que relata que alguns lotes contém valores discrepantes, caracterizando problemas no ensaios que esses deveriam ser descartados, a mesma hipótese pode ser aqui levantada.

Para a comparação utilizando o número de exemplares igual a três e coeficiente de variação igual a 10% e 15%, os valores correspondente ao lote 6 e ao lote 11, são os que apresentam valores com diferenças mais significativas, isso porque o lote 6, os resultados obtidos dessa amostra através do cálculo efetuado seguindo as diretrizes da norma foi baseado em cinco corpos de prova, já que um exemplar não foi possível realizar o ensaio e os valores

individuais na ordem dos ensaios são em MPa: 22,89; 20,05; 23,19; 15,97; 16,60. Com um coeficiente de variação de 17,18%, portanto, os dois últimos valores deram bem abaixo, fazendo com que a resistência característica fosse baixa. Na prática, o que se faz quando um dos valores é muito mais baixo do que os outros é descartar esse valor, partindo do pressuposto de que ocorreu algum erro de montagem ou execução do ensaio, isso é permitido de acordo com a ABNT NBR 15961-2: 2011, na tabela 2, que permite o cálculo com até 3 exemplares. Com isso, se forem descartados valores que deram muito abaixo em relação aos outros, no caso o valor de 15,97 e 16,60 MPa, a resistência característica seria de 16,20 MPa e c.v. de 7,32%. O mesmo acontece com o lote 11 que tem seus valores individuais de 13,04; 15,17; 14,26; 14,13; 12,89 e 9,19. Portanto na prática, desconsiderando o valor de 9,19 MPa, a resistência característica seria de 11,81 MPa e c.v. de 6,78%, ao invés de 9,05 MPa e c.v. de 16%. A mesma regra, se aplicaria ao lote 26 que tem os resultados individuais de: 14,38; 12,87; 13,23; 14,76; 12,39 e 9,05 e c.v. de 15,95, resultando em um f_{pk} de 8,57 MPa, que descartando o valor de 9,05 MPa, resultaria em um f_{pk} de 11,50 MPa e c.v. de 7,44. Com isso, os valores pode ser visto na Figura 48.

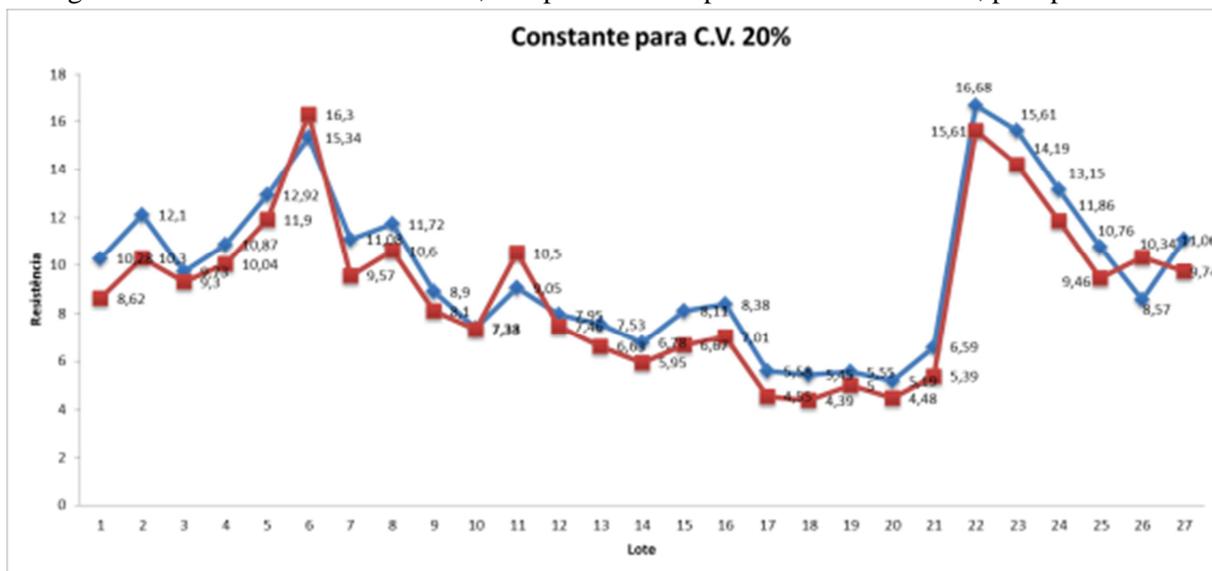
Figura 48: N=3 c.v.=15 com valores ajustados de acordo com NBR 15961-2:2011.



Com isso, pode-se verificar a proximidade dos resultados entre 6 e 3 exemplares para compor uma amostra, porém, na maioria das vezes, estaríamos ainda mais a favor da segurança já que normalmente o valor de f_{pk} calculado para 3 corpos de prova é um pouco abaixo do que o que se utiliza nos dias de hoje.

Com a avaliação para 3 corpo de prova e c.v. de 20 % os resultados obtidos podem ser vistos na Figura 49.

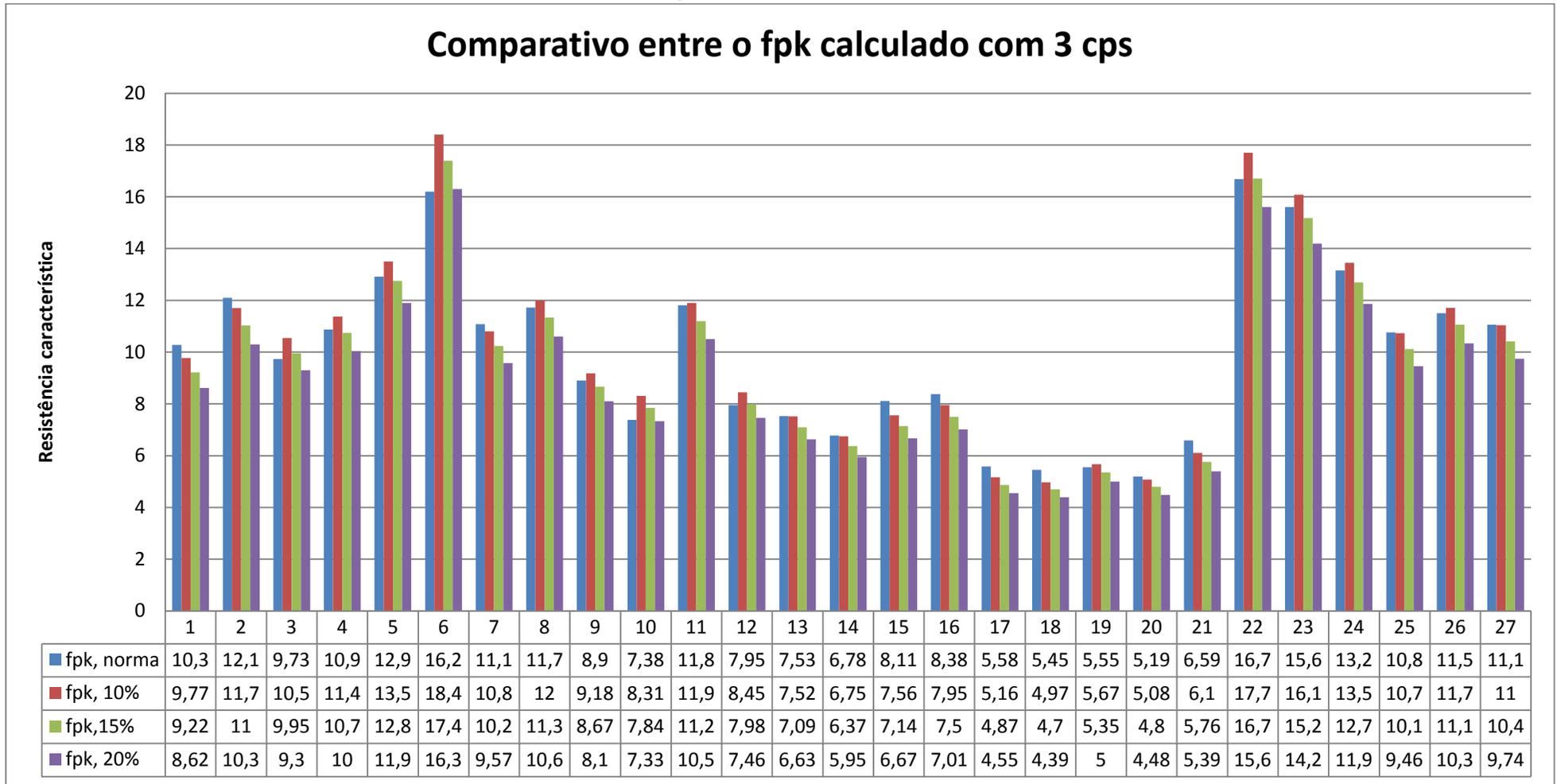
Figura 49: Gráfico n = 3 e CV = 20%, comparando com padrão n=6 e CV=20%, para prisma oco.



Pode-se analisar nesse gráfico, que a constante utilizada considerando um coeficiente variação de 20%, faz com que se chegue a um resultado consideravelmente menor para todos os casos analisados com exceção da comparação referente ao lote 6 que já foi mostrado o motivo acima, embora a favor da segurança este pode não ser viável economicamente.

A figura 50, mostra o resumo das análises realizadas para 3 cp's, quantidade que tem seus valores próximos do que é hoje feito pela norma e o mais indicado pois reduziria pela metade a quantidade de exemplares para compor uma amostra.

Figura 50: Resumo f_{pk} calculado com 3 cp's prisma oco.



4.2. *Análise de resultados para os prismas grauteados.*

Da mesma forma que foi feita para os prismas ocos, também foi analisado os lotes de prismas grauteados, que foram montados com os mesmos blocos. Seguindo os mesmos procedimentos adotados para o ensaio dos prismas ocos, e o grauteamento executado de acordo com as normas técnicas pertinentes para o processo.

A Tabela 19, mostra o resumo dos resultados encontrado para os prismas grauteados da construtora 1, com as variações de $n=6$, $n=5$, $n=4$ e $n=3$ e os coeficientes de variação de 10,15 e 20%, assim como a Tabela 20 mostra os dados da construtora 2.

Tabela 19: fpk da norma comparado com fpk para n=5, n=4 e n=3 e cv =10%, 15% e 20% - Prisma Cheio- Construtora 1.

PRISMAS CHEIO - Construtora														
Lote	6CP's		5 CP's				4 CP's				3 CP's			
	Fpk, norma (MPa)	C.V (%)	Const. 10% (MPa)	Const. 15% (MPa)	Const. 20% (MPa)	C.V %	Const. 10% (MPa)	Const. 15% (MPa)	Const. 20% (MPa)	C.V %	Const. 10% (MPa)	Const. 15% (MPa)	Const. 20% (MPa)	C.V %
Lote 1	20,32	8,06	21,19	20,41	19,51	3,32	20,88	19,93	18,85	3,44	20,47	19,33	18,07	2,31
Lote 2	21,34	7,01	21,8	20,99	20,06	7,2	21,47	20,5	19,39	8,31	21,98	20,74	19,39	7,01
Lote 3	18,68	8,38	19,49	18,77	17,94	8,88	21,27	20,31	19,21	5,52	20,86	19,69	18,41	5,52
Lote 4	21,69	9,26	21,99	21,17	20,24	9,26	21,66	20,68	19,56	9,26	21,24	20,05	18,74	11,16
Lote 5	17,09	8,63	17,1	16,49	15,8	6,32	16,69	16,1	15,2	7,19	16,5	15,62	14,6	4,05
Lote 6	18,8	13,04	19,4	18,68	17,9	12,29	19,1	18,2	17,3	12,97	18,7	17,69	16,5	14,42
Lote 7	18,13	5,22	18,8	18,13	17,3	5,23	19,6	18,7	17,77	3,81	18,5	17,49	16,3	6,25
Lote 8	20,96	5,69	21,5	20,73	19,8	6,36	21,6	20,6	19,5	5,62	21,2	20	18,7	4,31
Lote 9	12,68	13,35	16,3	15,72	15	6,89	16,1	15,4	14,5	7,68	13	12,24	11,4	15,54
Lote 10	16,3	5,21	16,7	16,09	15,4	5,2	17,9	17	16,1	2,62	17,5	16,53	15,5	1,28
Lote 11	18,34	8,43	18,7	18,05	17,3	8,51	18,5	17,6	16,7	9,76	18,7	17,7	16,5	10,28
Lote 12	20,77	4,19	22	21,22	20,3	4,13	21,7	20,7	19,6	4,27	21,3	20,1	18,8	4,91
Lote 13	15,85	7,27	16,7	16,08	15,4	7,27	16,5	15,7	14,9	7,37	16,1	15,23	14,2	3,7
Lote 14	15,62	10,16	15,4	14,82	14,2	10,96	15,2	14,5	13,7	12,45	14,9	14,04	13,1	13,1
Lote 15	13,68	11,56	14,3	13,81	13,2	11,23	14,1	13,5	12,8	12,84	13,9	13,08	12,2	15,14
Lote 16	15,07	13,37	15,9	15,28	14,6	12,79	15,6	14,9	14,1	14	17,6	16,58	15,5	11,43
Lote 17	9,98	16,46	10,4	10,02	9,58	18,42	10,3	9,79	9,26	21,32	12,5	11,82	11,1	15,49
Lote 18	11,84	9,32	12,4	11,97	11,4	10,42	12,2	11,7	11,1	7,63	12	11,34	10,6	8,27
Lote 19	17,12	12,06	17,4	16,76	16	12,05	17,3	16,5	15,6	12	17,4	16,4	15,3	10,97
Lote 20	14,18	7,66	14,7	14,11	13,5	8,13	14,4	13,8	13	9,33	14,4	13,56	12,7	9,25
Lote 21	12,29	17,56	12,7	12,26	11,7	15,99	12,5	12	11,3	19,33	12,3	11,61	10,9	19,33

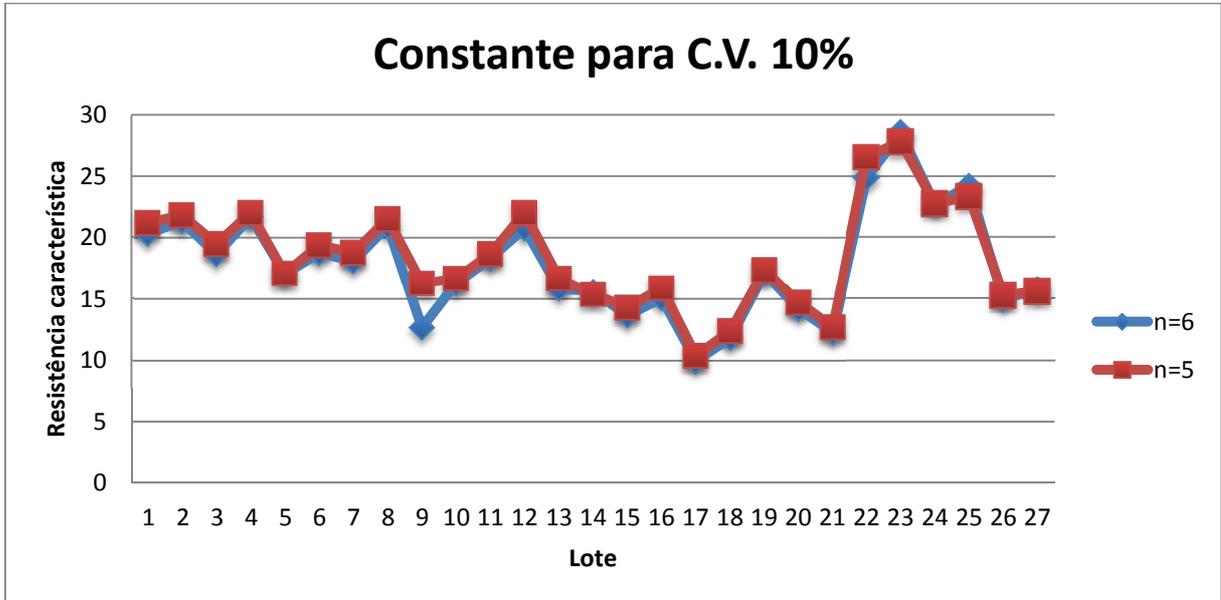
Tabela 20: fpk da norma comparado com fpk para n=5, n=4 e n=3 e cv =10%, 15% e 20% - Prisma Cheio- Construtora 2.

PRISMAS CHEIO														
Lote	6CP's		5 CP's				4 CP's				3 CP's			
	Fpk, norma (MPa)	C.V (%)	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %	Const. 10% (MPA)	Const. 15% (MPA)	Const. 20% (MPA)	C.V %
LOTE 22	24,88	6,72	25,63	24,2	22,62	5,14	25,63	24,2	22,62	3,48	25,63	24,2	22,62	3,79
LOTE 23	28,51	5,78	27,8	26,24	24,53	6,15	27,8	26,24	24,53	7,11	30,86	29,13	27,23	3,95
LOTE 24	22,7	4,61	22,78	21,5	20,1	4,61	22,78	21,5	20,1	5,32	23,72	22,39	20,93	3,93
LOTE 25	24,2	6,32	23,35	22,04	20,6	6,04	25,19	23,78	22,23	4,13	25,19	23,78	22,23	2,36
LOTE 26	14,96	13,41	15,3	14,44	13,5	14,68	15,3	14,44	13,5	16,23	16,57	15,64	14,62	13,3
LOTE 27	15,76	5,55	15,61	14,73	13,77	6,19	15,61	14,73	13,77	6,12	15,61	14,73	13,77	7,28

4.2.1 Comparação com 5 corpos de provas.

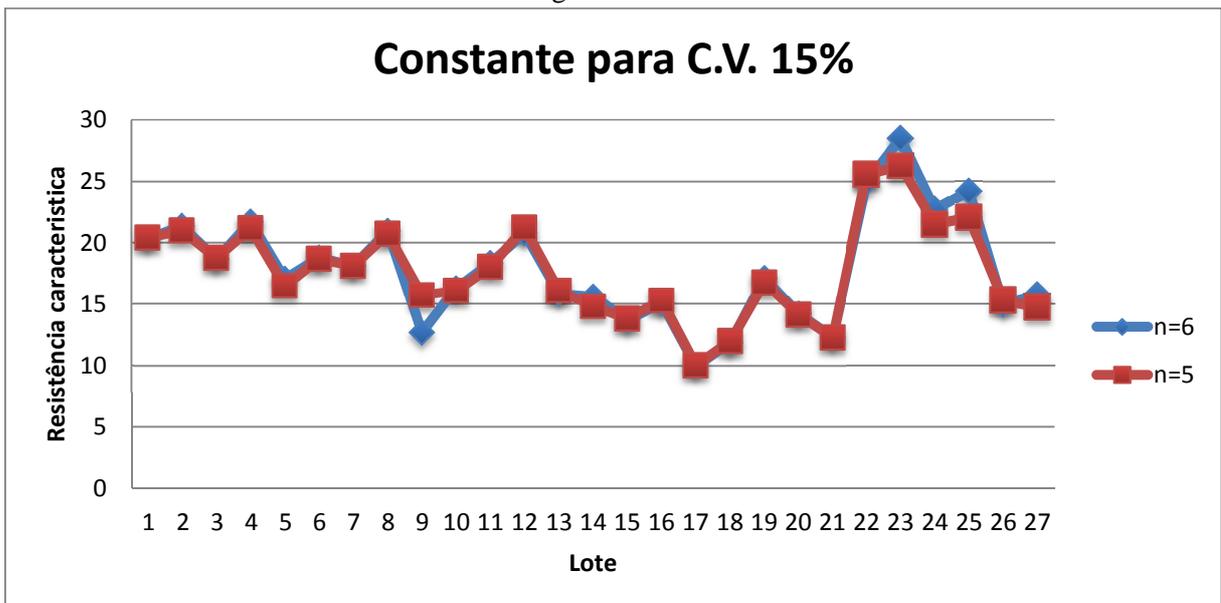
A comparação dos prismas grauteados, utilizando $n=5$ e $c.v.=10\%$, pode ser visto na Figura 51.

Figura 51: Gráfico $n = 5$ e $CV = 10\%$, comparando com padrão $n = 6$ e $CV = 20\%$, para prismas grauteado.



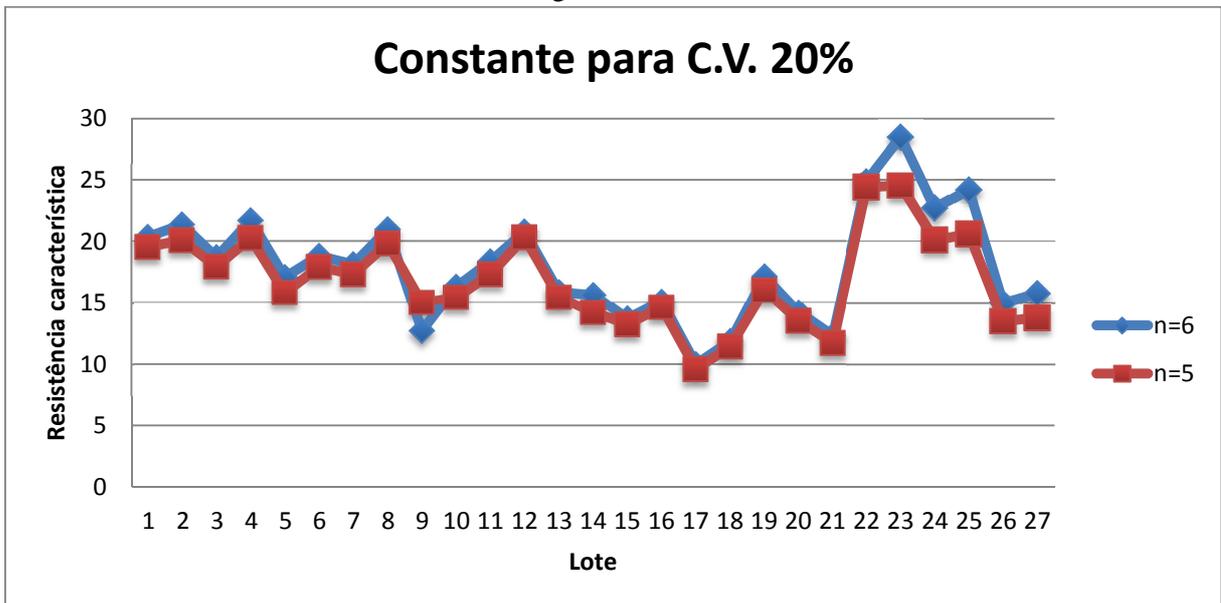
Da mesma forma foi feito o cálculo baseado em um coeficiente de variação de 15% e com isso os valores obtidos estão mostrados na Figura 52.

Figura 52: Gráfico $n = 5$ e $CV = 15\%$, comparando com padrão $n = 6$ e $CV = 20\%$, para prismas grauteado.



Os valores obtidos para C.V. de 20% são mostrados na Figura 53:

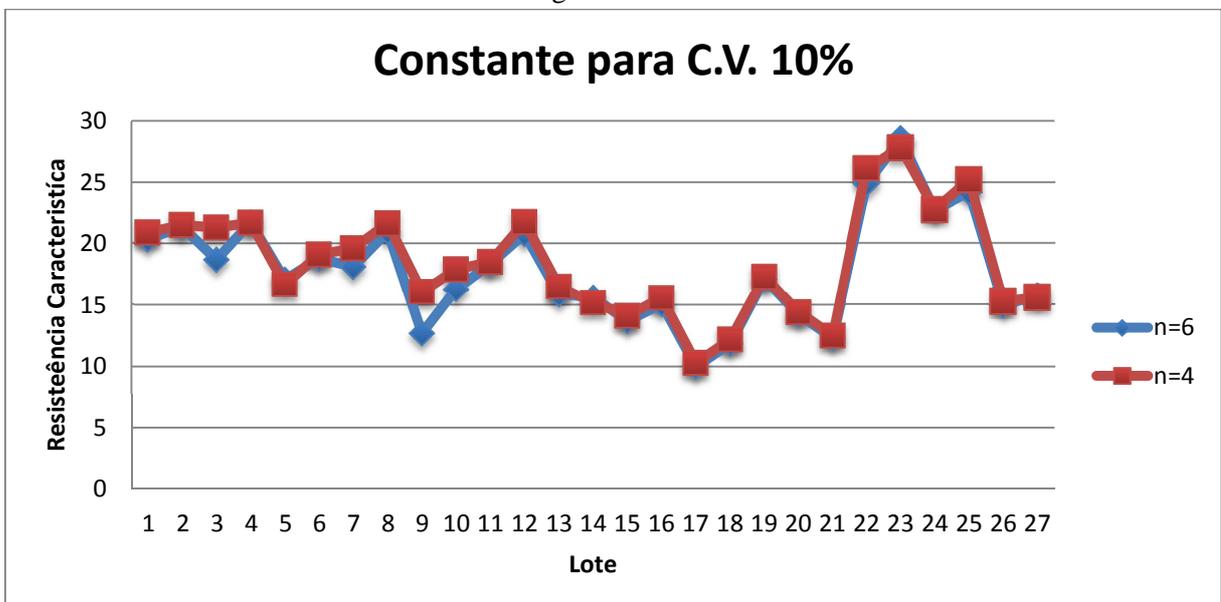
Figura 53: Gráfico n = 5 e CV = 20%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.



4.2.2 Comparação com 4 corpos de provas.

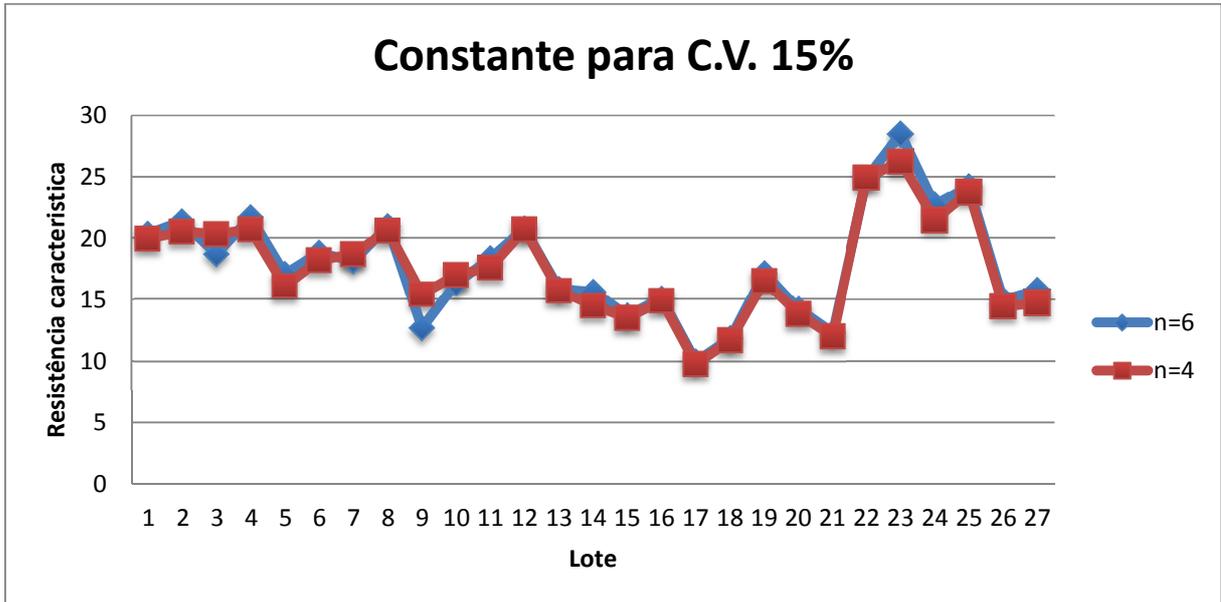
Fazendo as comparações, utilizando agora 4 corpos de prova temos a comparação para c.v.=10% pode ser visto na Figura 54:

Figura 54: Gráfico n = 4 e CV = 10%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.



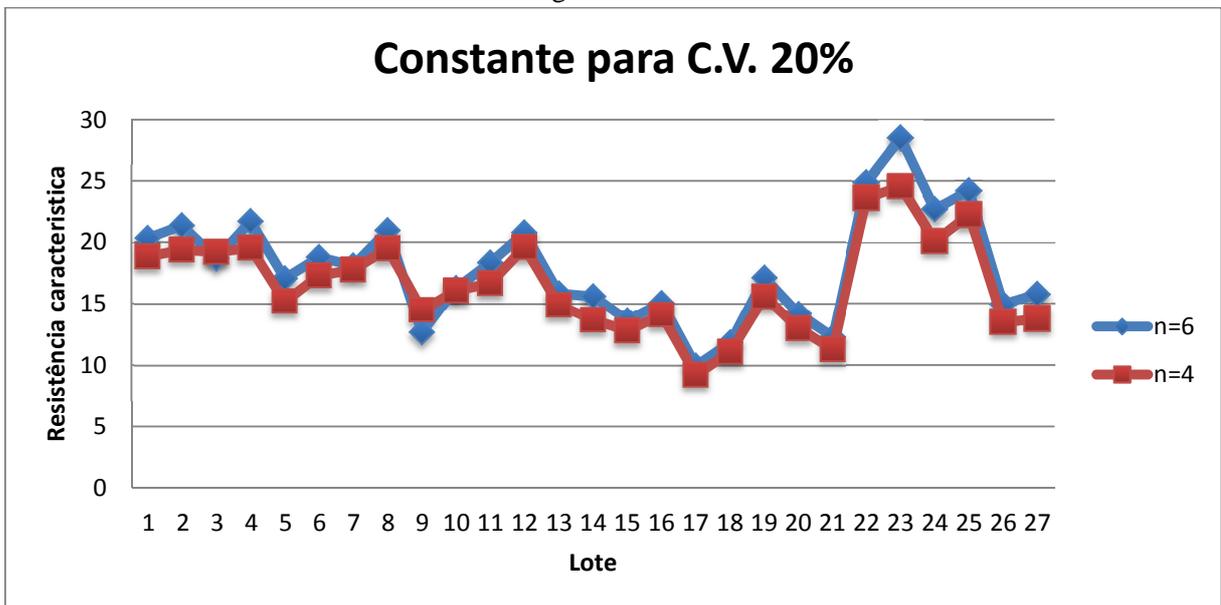
Da mesma forma foi feito o cálculo baseado em um coeficiente de variação de 15% e com isso os valores obtidos estão demonstrados na Figura 55.

Figura 55: Gráfico n = 4 e CV = 15%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.



Os valores obtidos para C.V. de 20% estão mostrados na Figura 56.

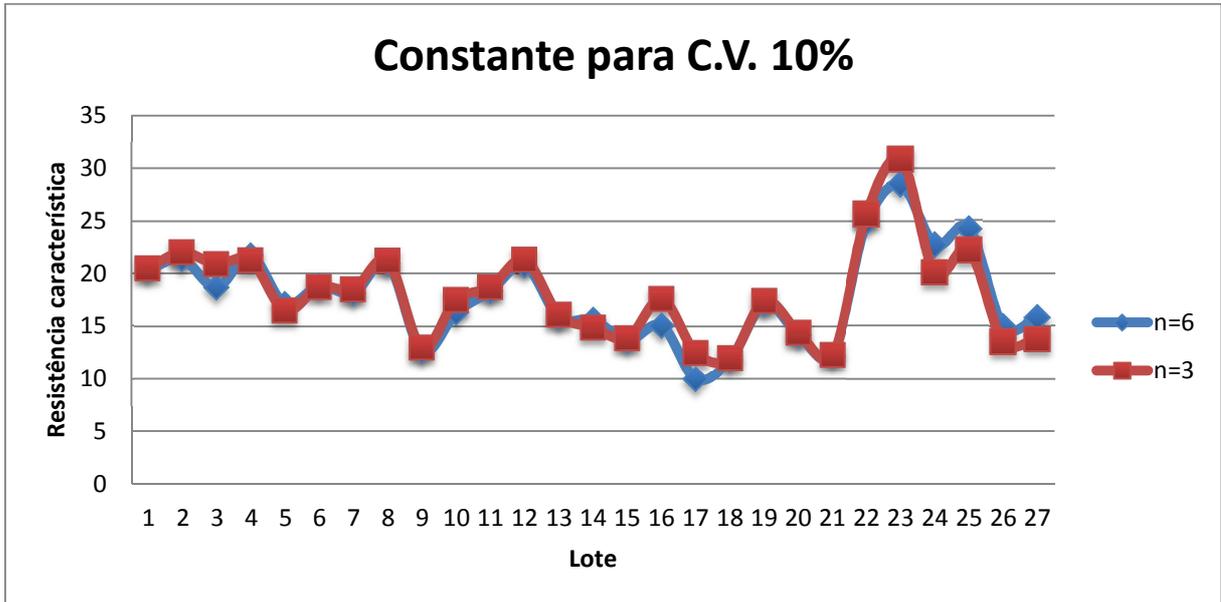
Figura 56: Gráfico n = 4 e CV = 20%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.



4.2.3 Comparação com 3 corpos de provas.

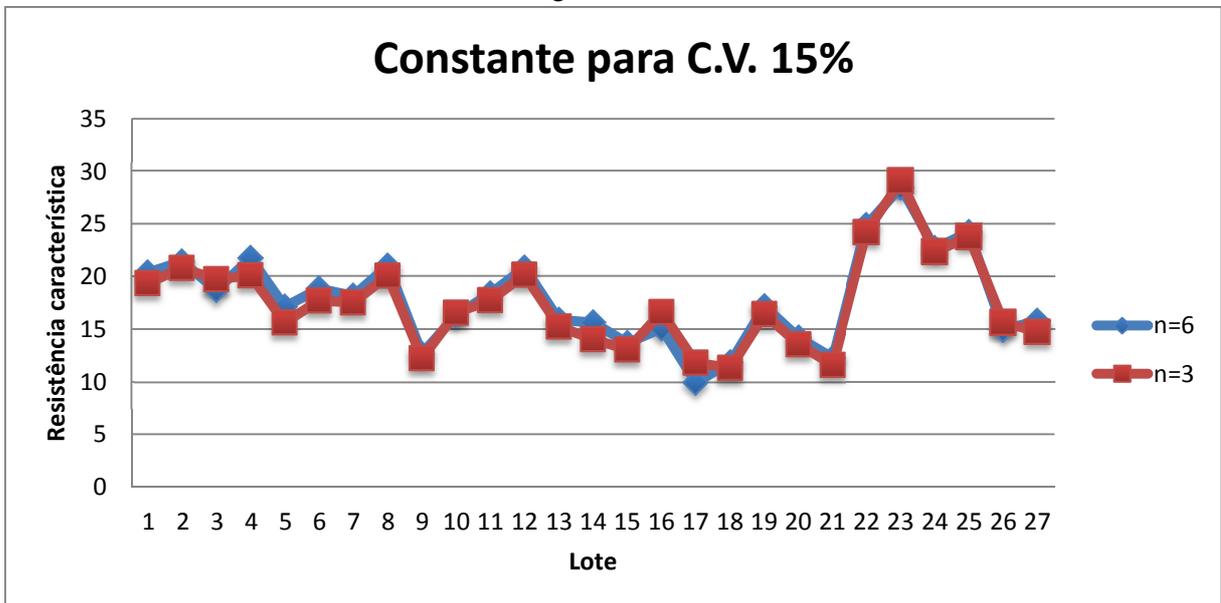
A demonstração para os cálculos obtidos com n=3 e c.v.=10% pode ser visto na Figura 57.

Figura 57: Gráfico n = 3 e CV = 10%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.



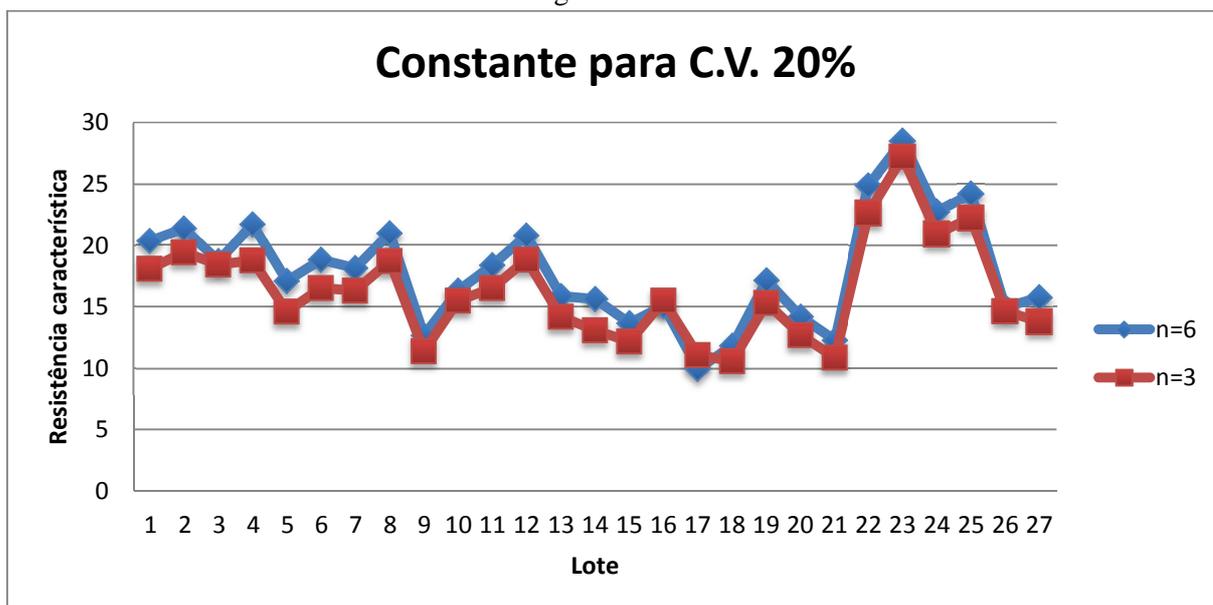
Da mesma forma foi feito o cálculo baseado em um coeficiente de variação de 15% e com isso os valores obtidos estão na Figura 58

Figura 58: Gráfico n = 3 e CV = 15%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.



Os valores obtidos para C.V. de 20% estão mostrados na Figura 59.

Figura 59: Gráfico n = 3 e CV = 20%, comparando com padrão n = 6 e CV = 20%, para prismas grauteado.



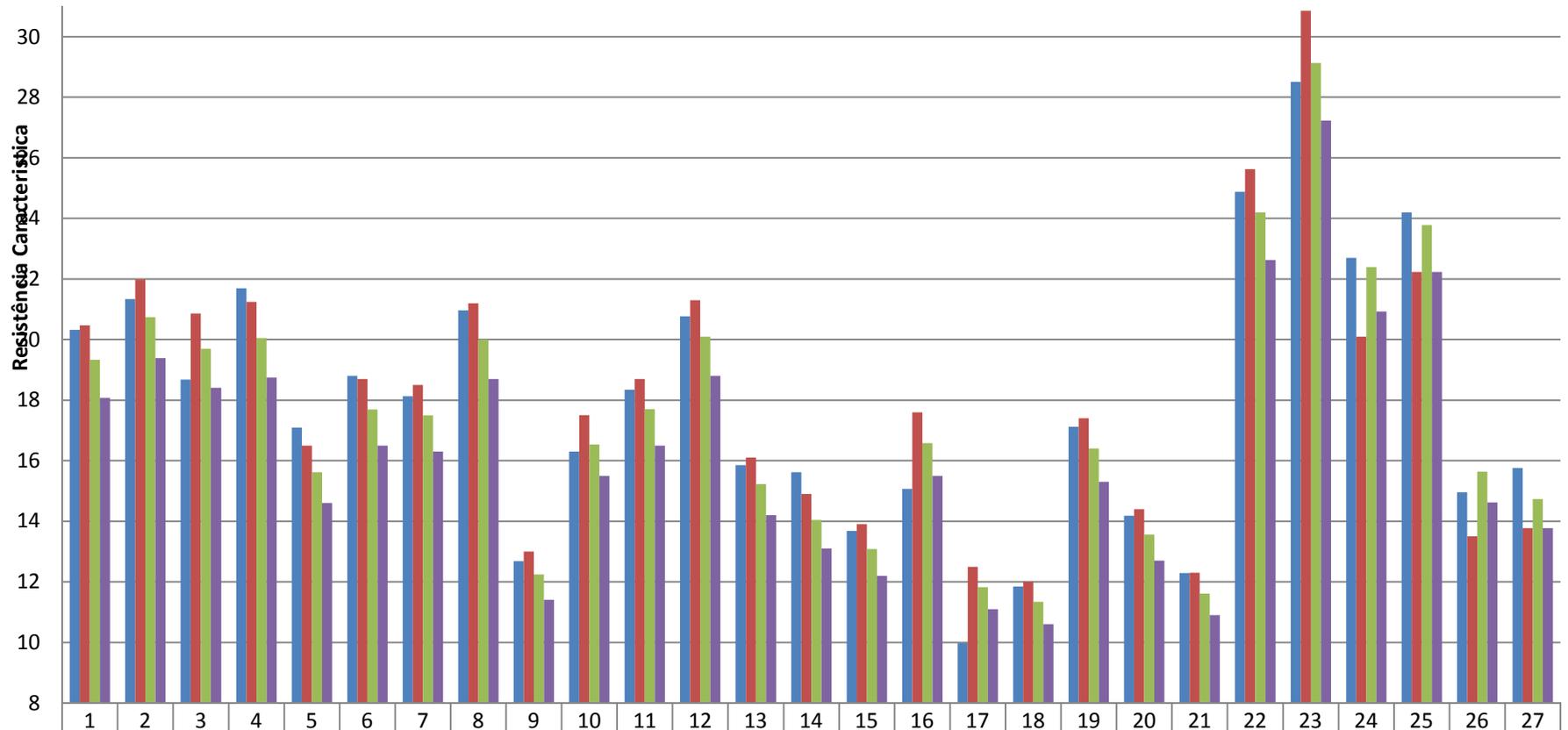
Pode-se observar nos gráficos que para todas as simulações feitas, alguns valores ficam acima do cálculo feito, porém, no caso de n=3 e c.v.=15%, os valores são todos bem próximos e para os prismas ocos foi explicado logo após o exemplo da Figura 47. E para os prismas grauteados, todos os valores são bem próximos. O resumo das comparações feitas para os prismas grauteados é mostrado na Figura 60.

Quando se usa a constante para o coeficiente de 20%, percebe-se que o valor das resistências características fica muito abaixo do valor encontrado no cálculo com n=6 e c.v.=20%.

Resumidamente os valores encontrados para o cálculo com 3 e 6 cp's podem ser visto na Figura 60, e os c.v., mínimo, médio e máximo pode ser visto na Tabela 21 para os prismas ocos e Tabela 22 para os prismas grauteados.

Figura 60: Resumo fpk calculado com 3 cp's prismas grauteado.

Comparativo entre os fpk, calculado com 3 cp's



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
■ fpk, norma	20,3	21,3	18,7	21,7	17,1	18,8	18,1	21	12,7	16,3	18,3	20,8	15,9	15,6	13,7	15,1	9,98	11,8	17,1	14,2	12,3	24,9	28,5	22,7	24,2	15	15,8
■ fpk, 10%	20,5	22	20,9	21,2	16,5	18,7	18,5	21,2	13	17,5	18,7	21,3	16,1	14,9	13,9	17,6	12,5	12	17,4	14,4	12,3	25,6	30,9	20,1	22,2	13,5	13,8
■ fpk,15%	19,3	20,7	19,7	20,1	15,6	17,7	17,5	20	12,2	16,5	17,7	20,1	15,2	14	13,1	16,6	11,8	11,3	16,4	13,6	11,6	24,2	29,1	22,4	23,8	15,6	14,7
■ fpk,20%	18,1	19,4	18,4	18,7	14,6	16,5	16,3	18,7	11,4	15,5	16,5	18,8	14,2	13,1	12,2	15,5	11,1	10,6	15,3	12,7	10,9	22,6	27,2	20,9	22,2	14,6	13,8

Tabela 21: Resumo dos C.V. encontrados para prismas ocos.

	Menor c.v.	Media c.v.	Maior c.v.
n=6	4,22	12,37	26,26
n=3	2,01	11,11	26,43

Tabela 22: Resumo dos C.V. encontrados para prismas grauteados.

	Menor c.v.	Media c.v.	Maior c.v.
n=6	4,19	9,05	17,56
n=3	1,28	8,76	19,33

Para n=5, n=4 e n=3 e as constantes de 10% alguns valores superaram o limite de 0,85 da média, e para as constantes de 15 e 20% todos os cálculos ficaram abaixo desse limite.

Conclui-se que é possível utilizar n=3 e c.v.=15%, pois, considerando n=5, n=4 e n=3 e a constante para c.v. de 15%, todos os valores ficaram relativamente pouco abaixo se comparado com o cálculo utilizando n=6 e c.v. de 20% de acordo com a norma utilizada hoje

Pelo estudo realizado, é possível a redução da quantidade de exemplares para compor a amostra, utilizando n=3 e a constante para c.v. de 15%, com isso, após o ensaio de 3 exemplares, o menor valor (f_{p1}) seria multiplicado por 0,859, obtendo assim o valor característico da amostra, porém se o c.v. calculado em 3 exemplares for maior do que 15%, o f_{p1} deve ser multiplicado pela constante correspondente a 20%, no caso $f_{p1} \times 0,803$. E se o c.v. de n=3 for maior do que 25%, sugere-se que se ensaie a contraprova, ou seja, mais 3 exemplares, e calcula-se o f_{pk} de acordo com a norma hoje em vigor. Embora a norma não considere valores de c.v. acima de 20%, pode ser visto nos estudos que em algumas amostras isso ocorre.

5. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do trabalho, pode-se concluir que a alvenaria estrutural por ser um sistema que exige um controle técnico aperfeiçoado e boa experiência de quem a executa ainda sofre com a falta de informação pelos profissionais envolvidos. Em mais de um dos estudos de caso, percebeu-se que os engenheiros responsáveis pela obra acreditam ser dispensável a execução do controle de qualidade, seja a realização de ensaios ou mesmo controle dos processos e tolerâncias executivas, conforme exigido pela normalização brasileira. Alguns acreditam ser esse um custo desnecessário e perda de tempo, confiando que tudo sairá bem mesmo sem os controles e ensaios exigidos. Com a avaliação dos estudos de caso realizados pode-se verificar claramente a falta conhecimento e empenho dos responsáveis pela execução e controle de obras de alvenaria estrutural. Alguns profissionais falham no controle da qualidade da alvenaria e na execução dos ensaios e as recomendações das normas pertinentes são seguidas parcialmente pelos responsáveis. Talvez, exista ainda a mentalidade de achar que o custo dos ensaios, ou seja, o gasto com o controle da obra é oneroso. Comparado com o custo total da obra, o custo dos ensaios é muito pequeno, sendo esse a única maneira de se ter garantia de que as especificações de projeto estão garantidas.

Em contrapartida, pela revisão bibliográfica, percebe-se que a quantidade de ensaios de prismas especificados na normalização brasileira é superior ao especificado em outras normas internacionais. Fazendo a ressalva de que a demanda por resistência a compressão nos edifícios altos brasileiros é relativamente maior que o usualmente realizado em outros países, e, portanto, tem-se uma maior responsabilidade na garantia da obtenção da resistência especificada em projeto na obra, no capítulo 4 deste trabalho procurou-se especular sobre alternativas às especificações atuais. Tomou-se o desafio de, a partir de dados reais de ensaios de controle de obras e de análise comparativas de variadas considerações de número de exemplares e outros parâmetros, de avaliar proposta de diminuir a quantidade de ensaios. Essa proposta pode diminuir o custo e facilitar todo o procedimento de controle.

Concluiu-se nesse trabalho que a redução da quantidade de prismas, tanto ocos como grauteados, não levou a resultados comparativamente contra a segurança (tendo como base o procedimento especificado atualmente nas brasileiras), quando considerado valor característico da amostra calculado com 3 exemplares e Coeficiente de Variação (CV) assumido igual 15%, quando o coeficiente de variação dos 3 exemplares ficou abaixo de 15%. Nessas situações o valor calculado a partir de 3 exemplares e CV=15%, foi sempre inferior e próximo ao resultado calculado a partir de 6 exemplares e CV=20% (especificação atual da normalização brasileira). Destaca-se ainda que em ambos os casos o valor característico foi limitado a 0,85 do valor médio da amostra.

Nos casos em que o CV da amostra de 3 exemplares ultrapassou 15% houve diferenças “contra a segurança” (o valor característico calculado com 3 exemplares resultou maior que o calculado com 6 exemplares). Neste caso, sempre que ocorre $CV > 15\%$, sugere-se ensaiar mais 3 exemplares de contraprova e recalculer o valor característico como atualmente especificado.

6. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. Manual Técnico de alvenaria – ABCI – Projeto, 1990.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118:** Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento, Rio de Janeiro 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 6136:** Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão Rio de Janeiro 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9479:** Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova, Rio de Janeiro 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12118:** Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria — Métodos de Ensaio, Rio de Janeiro 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655:** Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento, Rio de Janeiro 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13281:** Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos - Requisitos, Rio de Janeiro 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15961-1** Alvenaria Estrutural — Blocos de Concreto - Parte 1: Projeto, Rio de Janeiro 2011.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NM 33:** Concreto – Amostragem de concreto fresco, Rio de Janeiro 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NM 67:** Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro 1998.

Barros, M. M. (1996). **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 1996. 422p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), USP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – SP, 1996.

Canato, R. L.; Silva, T. L. **CONTROLE DE OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL**. Trabalho da disciplina CIV 254 Tópicos Especiais de Alvenaria Estrutural. Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, UFSCar, 2013.

Freire, A. S. **Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural**. 2007. 154p. Dissertação (Mestrado em construção civil). Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) – SP, 2007.

Fortes, E. S., Lima, T. L., Canato, R. L., & Parsekian, G. A. (2013). Controle de obras de edifícios em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto (p. 16). Gramado – Rio Grande do Sul: IBRACON.

Grimm Clayford T. Artigo do jornal: TMS Journal December 2002. Quality Control of Concrete Masonry Compressive Strength.

Jadraque, Valentin Martin. Un estimador de la resistencia característica del hormigon. Revista de obras públicas Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (España). 1971, n.3084

Parsekian, G. A.; Hamid, A. A.; Drysdale, R. G. Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural. 2ª Edição. EdUFSCar, São Carlos, 2013. 625 p.

PARSEKIAN, G. A. (Org.). Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto. São Carlos: EdUFSCar, 2012. v. 1. 85p.

Parsekian, G. A. e Soares, M. M. **Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos: Projeto, Execução e Controle**, 1ª Edição, São Paulo, O Nome da Rosa, 2010. 239p.

Parsekian, G. A., Hamid, A. A. e Drysdale, R. G. **Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural**, 1ª Edição, São Carlos, EdUFSCar, 2012. 625p.

Ramalho, M. A. e Corrêa, M. R. S., **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**, 1ª Edição, São Paulo, Pini, 2003. 174p.

Parsekian, G. A. (2012). **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto** 2ª edição, São Carlos: EdUFSCar, 2012. V.1, p.85.

Specification for Masonry Structures, ACI 530.1-05/ASCE 6-05/TMS 602-05. Reported by the Masonry Standards Joint Committee, 2011.

Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms, ASTM C1314-10. ASTM International, Inc., 2010.

EUROCODE 6. 1996-1-1: Rules for reinforced and unreinforced masonry, 1996.

European Standard. EN 771-1:2011 - Specification for masonry units. Part 1: Clay masonry units.

European Standard. EN 771-3:2011 - Specification for masonry units. Part 3: Aggregate concrete masonry units.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. CAN3-S304-M84 Masonry Design for Buildings Structures (Design). A National Standard of Canada, 2004.221qq

Standard Test Methods of Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units, ASTM C140-11. ASTM International, Inc., 2011.

Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units, ASTM C90-11. ASTM International, Inc., 2011.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. CSA A179-04 - SERIES-04. Mortar and Grout for Unit Masonry - CSA 2004.

Norma Europeia – EN. Métodos de ensaio para argamassa para alvenaria - Determinação da resistência à tração e compressão da argamassa - EN 1015-11. Europa, 1999.

Norma Europeia – EN. Métodos de ensaio para o betão de enchimento - Determinação da resistência à tração e compressão - EN 206. Europa, 1999.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. CAN/CSA-A165 SERIES-04 (R2009) - CSA Standards on Concrete Masonry Units (Consists of A165.1, A165.2 and A165.3), 2004.