



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

## **CONTROLE DE ACEITAÇÃO DO CONCRETO SEGUNDO A NBR 12655**

Pedro Antônio Jazbik Chaves

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS**

## **CONTROLE DE ACEITAÇÃO DO CONCRETO SEGUNDO A NBR 12655**

Pedro Antônio Jazbik Chaves

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Sergio Hampshire C. Santos

Rio de Janeiro

Setembro de 2017

## **CONTROLE DE ACEITAÇÃO DO CONCRETO SEGUNDO A NBR 12655**

Pedro Antônio Jazbik Chaves

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

---

Prof. Sergio Hampshire C. Santos, D.Sc., EP/ UFRJ

---

Prof. Bruno Martins Jacovazzo, D.Sc., EP/ UFRJ

---

Prof. Silvia Corbani, D.Sc., EP/ UFRJ

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

SETEMBRO de 2017

CHAVES, Pedro Antônio Jazbik

Controle de aceitação do concreto segundo a NBR 12655/ Pedro Antônio Jazbik Chaves. - Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2017.

X, 82 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Sergio Hampshire C. Santos

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, 2017.

Referencias Bibliográficas: p. 37-39.

1. Introdução. 2. Revisão bibliográfica. 3. Análise dos métodos de aceitação do concreto. 4. Abordagem Bayesiana para o controle por amostragem total. 5. Conclusões e sugestões.

I. Hampshire C. Santos, Sergio. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Controle de aceitação do concreto segundo a NBR 12655.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu avô Ruy Carneiro Chaves,  
primeiro engenheiro da família e meu maior  
incentivador à realização do curso.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Roberto Amaral Chaves e Cláudia Maria Jazbik Chaves, a quem devo tudo o que tenho e o que sou, e ao meu irmão Thiago Jazbik Chaves, meu companheiro de todas as horas.

Aos meus avós Antônio de Pádua Jazbik, Sônia Costa Jazbik, Ruy Carneiro Chaves e Orlanzy do Amaral Chaves, por serem os pilares da construção do meu bem maior, minha família.

Aos amigos que fiz durante a realização do curso, responsáveis por tornar toda a trajetória mais divertida, prazerosa e alegre e por fazer da faculdade minha segunda casa por mais de 5 anos.

Ao meu orientador, Professor Sergio Hampshire, pela paciência, incentivo e atenção dedicada durante a concepção desse projeto.

A todos os demais professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pelos ensinamentos transmitidos durante a realização do curso.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

## CONTROLE DE ACEITAÇÃO DO CONCRETO SEGUNDO A NBR 12655

Pedro Antônio Jazbik Chaves

Setembro/2017

Orientador: Sergio Hampshire C. Santos

Curso: Engenharia Civil

CHAVES, Pedro Antônio Jazbik. **Controle de aceitação do concreto segundo a NBR 12655**. 2017. Projeto de Graduação. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A aceitação do concreto que chega nas obras depende da avaliação de sua resistência à compressão, obtida através de ensaios de corpos de prova moldados antes de seu lançamento na estrutura. O controle de aceitação desse material, no Brasil, é definido pela NBR 12655:2015. O presente trabalho faz uma análise das metodologias propostas por essa norma e sua conformidade com o conceito de resistência característica, através da manipulação de dados obtidos de um empreendimento real. Um estudo comparativo também é feito em relação ao que é estabelecido por normas internacionais reconhecidas. Por fim, é proposta uma adaptação a um dos critérios que constam na NBR 12655:2015.

Palavras chave: Controle de aceitação, resistência característica à compressão, amostragem total.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Civil Engineer.

## CONCRETE ACCEPTANCE CRITERIA ACCORDING TO NBR 12655

Pedro Antônio Jazbik Chaves

Setembro/2017

Advisor: Sergio Hampshire C. Santos

Course: Civil Engineering

The acceptance of the concrete that arrives in constructions depends on the evaluation of its compression resistance, obtained through tests of molded specimens before its pouring in the structure. This acceptance control of the material is defined by NBR 12655:2015 in Brazil. This study makes an analysis of the methodologies proposed by this Brazilian Standard and its conformity with the concept of characteristic resistance, through the manipulation of data obtained from the construction of a real building. A comparative study between what is established by recognized international standards is also made. Finally, an adaptation to one of the criteria in NBR 12655/2015 is proposed.

Keywords: Acceptance control, characteristic compression resistance, total sampling.



## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b>	1
1.1 Considerações Gerais	1
1.2 Objetivos e justificativas	2
1.3 Escopo do trabalho	2
<b>2. Revisão bibliográfica</b>	3
2.1 Distribuição normal	3
2.2 Distribuição t-Student	4
2.3 Definição de resistência característica do concreto	5
2.4 Controle tecnológico do concreto	6
2.4.1 Moldagem e cura de corpos de prova	6
2.4.2 Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos	8
2.5 Controle de aceitação do concreto	10
2.5.1 Amostragem e formação de lotes	10
2.5.2 Tipos de controle de resistência	10
2.5.2.1 Controle por amostragem parcial (e casos excepcionais)	10
2.5.2.2 Controle por amostragem total	12
2.6 Amostragem e aceitação do concreto segundo normas internacionais	13
2.6.1 Eurocode II (Norma Europeia)	13
2.6.2 ACI 318-14 (Norma americana)	14
<b>3. Análise dos métodos de aceitação do concreto</b>	16
3.1 Coleta de dados	16
3.2 Controle por amostragem parcial	16
3.2.1 Resistência estimada pelo método da NBR 12655/2015	16
3.2.2 Resistência estimada pelas curvas de distribuição de probabilidades	18
3.3 Controle por amostragem total	21
3.4 Comparação da aceitação do concreto pela NBR 12655 com as normas internacionais	21
3.4.1 Eurocode II	21
3.4.2 ACI 318-14	22
3.5 Comparação do controle por amostragem parcial com o controle por amostragem total da NBR 12655	23
<b>4. Abordagem Bayesiana para o controle por amostragem total</b>	25
4.1 Teorema de Bayes	25

4.2	Combinação de resultado amostral com conhecimento prévio .....	26
4.3	Atualização do controle por amostragem total.....	27
4.4	Aceitação do concreto atualizado.....	31
<b>5.</b>	<b>Conclusões e sugestões .....</b>	<b>35</b>
<b>6.</b>	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>37</b>
	<b>Apêndices .....</b>	<b>40</b>

# 1. Introdução

## 1.1 Considerações Gerais

Principal material utilizado na indústria da construção civil, o concreto vem sendo objeto de inúmeros estudos sobre seu comportamento quando submetido a esforços solicitantes, bem como de suas propriedades, buscando sempre o equilíbrio entre a segurança estrutural e o custo econômico.

No cotidiano da engenharia, a propriedade mais relevante do concreto, especificada em projetos estruturais e que deve ser alcançada pelas empresas construtoras, é sua resistência à compressão. Segundo MEHTA & MONTEIRO (2008), além de poder ser estimada por um ensaio relativamente simples, acredita-se que muitas das propriedades do material, como o módulo de elasticidade e a resistência à tração, estejam diretamente relacionadas a ela, o que justifica os diversos estudos desenvolvidos sobre este parâmetro.

Entretanto, se por um lado a estimativa da resistência à compressão de um testemunho isolado é obtida de maneira simples, há um grande desafio para se definir critérios de amostragem e metodologias para aceitação de lotes de concreto que atendam aos parâmetros de confiabilidade exigidos e respeitem a natureza aleatória dessa propriedade.

A relevância do tema aumentou ao longo da última década no Brasil com os recorrentes casos de não conformidade de concretos que chegavam às obras em relação ao que era exigido nos projetos. Laboratórios passaram a ter sua credibilidade questionada, projetistas se depararam com desafios de buscar novas soluções estruturais, construtoras atrasaram cronogramas e concreteiras, além do prejuízo à sua imagem, tiveram que arcar com custos significativos do retrabalho gerado pelas não-conformidades. Apesar de não serem maioria, alguns desses casos só foram solucionados pelas vias judiciais.

No Brasil, as normas NBR 5738, NBR 5739 e NBR 12655 preconizam, respectivamente, como proceder nas etapas de moldagem, no ensaio de amostras e no controle tecnológico de lotes de concreto. Essa última receberá enfoque maior ao longo deste trabalho, principalmente em virtude das mudanças propostas em sua mais recente atualização, em 2015.

## 1.2 Objetivos e justificativas

O presente trabalho tem como objetivos principais analisar os tipos de controle da resistência do concreto propostos pela NBR 12655 (comparando-os com métodos recomendados por normas internacionais), bem como propor uma nova abordagem a um desses controles.

## 1.3 Escopo do trabalho

O trabalho está dividido nos seguintes capítulos:

CAPÍTULO 2: Aborda conceitos estatísticos e sua influência na definição de resistência característica, bem como as metodologias exigidas pelas normas para a aceitação do concreto, desde a moldagem de corpos de prova até a manipulação dos resultados obtidos;

CAPÍTULO 3: Apresenta um estudo das metodologias abordadas no capítulo 2 através da análise de dados coletados de obras reais e compara-as com as estabelecidas por normas internacionais;

CAPÍTULO 4: Apresenta o Teorema de Bayes e propõe uma nova abordagem para um dos critérios de aceitação do concreto da NBR 12655 a partir desse teorema;

CAPÍTULO 5: Apresenta as conclusões finais do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1 Distribuição normal

Na ciência da estatística, quando determinada grandeza é estudada através de um experimento que, repetido inúmeras vezes, tende a apresentar resultados diferentes entre si, diz-se que tal grandeza é aleatória. Conforme será visto mais adiante, é o caso da resistência à compressão do concreto (BECK, 2012).

Para descrever o comportamento de uma variável aleatória, é comum lançar-se mão de uma distribuição de probabilidade, que pode ser definida como uma função que atribui a cada valor de uma variável aleatória uma probabilidade de que tal valor seja encontrado, quando realizado um experimento. A partir desse conceito, duas importantes condições são atendidas: a função é sempre não negativa; a área compreendida entre a função e o eixo horizontal é igual a 1, tendo em vista que a soma das probabilidades de todos os valores possíveis de uma variável é 100%. Tais condições podem ser escritas matematicamente pelas equações (2-1) e (2-2), respectivamente:

$$f(x) \geq 0, \text{ para } x \in \mathbb{R}; \quad (2-1)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1; \quad (2-2)$$

onde  $x$  é a variável aleatória e  $f(x)$  é sua distribuição de probabilidade.

Uma das mais importantes e conhecidas distribuições de probabilidade é a distribuição normal (também conhecida como distribuição de Gauss), definida por dois parâmetros:  $\mu$  (média) e  $\sigma$  (desvio padrão). Enquanto o primeiro faz referência ao valor da variável com maior probabilidade de ser encontrado, o segundo é um medidor da dispersão dos resultados obtidos em relação à média.

Diz-se que uma distribuição pode ser considerada normal se atender à seguinte equação:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \text{ para } x \in \mathbb{R}, -\infty < \mu < \infty \text{ e } \sigma > 0 \quad (2-3)$$

O gráfico de uma distribuição normal qualquer é ilustrada na figura 2.1 a seguir. Algumas propriedades desse tipo de distribuição podem ser observadas, tais como:

- a)  $f(x)$  é simétrica em relação a  $\mu$ ;
- b)  $f(x)$  tem seu ponto máximo em  $x = \mu$ ;
- c)  $f(x) \rightarrow 0$ , quando  $x \rightarrow \pm\infty$ .

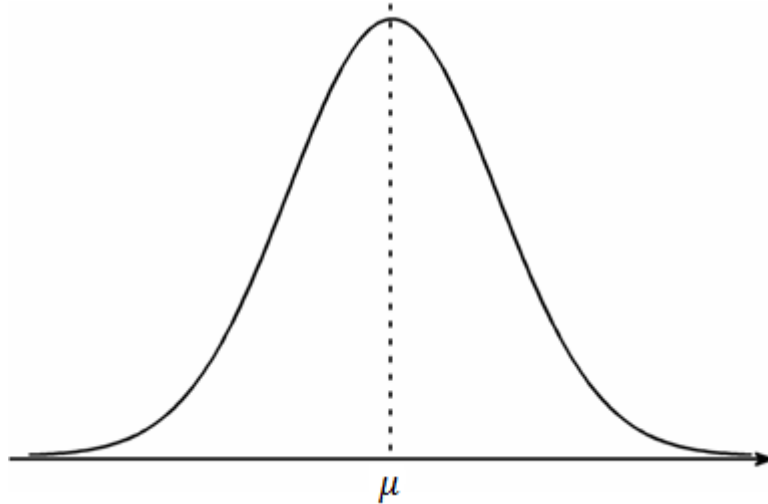


Figura 2.1 – Gráfico de uma distribuição normal

## 2.2 Distribuição t-Student

A distribuição t-Student é outra distribuição bastante utilizada na estatística. Com forma semelhante à normal, ela é definida pelos mesmos parâmetros da distribuição Normal e mais o parâmetro  $\nu$  (grau de liberdade); sua definição é dada pela equação (2-4):

$$f(x) = \frac{\Gamma(\frac{\nu+1}{2})}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma(\frac{\nu}{2})} \left(1 + \frac{x^2}{\nu}\right)^{-\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}, x \in (-\infty, \infty) \quad (2-4)$$

Como observa BARBETTA (2010), tal distribuição apresenta formato um pouco mais disperso que a normal, sendo, por isso, mais representativa quando se dispõe de amostras pequenas. À medida que o número de graus de liberdade ( $gl = \nu$ ) aumenta, ela tende a se aproximar da distribuição normal, o que ocorre quando  $\nu \rightarrow \infty$ .

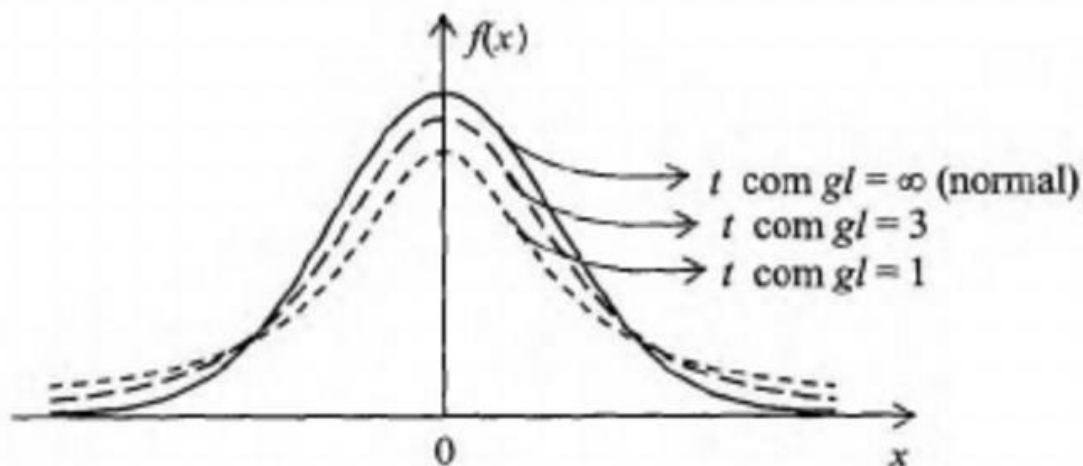


Figura 2.2 – Gráfico de distribuições t-Student com diferentes graus de liberdade

## 2.3 Definição de resistência característica do concreto

Para o dimensionamento de uma estrutura qualquer, tanto as normas nacionais quanto as internacionais baseiam seus resultados em conceitos probabilísticos, em que resistências e solicitações são abordadas como variáveis aleatórias e, através de conceitos probabilísticos, são definidos coeficientes de majoração de cargas e de minoração das resistências de forma a se atingir o padrão de confiabilidade que cada órgão exige. Tal índice de confiabilidade é inversamente proporcional à probabilidade de falha, que ocorre quando as resistências se mostram inferiores às solicitações.

Em relação à resistência à compressão do concreto, objeto de estudo deste trabalho e que será, a partir do presente tópico, tratada simplesmente por resistência do concreto (tendo em vista sua relação com a resistência aos demais esforços), sua abordagem como uma variável aleatória é explicada por fatores como a imprecisão na mistura, a não-homogeneidade do concreto e a variabilidade nas propriedades dos materiais que o constituem. Isso se reflete em diferentes resultados para corpos de prova moldados dentro de uma mesma betonada (SANTIAGO, 2011).

A resistência do concreto deve, então, ser modelada por uma distribuição de probabilidades. De acordo com o Teorema do Limite Central, um dos mais importantes da Estatística, ao extrairmos uma amostra suficientemente grande de uma população, então a distribuição da média amostral é aproximadamente normal, não importando de qual população a amostra foi extraída (NAVIDI, 2012). Justifica-se, assim, o uso da distribuição normal para modelar a resistência do concreto.

Entretanto, se por um lado a abordagem determinística dessa propriedade (ou seja, a consideração de que não se trata de uma variável aleatória, mas que possui um valor fixo) é incoerente, a descrição puramente probabilística tornaria inviável a prática de projeto (SANTIAGO, 2011). Para superar esse obstáculo, surge o conceito de resistência característica do concreto, como a resistência abaixo da qual se espera que estejam apenas 5% dos resultados obtidos de ensaios dos corpos de prova. Em outras palavras, 95% do volume de concreto de uma estrutura deve ter resistência acima da resistência característica. Seu valor, considerando uma distribuição normal, é dado por:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65 \sigma \quad (2-5)$$

Onde:

$f_{ck}$  = resistência característica do concreto

$f_{cm}$  = resistência média das amostras de concreto

$\sigma$  = desvio padrão das amostras do concreto

Dessa forma, o  $f_{ck}$  do concreto tornou-se a linguagem comum para todos os agentes do setor. Especificado por calculistas nos projetos estruturais, ele deve ser atendido pelas concreteiras e construtoras (nos casos de concretagem *in loco*), de acordo com as metodologias de extração de testemunhos, ensaios e aceitação do concreto previstos em norma.

## 2.4 Controle tecnológico do concreto

### 2.4.1 Moldagem e cura de corpos de prova

Para que os resultados obtidos em ensaios permitam decidir pela aceitação ou não de determinado volume de concreto, é imprescindível que se lance mão de um controle tecnológico do concreto, definido por PETRUCCI (1978) como uma série de operações conduzidas no canteiro de obras com a finalidade de garantir um material de acordo com as especificações e, consequentemente, com as exigências da obra.

Na etapa de moldagem e cura de corpos de prova, a norma brasileira reguladora é a NBR 5738:2015, que estabelece que os moldes podem ter formato cilíndrico ou



prismático. Sendo cilíndricos, devem ter diâmetro igual a 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm e altura igual ao dobro de diâmetro. Para moldes prismáticos, devem ter seção transversal quadrada e suas dimensões e respectivos vãos de ensaio devem atender ao estabelecido na tabela 2.1.

Tabela 2.1: Dimensões do corpo de prova prismático e vão de ensaio (NBR 5738)

Dimensão básica mm	Comprimento mínimo mm	Vão de ensaio <sup>a</sup> mm
100	350	300
150	500	450
250	800	750
450	1400	1350
<sup>a</sup> Conforme ABNT NBR 12142		

Além disso, essa norma também preconiza procedimentos como revestimento interno dos moldes com uma fina camada de óleo mineral ou outro lubrificante que não reaja com o cimento; controle geométrico dos moldes; número de camadas em função do adensamento (tabela 2.2); adensamento manual ou mecânico, de acordo com o abatimento (tabela 2.3); manuseio e transporte de corpos de prova, dentre outros.

Tabela 2.2: Número de camadas para moldagem de corpos de prova (NBR 5738)

Tipo de corpo de prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	—	—
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450 <sup>b</sup>	3	—	—
<sup>b</sup> Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta Tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.				
<sup>c</sup> No caso de dimensão básica de 450 mm, somente é permitido adensamento mecânico.				

Tabela 2.3: Métodos de adensamento (NBR 5738)

Classe	Abatimento mm	Método de adensamento
S10	$10 \leq A < 50$	Mecânico
S50	$50 \leq A < 100$	Mecânico ou manual
S100	$100 \leq A < 160$	
S160	$160 \leq A < 220$	Manual
S220	$A \geq 220$	

Por fim, se estabelece que a cura do concreto deve ser feita em duas etapas. Na cura inicial, todos os corpos de prova devem ser armazenados em local protegido de intempéries por 24h (cilíndricos) ou 48h (prismáticos), sendo cobertos por material não reativo e não absorvente, a fim de evitar a perda de água do concreto. Depois disso, os corpos de prova que serão ensaiados para verificar a qualidade e uniformidade do concreto (caso dos que serão submetidos ao ensaio de resistência à compressão) devem ser devidamente identificados e armazenados em condições especiais até o momento do ensaio.

#### 2.4.2 Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

No que diz respeito ao ensaio de compressão, a norma que padroniza os procedimentos é a NBR 5739:2007. Ao contrário da NBR 5738, que aborda a moldagem e cura para corpos de prova tanto prismáticos quanto cilíndricos, esta norma faz referência apenas aos cilíndricos e, na inexistência de outra que mencione tal ensaio para os prismáticos, infere-se que esses não podem ser utilizados para se medir a resistência à compressão.

A NBR 5739 estabelece os padrões relativos à aparelhagem do ensaio: posicionamento do corpo de prova na máquina de ensaio, controle geométrico e de planicidade dos pratos de aço da máquina, calibração e resolução do paquímetro, dentre vários outros.

No que diz respeito à execução do ensaio em si, o carregamento deve ter velocidade constante de  $(0,45 \pm 0,15)$  MPa/s e ser aplicado continuamente e sem choques durante todo o ensaio, até que haja uma queda de força que indique a ruptura do corpo de prova. A Tabela 2.4 apresenta as tolerâncias para as idades de ensaio mais recorrentes nos ensaios de compressão.

Tabela 2.4: Tolerância para as idades de ensaio (NBR 5739)

Idade de ensaio	Tolerância permitida h
24 h	0,5
3 d	2
7 d	6
28 d	24
63 d	36
91 d	48
NOTA Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.	

A resistência à compressão, a partir da realização do ensaio, é dada por:

$$f_c = \frac{4F}{\pi D^2} \quad (2-6)$$

Onde:

$f_c$  = resistência à compressão, em megapascals;

$F$  = força máxima alcançada, em newtons;

$D$  = diâmetro do corpo de prova, em milímetros.

Quando a relação altura ( $h$ ) / diâmetro ( $d$ ) do corpo de prova for inferior a 1,94, a força  $F$  deve ser multiplicada por um fator de correção, cujo valor é definido na tabela 2.5.

Tabela 2.5: Fator de correção h/d (NBR 5739)

Relação $h/d$	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Fator de correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87
NOTA Os índices correspondentes à relação $h/d$ não indicada podem ser obtidos por interpolação linear, com aproximação de centésimos.					

O relatório do ensaio deve então apresentar as seguintes informações: número de identificação, idade, dimensões e tipo de ruptura (opcional) dos corpos de prova; data de moldagem; data do ensaio; tipo de capeamento empregado; classe da máquina de ensaio; e o resultado de resistência à compressão individual dos corpos de prova e do exemplar.

## 2.5 Controle de aceitação do concreto

### 2.5.1 Amostragem e formação de lotes

O controle de aceitação do concreto é, por sua vez, regulado pela NBR 12655:2015. Segundo ela, cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. A resistência do exemplar deve, então, ser tomada como o maior dos valores obtidos no ensaio à compressão, a ser realizado conforme a NBR 5739.

Para facilitar o controle da resistência de todo o concreto de uma estrutura, a NBR 12655 determina a formação de lotes, que devem atender aos limites estabelecidos pela Tabela 2.6. De cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares de acordo com o tipo de controle (que serão abordados no item 2.5.2).

Tabela 2.6: Valores máximos para a formação de lotes de concreto (NBR 12655)

Identificação (o mais exigente para cada caso)	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples <sup>b</sup>
Volume de concreto	50 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	três dias de concretagem <sup>c</sup>	
<sup>a</sup> No caso de controle por amostragem total, cada betonada deve ser considerada um lote, conforme 6.2.3.1		
<sup>b</sup> No caso de complemento de pilar, o concreto faz parte do volume do lote de lajes e vigas		
<sup>c</sup> Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de sete dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas.		

### 2.5.2 Tipos de controle de resistência

#### 2.5.2.1 Controle por amostragem parcial (e casos excepcionais)

No controle por amostragem parcial, devem ser retirados para ensaio ao menos 6 exemplares para os concretos do grupo I (classes até C50) e 12 exemplares para os concretos do grupo II (classes superiores a C50), para cada lote.

Caso o número de exemplares ( $n$ ) esteja entre 6 e 20, o valor estimado para a resistência característica (denotado por  $f_{ck,est}$ ) será dado pelo maior valor encontrado entre as equações (2-7) e (2-8):

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m \quad (2-7)$$

Onde:

$m = n/2$  (Caso  $n$  seja ímpar, despreza-se seu valor mais alto);

$f_1, f_2, \dots, f_m$  = valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente.

$$f_{ck,est} = \Psi_6 f_1 \quad (2-8)$$

Onde:

$\Psi_6$  = coeficiente dado pela tabela 2.7, a ser utilizado em função da condição de preparo do concreto e do número de exemplares da amostra, admitindo-se interpolação linear.

Tabela 2.7: Valores de  $\Psi_6$  (NBR 12655)

Condição de preparo	Número de exemplares ( $n$ )										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	$\geq 16$
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
NOTA Os valores de $n$ entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais											

As condições de preparo são definidas da seguinte forma:

Condição A (aplicável a todas as classes de concreto): o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados;

Condição B (aplicável às classes C10 a C20): o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume com dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume;

Condição C (aplicável apenas aos concretos C10 e C15): o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados da determinação da resistência do concreto, conforme ABNT NBR NM 67.

Caso o número de exemplares ( $n$ ) seja superior a 20, supõe-se que a amostra seja satisfatoriamente representada por uma distribuição normal e, assim, o valor da resistência estimada para o lote é dada por:

$$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 s_d \quad (2-9)$$

Onde:

$f_{cm}$  = resistência média dos exemplares do lote (em MPa);

$s_d$  = desvio padrão dessa amostra de  $n$  exemplares (em MPa), cujo cálculo é dado por:

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (f_i - f_{cm})^2} \quad (2-10)$$

Pode-se, em casos excepcionais (betonadas de pequeno volume), dividir a estrutura em lotes correspondentes a no máximo 10 m<sup>3</sup> e amostrá-los com número de exemplares entre 2 e 5. A resistência estimada desse lote é, então, calculada pela equação (2-8).

#### 2.5.2.2 Controle por amostragem total

O controle por amostragem total consiste na amostragem de todas as betonadas, de forma que cada uma delas constitui um lote (daí sua identificação como amostragem 100%). Assim, a resistência característica à compressão do concreto é dada por:

$$f_{ck,est} = f_{c,betonada} \quad (2-11)$$

Esse tipo de controle foi objeto de modificação em sua última revisão, em 2015. Na versão de 2006 da NBR 12655, o controle por amostragem total era definido para duas situações:

- Número de exemplares ( $n$ ) menor que 20:

$$f_{ck,est} = f_1 \quad (2-12)$$

Onde:

$f_1$  = menor resistência encontrada nos exemplares testados;

- Número de exemplares ( $n$ ) maior que 20:

$$f_{ck,est} = f_i \quad (2-13)$$

Onde:

$i = 0,05 n$  (quando o valor de  $i$  fosse fracionário, se adotaria o número imediatamente superior)

## 2.6 Amostragem e aceitação do concreto segundo normas internacionais

### 2.6.1 Eurocode II (Norma Europeia)

O Eurocode II, norma que rege os projetos de engenharia na Comunidade Europeia, remete à EN 206-1 as diretrizes para controle de recebimento e aceitação do concreto.

O valor da resistência de um exemplar, de acordo com a EN-206, é obtido pela média de dois ou três corpos de prova de uma mesma betonada e, caso um desses resultados apresente uma diferença igual ou superior a 15% em relação a essa média, deve ser descartado.

A retirada de corpos de prova, bem como a aceitação do concreto, é diferente para duas etapas da concretagem: produção inicial e produção contínua.

A produção inicial corresponde ao início da concretagem, até que estejam disponíveis ao menos 35 exemplares, durante o máximo de 12 meses. Em relação à retirada dos exemplares, nos primeiros 50 m<sup>3</sup>, devem ser escolhidos três exemplares aleatoriamente. Depois disso, deve-se seguir a metodologia:

- Deve ser retirado um exemplar a cada 200 m<sup>3</sup> ou pelo menos dois exemplares por semana, para concretos com certificação de controle de produção;
- Deve ser retirado um exemplar a cada 150 m<sup>3</sup> ou pelo menos um exemplar por dia, para concretos sem certificação de controle de produção.

Para ser aceito, dois critérios devem ser atendidos pelo concreto produzido:

- A média de três resultados de corpos de prova consecutivos deve ser igual ou superior a  $(f_{ck} + 4) \text{ MPa}$ ;
- Todo resultado individual deve ser igual ou superior a  $(f_{ck} - 4) \text{ MPa}$ .

Já a produção contínua corresponde ao período em que já estão disponíveis 35 exemplares pelo menos. A retirada de corpos de prova, então, é feita da seguinte forma:

- Deve ser retirado um exemplar a cada 400 m<sup>3</sup> ou pelo menos um exemplar por semana, para concretos com certificação de controle de produção;

- Deve ser retirado um exemplar a cada 150 m<sup>3</sup> ou pelo menos um exemplar por dia, para concretos sem controle de certificação de controle de produção.

Para ser aceito, dois critérios devem ser atendidos pelo concreto produzido:

- A média de, no mínimo, 15 resultados de corpos de prova consecutivos deve ser igual ou superior a  $f_{ck} + 1,48\sigma$  ( $\sigma$  é o desvio padrão da amostra);
- Todo resultado individual deve ser igual ou superior a  $(f_{ck} - 4) \text{ MPa}$ .

### 2.6.2 ACI 318-14 (Norma americana)

A resistência característica à compressão do concreto, de acordo com o ACI 318-14, corresponde ao quantil inferior de 10% (ao contrário dos 5% da norma brasileira) e é denotada por  $f'_c$ .

Ainda segundo o ACI 318-14, um exemplar é obtido pela média de dois corpos de prova cilíndricos de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura ou três corpos de prova de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura. A retirada de corpos de prova deve obedecer às seguintes regras:

- Pelo menos um exemplar por dia de concretagem;
- Pelo menos um exemplar para cada 115 m<sup>3</sup> de concreto;
- Pelo menos um exemplar para cada 465 m<sup>2</sup> de área construída;

Além disso, cada betonada deve fornecer apenas um resultado e o tamanho mínimo da amostra deve ser de cinco exemplares (com exceção de quando o número de betonadas for inferior a cinco).

A aceitação do concreto é, então, condicionada ao atendimento simultâneo de três critérios:

- Para  $f'_c \leq 35 \text{ MPa}$ , nenhum resultado individual pode ser inferior a  $(f'_c - 3,5) \text{ MPa}$ ;
- Para  $f'_c > 35 \text{ MPa}$ , nenhum resultado individual pode ser inferior a  $0,9 f'_c$ ;
- A média variável de quaisquer três resultados consecutivos, cronologicamente falando, deve ser superior a  $f'_c$ .



Conforme observam PACHECO & HELENE (2013), tanto no que se refere à amostragem, com o julgamento de grandes volumes de concreto de uma só vez, quanto no que se refere à aceitação do concreto, com a adoção de critérios menos rígidos para que se atinja a resistência característica, a EN 206-1 e o ACI 318-14 ficam nitidamente atrás das normas brasileiras em termos de segurança.

### 3. Análise dos métodos de aceitação do concreto

#### 3.1 Coleta de dados

Para que se pudesse analisar os critérios definidos pela NBR 12655, foram utilizados dados obtidos de uma edificação real construída na cidade de São Paulo. Tais dados, que encontram-se detalhados no Apêndice A, englobam: data de extração dos corpos de prova,  $f_{ck}$  de projeto, volume que cada par de corpos de prova representa, elemento concretado e a resistência à compressão obtida no ensaio realizado 28 dias após a moldagem.

A partir deles, foram formados 25 lotes de acordo com os limites e especificações discriminados no item 2.5.1, cujas informações estão resumidas na tabela 3.1.

#### 3.2 Controle por amostragem parcial

##### 3.2.1 Resistência estimada pelo método da NBR 12655/2015

Para o cálculo da resistência estimada de cada lote, de acordo com o controle por amostragem parcial preconizado pela NBR 12655/2015, foram utilizadas as equações (2-7) e (2-8), visto que todos os lotes se enquadram no primeiro caso, no qual o número de exemplares é de 6 a 20. Como as classes dos concretos são de C30 a C45, a condição de preparo considerada na equação 2-8 foi a condição A, conforme o item 2.5.2.1.

Na tabela 3.2 estão detalhados os valores encontrados para cada uma das equações, o  $f_{ck}$  de cada lote (maior dos dois valores encontrados), o  $f_{ck}$  de projeto e a aceitação ou não de cada lote de acordo com a norma (são aceitos os lotes cujo  $f_{ck}$  estimado é maior que o especificado em projeto).

Tabela 3.1: Resumo das informações dos lotes de concreto

Lote	Exemplares	Volume (m³)	$f_{ck}$ (MPa)	Data
1	9	72	30	19/01/2013
2	12	96	30	30/01/2013
3	10	80	40	31/08/2013
4	8	64	40	07/10/2013
5	6	48	35	18/10/2013
6	11	88	40	27/11/2013
7	6	48	35	09/12/2013
8	12	94,5	40	16/12/2013
9	8	63	35	07/01/2014
10	8	62	30	16/01/2014
11	12	96	30	07/02/2014
12	9	72	30	06/03/2014
13	11	88	30	09/05/2014
14	9	50	45	01,02,03/07/2014
15	7	49	45	26/07/2014
16	9	68	40	14/08/2014
17	11	88	40	15/09/2014
18	7	49	45	09/10/2014
19	13	99	45	13/11/2014
20	10	80	45	27/11/2014
21	7	49	45	02/12/2014
22	12	96	45	10/12/2014
23	6	48	35	16/12/2014
24	11	88	45	05/05/2015
25	7	49	40	19/11/2015

A análise dos resultados permite concluir que apenas 7 dos 25 lotes (28%) tiveram sua resistência comandada pela equação (2-8). Isso ocorreu nos lotes nos quais os valores de resistência mais baixos ( $f_1$  a  $f_{m-1}$ ) apresentaram uma diferença significativa em relação aos valores de resistências intermediários ( $f_m$ ), de forma que os valores encontrados pela equação (2-7) são relativamente baixos e necessitam de uma correção.

Tabela 3.2: Aceitação dos lotes de concreto segundo o critério de amostragem parcial

Lote	$f_{ck,est}$ (2-7)-(MPa)	$f_{ck,est}$ (2-8)-(MPa)	$f_{ck,est}$	$f_{ck}$ (Projeto)	ACEITO?
1	29,7	28,8	<b>29,7</b>	30	NÃO
2	28,4	27,2	<b>28,4</b>	30	NÃO
3	38,6	38,6	<b>38,6</b>	40	NÃO
4	39,9	38,9	<b>39,9</b>	40	NÃO
5	44,3	41,0	<b>44,3</b>	35	SIM
6	41,1	40,2	<b>41,1</b>	40	SIM
7	29,6	30,5	<b>30,5</b>	35	NÃO
8	40,6	41,3	<b>41,3</b>	40	SIM
9	32,3	34,4	<b>34,4</b>	35	NÃO
10	34,1	32,8	<b>34,1</b>	30	SIM
11	28,9	25,8	<b>28,9</b>	30	NÃO
12	28,1	28,6	<b>28,6</b>	30	NÃO
13	34,6	34,1	<b>34,6</b>	30	SIM
14	39,6	38,6	<b>39,6</b>	45	NÃO
15	43,9	41,5	<b>43,9</b>	45	NÃO
16	36,3	37,6	<b>37,6</b>	40	NÃO
17	41,7	40,2	<b>41,7</b>	40	SIM
18	41,2	39,2	<b>41,2</b>	45	NÃO
19	48,0	47,2	<b>48,0</b>	45	SIM
20	42,6	44,7	<b>44,7</b>	45	NÃO
21	42,9	40,9	<b>42,9</b>	45	NÃO
22	48,8	46,9	<b>48,8</b>	45	SIM
23	32,4	29,9	<b>32,4</b>	35	NÃO
24	44,3	44,9	<b>44,9</b>	45	NÃO
25	40,2	38,2	<b>40,2</b>	40	SIM

### 3.2.2 Resistência estimada pelas curvas de distribuição de probabilidades

Conforme descrito no item 2.3, para se analisar a resistência à compressão do concreto, é necessária uma abordagem estatística dessa propriedade e é a partir dessa abordagem que surge o conceito de resistência característica. Ao contrário da expressão (2-9), utilizada quando o número de exemplares é superior a 20, que determina a resistência característica estimada do lote como o quantil de 5% de uma distribuição normal definida a partir dos resultados dos ensaios dos exemplares, as expressões (2-7) e (2-8) não mantêm, à primeira vista, uma relação com alguma distribuição de probabilidades.

Nesse sentido, para os 25 lotes descritos no apêndice A, foram modeladas, através do programa Mathcad, distribuições normais e t-Student com as resistências dos corpos de prova, bem como suas funções de distribuição acumulada. As Figuras 3.1 e 3.2 ilustram,

respectivamente, as funções densidade de probabilidade e de distribuição acumulada para o lote 14, tomado como exemplo. A linha pontilhada representa a curva t-Student, enquanto a normal é representada pela linha cheia.

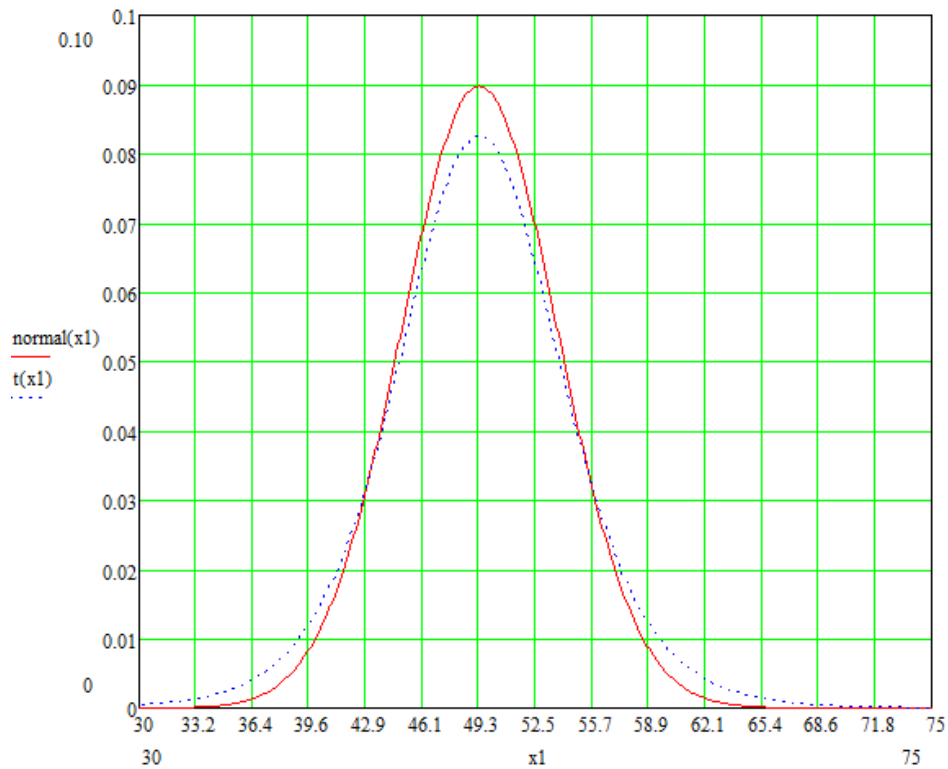


Figura 3.1: Funções densidade de probabilidade normal e t-Student

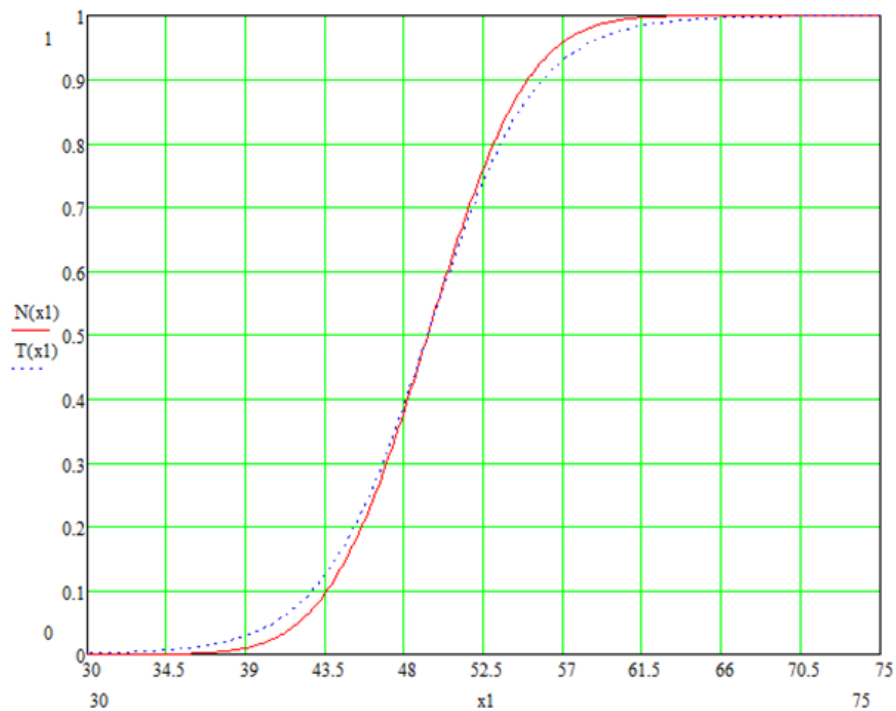


Figura 3.2: Funções de distribuição acumulada normal e t-Student

A partir daí, foi possível se obter o valor de resistência correspondente a uma probabilidade acumulada de 5% (para ambas as curvas), o que simbolizaria o valor da resistência característica caso essas amostras, de tamanho relativamente pequeno, pudessem ser modeladas por tais distribuições de probabilidade.

O mesmo procedimento foi adotado para os demais lotes e os resultados estão reunidos na Tabela 3.3, que também contém a diferença relativa entre os valores encontrados e os calculados no item 3.2.1 (expressão 3-1).

$$Diferença\ relativa = \frac{|f_{ck,est} - q(0.05)|}{f_{ck,est}} \quad (3-1)$$

Tabela 3.3: Comparação da resistência característica estimada segundo a NBR 12655 com as calculadas utilizando funções de probabilidade

Lote	n	$f_{ck,est}$ (NBR 12655)	Distribuição t-Student		Distribuição Normal	
			q (0.05)	Diferença Relativa	q (0.05)	Diferença Relativa
1	9	<b>29,7</b>	29,35	1,08%	29,60	0,22%
2	12	<b>27,6</b>	26,61	3,54%	27,58	0,00%
3	10	<b>38,6</b>	38,66	0,13%	39,40	2,05%
4	8	<b>39,9</b>	40,04	0,43%	40,56	1,74%
5	6	<b>44,3</b>	43,81	1,12%	44,19	0,26%
6	11	<b>41,1</b>	40,10	2,32%	40,52	1,30%
7	6	<b>30,5</b>	31,04	1,63%	32,45	<b>6,25%</b>
8	12	<b>41,3</b>	40,77	1,24%	41,54	0,61%
9	8	<b>34,4</b>	34,28	0,32%	35,32	2,71%
10	8	<b>34,1</b>	32,92	3,57%	33,80	0,96%
11	12	<b>28,9</b>	28,28	2,29%	29,14	0,67%
12	9	<b>28,6</b>	28,69	0,28%	29,52	3,20%
13	11	<b>34,6</b>	33,92	1,81%	34,47	0,23%
14	9	<b>39,6</b>	40,61	2,46%	42,01	<b>6,00%</b>
15	7	<b>43,9</b>	41,35	<b>5,80%</b>	42,56	3,06%
16	9	<b>37,6</b>	37,26	0,99%	39,13	3,99%
17	11	<b>41,7</b>	41,27	1,03%	42,22	1,24%
18	7	<b>41,2</b>	38,34	<b>6,94%</b>	39,94	3,06%
19	13	<b>48,0</b>	47,80	0,51%	48,18	0,29%
20	10	<b>44,7</b>	43,11	3,58%	44,29	0,97%
21	7	<b>42,9</b>	43,16	0,62%	43,54	1,50%
22	12	<b>48,8</b>	48,65	0,39%	49,49	1,32%
23	6	<b>32,4</b>	29,71	<b>8,31%</b>	31,32	3,33%
24	11	<b>44,9</b>	44,11	1,73%	44,78	0,23%
25	7	<b>40,2</b>	37,87	<b>5,80%</b>	39,25	2,36%

Como se pode observar, apenas 6 dos 50 resultados (12%) obtidos diferem mais que 5% em relação ao que a NBR 12655 preconiza e em nenhum caso a diferença chega a 10%, o que mostra que o critério de amostragem parcial para amostras de 6 a 20 exemplares é satisfatório do ponto de vista estatístico.

Nos dois casos em que o resultado obtido via distribuição normal superou a margem de 5%, limite do considerado como tolerável, pode-se notar que o valor obtido pelo critério da norma é inferior. Isso reflete que esta está a favor da segurança, visto que, como o número de exemplares não é suficiente para que se modele a resistência por uma distribuição normal, o valor da resistência característica estimada deve ser minorado.

Já nos quatro casos destacados na distribuição t-Student, ocorre justamente o contrário: os valores encontrados pela NBR 12655 são superiores aos da distribuição, o que é explicado pelo pequeno número de exemplares dessa amostra (6 ou 7). Assim, como a distribuição t-Student apresenta uma cauda mais alongada devido ao pequeno número de graus de liberdade ( $v$ ), isto implica em um valor relativamente baixo para o quantil de 5%.

### 3.3 Controle por amostragem total

Conforme mencionado no item 2.5.2.2, no controle por amostragem total, todas as betonadas devem ser ensaiadas através de dois corpos de prova e a maior das resistências encontradas deve ser superior à resistência característica de projeto, para que aquela betonada seja aceita. Os resultados, detalhados no apêndice B, revelam que, dos 231 exemplares (cada um composto por dois corpos de prova) distribuídos nos 25 lotes, 23 deles foram rejeitados (marcados em vermelho) e os 208 restantes, aceitos (marcados em verde).

### 3.4 Comparação da aceitação do concreto pela NBR 12655 com as normas internacionais

#### 3.4.1 Eurocode II

Conforme descrito no item 2.6.1, a EN 206-1, a quem recorre o Eurocode 2 para os critérios de aceitação do concreto, divide a concretagem em produção inicial e produção

contínua e para cada uma são exigidos que se cumpram dois critérios descritos neste item.

Os lotes descritos no apêndice A enquadram-se na etapa de produção contínua, visto que fazem parte de uma concretagem em um momento que esta não mais se encontrava em seu estágio inicial. Porém, como um dos critérios exige a média de, pelo menos, 15 corpos de prova e o número máximo de exemplares em um dos 25 lotes é 13, tal critério não poderá ser aplicado.

Em relação ao critério que leva em conta apenas o resultado individual de cada um ( $f_i \geq f_{ck} - 4$ ), percebe-se que somente os exemplares rejeitados pelo critério de amostragem total da NBR 12655 ( $f_i \geq f_{ck}$ ) poderão ser rejeitados por este critério, visto que se trata de um critério mais permissivo. Dos 23 lotes rejeitados pela NBR 12655 (item 3.3), apenas dois são rejeitados por esse critério da EN 206-1 (exemplar 10 do lote 11 e exemplar 6 do lote 14), como mostra o apêndice C.

#### 3.4.2 ACI 318-14

Os apêndices D e E mostram, respectivamente, os lotes aceitos de acordo com o critério da média variável e os exemplares aceitos de acordo com o critério referente aos resultados individuais ( $f_i \geq f'_c - 3,5$ , para  $f'_c \leq 35MPa$ ;  $f_i \geq 0,9 * f'_c$ , para  $f'_c > 35MPa$ ). Pode-se notar que, assim como no critério da EN 206-1, os únicos exemplares rejeitados pelo critério dos resultados individuais são o 10 do lote 11 e o 6 do lote 14.

A tabela 3.4 a seguir compara a aceitação de cada um dos 25 lotes segundo o critério de amostragem parcial da NBR 12655 com a aceitação segundo o ACI 318-14.

Há de ser ressaltado que, devido às diferentes metodologias exigidas pelas normas para a retirada de exemplares, a comparação feita entre a aceitação de exemplares ou lotes de acordo com cada uma delas não é totalmente correta. Isso foi relevado no presente trabalho para permitir uma melhor visualização dos critérios de cada uma na prática e, assim, identificar o grau de rigor das mesmas.



Tabela 3.4: Comparação do critério de amostragem parcial da NBR 12655 com o ACI 318-14, em relação à aceitação do concreto

Lote	$f_{ck}$ (Projeto)	NBR 12655	ACI 318-14
		ACEITO?	ACEITO?
1	30	NÃO	SIM
2	30	NÃO	NÃO
3	40	NÃO	SIM
4	40	NÃO	SIM
5	35	SIM	SIM
6	40	SIM	SIM
7	35	NÃO	NÃO
8	40	SIM	SIM
9	35	NÃO	SIM
10	30	SIM	SIM
11	30	NÃO	SIM
12	30	NÃO	SIM
13	30	SIM	SIM
14	45	NÃO	NÃO
15	45	NÃO	SIM
16	40	NÃO	SIM
17	40	SIM	SIM
18	45	NÃO	NÃO
19	45	SIM	SIM
20	45	NÃO	SIM
21	45	NÃO	NÃO
22	45	SIM	SIM
23	35	NÃO	NÃO
24	45	NÃO	SIM
25	40	SIM	SIM

### 3.5 Comparação do controle por amostragem parcial com o controle por amostragem total da NBR 12655

A análise dos gráficos comparativos entre os dois critérios de aceitação do concreto preconizados pela NBR 12655 (apêndice F) permite tirar importantes conclusões principalmente em relação à amostragem total.

Nos lotes 1, 4, 9, 20 e 24, todos os exemplares dos respectivos lotes apresentam resistência superior à resistência de projeto e, portanto, seriam aprovados caso fossem analisados pelo critério de amostragem total. Porém, caso fossem analisados como parte

integrante dos lotes e os lotes fossem analisados pelo critério de amostragem parcial, eles seriam reprovados, visto que suas resistências características estimadas são inferiores às respectivas resistências características de projeto.

No exemplar número 3 do lote 4, as resistências dos dois corpos de prova ensaiados foram 39,9 e 40,9 (a resistência de projeto, para esse lote, é de 40 MPa). Como a NBR 12655 determina que o maior dos valores encontrados deve ser o representativo do exemplar, tem-se que a resistência desse exemplar é 40,9 e, no caso de ele ser analisado via amostragem total, seria aceito. O mesmo caso, no qual um exemplar apresenta um corpo de prova com resultado inferior e outro com resultado superior à resistência de projeto, é observado no exemplar 4 do lote 1, nos exemplares 4 e 5 do lote 21 e no exemplar 2 do lote 25.

Essas situações mostram que o critério de amostragem total, por mais que envolva o ensaio de 100% das betonadas, não é totalmente seguro. Ao permitir a aceitação de exemplares que seriam rejeitados na amostragem parcial, esse tipo de controle mostra sua incompatibilidade com o conceito de resistência característica à compressão (isto é, a resistência que deve ser atendida por 95% do volume de concreto), visto que, conforme mostrado no item 3.2.2, a amostragem parcial apresenta resultados bem próximos relativamente a esta definição.

Uma nova abordagem relativamente ao controle por amostragem total será sugerida no capítulo 4, utilizando o Teorema de Bayes.

## 4. Abordagem Bayesiana para o controle por amostragem total

### 4.1 Teorema de Bayes

No âmbito da Teoria de Probabilidades, as definições de probabilidade podem ser três.

Na definição clássica, caso um acontecimento possa ocorrer de  $N$  formas distintas e um número  $N_A$  desses eventos possuam um atributo  $A$ , a probabilidade, *a priori*, da ocorrência de  $A$ , definida por  $P(A)$ , é dada por:

$$P(A) = \frac{N_A}{N} \quad (4-1)$$

Na definição frequencista, caso um evento  $A$  seja observado  $n_A$  vezes na realização de  $n$  experimentos, a probabilidade, *a posteriori*, de que o evento  $A$  ocorra na próxima realização do experimento é dada por:

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n_A}{n} \quad (4-2)$$

Por fim, na definição Bayesiana, a probabilidade de ocorrência de um evento está associada a um grau de confiança a ele atribuído em função do nível de informação que se tem a respeito dele, e não ao acontecimento em si (BECK, 2012). Matematicamente, sua definição é desenvolvida a partir do conceito de probabilidade condicional. Sejam dois eventos distintos  $A$  e  $B$ . A probabilidade de  $A$  dada a ocorrência de  $B$  é definida por:

$$P(A | B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (4-3)$$

Desse conceito, JACINTO (2011) mostra que, a partir do teorema da multiplicação das probabilidades e do teorema da probabilidade total, chega-se ao teorema de Bayes:

$$P(A_i | B) = \frac{P(B | A_i) \cdot P(A_i)}{P(B | A_1) \cdot P(A_1) + P(B | A_2) \cdot P(A_2) + \dots + P(B | A_N) \cdot P(A_N)} \quad (4-4)$$

Onde:

$A_i$  = eventos mutuamente exclusivos cuja soma corresponde ao espaço amostral.

Quando, ao invés de acontecimentos A e B e respectivas probabilidades, tratar-se de um problema com as variáveis X e Y e respectivas distribuições de probabilidade, o teorema de Bayes assume sua versão contínua, dada por:

$$f(x | y) = \frac{f(y | x) \cdot f(x)}{\int_{-\infty}^{\infty} f(y | x) \cdot f(x) dx} \quad (4-5)$$

## 4.2 Combinação de resultado amostral com conhecimento prévio

A aplicação da visão Bayesiana na atualização de informações reais pode levar a importantes resultados na área da estatística. Conforme propõem STUCCHI e SANTOS (2017), resultados de ensaios de resistência à compressão em corpos de prova de concreto podem ser atualizados considerando-se que as concreteiras e construtoras possuem um vasto conhecimento técnico prévio de metodologias e procedimentos para que o produto (concreto) atinja a resistência especificada em projeto. Dessa forma, o peso dado ao conhecimento prévio em relação aos resultados de campo seria de responsabilidade do responsável técnico, a quem caberia o julgamento de engenharia, que também deveria levar em consideração aspectos como as condições meteorológicas no dia da concretagem, qualidade dos materiais utilizados, dentre outros.

A materialização dessa combinação é desenvolvida em JACINTO (2011). As informações amostrais, modeladas por uma distribuição normal, possuem os parâmetros:  $\bar{x}$  (média),  $s$  (desvio padrão) e  $n$  (número de amostras).

O conhecimento prévio, modelado por uma distribuição t-Student, terá média  $\mu_0$ , desvio padrão  $s_0$ , número de amostras  $n_0$  (valor que representa o peso a ser dado ao conhecimento prévio) e parâmetros auxiliares  $\alpha_0$  e  $\beta_0$ , cujas fórmulas estão contidas nas equações (4-6) e (4-7), respectivamente:

$$\alpha_0 = \frac{(n_0 - 1)}{2} \quad (4-6)$$

$$\beta_0 = \frac{(n_0)}{2} s_0^2 \quad (4-7)$$

Por fim, a distribuição *a posteriori*, que combina a informação amostral com o conhecimento prévio, é uma distribuição t-Student dada por:

$$f_x(x) = St(x|\mu_n, \sqrt{\left(1 + \frac{1}{n_n}\right) \frac{\beta_n}{\alpha_n}}, 2 \cdot \alpha_n) \quad (4-8)$$

Onde:

$$\mu_n = \frac{n_0\mu_0 + n\mu}{n_0 + n} \quad (4-9)$$

$$n_n = n_0 + n \quad (4-10)$$

$$\beta_n = \beta_0 + \frac{n-1}{2} s^2 + \frac{n_0 n (\mu_0 - \bar{x})^2}{2(n_0 + n)} \quad (4-11)$$

### 4.3 Atualização do controle por amostragem total

Para cada um dos exemplares dos lotes 1, 4, 9, 20 e 24, citados no item 3.5, foi utilizada a metodologia descrita no item 4.2 para modelagem das distribuições de probabilidades e atualização dos valores de resistência à compressão dos corpos de prova.

Para as informações amostrais, a média  $\bar{x}$  e o desvio padrão  $s$  foram calculados a partir dos resultados dos dois corpos de prova que representam cada exemplar, de forma que o número  $n$  de amostras tomado foi dois.

Para o conhecimento prévio, os valores de  $\mu_0$  e  $s_0$  foram tomados de tal maneira a que a resistência característica, numa distribuição t-Student, correspondesse à resistência de projeto daquela amostra, considerando um coeficiente de variação de 0,10. Os valores de  $n_0$  utilizados foram de 3, 10, 20 e 50, para que se pudesse analisar o impacto da variação do peso dado ao conhecimento prévio.

Assim, na distribuição t-Student *a posteriori*, o valor da resistência de cada corpo de prova atualizado foi tomado utilizando a função de distribuição acumulada, no programa Mathcad, em procedimento semelhante ao descrito no item 3.2.2.

Os resultados para os diferentes valores de  $n_0$  estão resumidos nas tabelas 4.1 a 4.5 a seguir.

Tabela 4.1: Atualização Bayesiana nos exemplares do lote 1 para diversos valores de

$n_0$ .

Lote	Exemplar	$f_{ck}$ (Projeto)	fck (Am. Total)	$n_0 = 3$	$n_0 = 10$	$n_0 = 20$	$n_0 = 50$
1	1	30,0	30,8	20,2	28,1	29,1	29,6
	2	30,0	30,9	20,3	28,2	29,1	29,6
	3	30,0	30,4	19,8	27,9	29,0	29,6
	4	30,0	30,0	19,4	27,7	28,9	29,6
	5	30,0	30,3	19,7	27,9	29,0	29,6
	6	30,0	30,8	20,3	28,2	29,1	29,6
	7	30,0	32,8	22,5	29,1	29,6	29,8
	8	30,0	31,1	20,7	28,3	29,2	29,7
	9	30,0	31,3	21,0	28,5	29,3	29,7

Tabela 4.2: Atualização Bayesiana nos exemplares do lote 4 para diversos valores de

$n_0$ .

Lote	Exemplar	$f_{ck}$ (Projeto)	fck (Am. Total)	$n_0 = 3$	$n_0 = 10$	$n_0 = 20$	$n_0 = 50$
4	1	40,0	43,9	30,7	39,1	39,6	39,9
	2	40,0	41,2	27,3	37,7	38,9	39,5
	3	40,0	40,9	26,6	37,3	38,7	39,5
	4	40,0	43,0	29,4	38,6	39,4	39,8
	5	40,0	43,4	29,7	38,7	39,4	39,8
	6	40,0	43,4	29,8	38,7	39,4	39,8
	7	40,0	45,2	32,6	39,7	39,9	40,0
	8	40,0	42,2	28,4	38,1	39,1	39,7

Tabela 4.3: Atualização Bayesiana nos exemplares do lote 9 para diversos valores de

$n_0$ .

Lote	Exemplar	$f_{ck}$ (Projeto)	fck (Am. Total)	$n_0 = 3$	$n_0 = 10$	$n_0 = 20$	$n_0 = 50$
9	1	35,0	41,2	30,4	35,3	35,2	35,1
	2	35,0	42,9	33,3	35,9	35,4	35,2
	3	35,0	43,0	33,4	35,9	35,4	35,2
	4	35,0	36,4	24,4	33,2	34,1	34,7
	5	35,0	37,5	25,8	33,8	34,4	34,8
	6	35,0	36,2	23,8	32,9	34,0	34,6
	7	35,0	41,1	30,7	35,4	35,2	35,1
	8	35,0	41,8	31,6	35,6	35,3	35,1

Tabela 4.4: Atualização Bayesiana nos exemplares do lote 20 para diversos valores de  $n_0$ .

Lote	Exemplar	$f_{ck}$ (Projeto)	fck (Am. Total)	$n_0 = 3$	$n_0 = 10$	$n_0 = 20$	$n_0 = 50$
20	1	45	56,8	45,2	46,4	45,7	45,2
	2	45	57,0	45,6	46,4	45,7	45,3
	3	45	46,2	30,3	42,2	43,6	44,5
	4	45	54,8	42,3	46,0	45,5	45,2
	5	45	47,8	32,6	43,2	44,2	44,7
	6	45	51,1	37,2	44,9	45,0	45,0
	7	45	52,0	38,4	45,2	45,1	45,1
	8	45	53,1	39,9	45,6	45,3	45,1
	9	45	46,1	30,5	42,3	43,7	44,5
	10	45	47,3	32,0	42,9	44,0	44,6

Tabela 4.5: Atualização Bayesiana nos exemplares do lote 20 para diversos valores de  $n_0$ .

Lote	Exemplar	$f_{ck}$ (Projeto)	fck (Am. Total)	$n_0 = 3$	$n_0 = 10$	$n_0 = 20$	$n_0 = 50$
24	1	45,0	46,6	31,2	42,6	43,8	44,5
	2	45,0	51,1	37,3	44,9	45,0	45,0
	3	45,0	48,8	33,8	43,7	44,4	44,8
	4	45,0	46,9	31,3	42,6	43,9	44,6
	5	45,0	49,5	35,2	44,2	44,7	44,9
	6	45,0	45,8	30,1	42,1	43,6	44,4
	7	45,0	48,9	33,8	43,7	44,4	44,8
	8	45,0	46,9	31,0	42,5	43,8	44,5
	9	45,0	55,0	42,9	46,1	45,6	45,2
	10	45,0	51,1	37,2	44,8	45,0	45,0
	11	45,0	51,1	37,2	44,8	45,0	45,0

Uma rápida análise das tabelas já permite descartar os valores  $n_0 = 3$  e  $n_0 = 50$  como referências para o peso a ser dado ao conhecimento prévio. No caso de  $n_0 = 3$ , fica nítido que a atualização Bayesiana fornece valores excessivamente baixos de  $f_{ck}$ , o que pode ser explicado pelo pequeno número de graus de liberdade da distribuição t-Student resultante, que reflete numa curva de cauda longa. Quando  $n_0 = 50$ , os valores de  $f_{ck}$  ficam significativamente próximos do valor de projeto, visto que, devido ao peso excessivo dado ao conhecimento prévio (cujo  $f_{ck}$  é igual ao de projeto), não há praticamente nenhuma interferência dos valores de ensaio, o que tornam tal valor não adequado.

Para  $n_0 = 10$  e  $n_0 = 20$ , verifica-se que os valores atualizados ainda sofrem uma significativa interferência dos valores de ensaio, com uma correção mais natural do conhecimento prévio, o que mostra que, no julgamento de engenharia a ser feito, valores para  $n_0$  dentro dessa faixa são recomendados. Nesse sentido, o valor de  $n_0$  deve ser diretamente proporcional à confiança que se tem na central produtora daquele concreto. Um importante “medidor de confiança” é o desvio padrão da central, que é calculado através dos resultados das amostragens executadas durante um período pré-estabelecido. A NBR 7212/2012 (“Execução de concreto dosado em central”) divide as centrais em 4 categorias, de acordo com o desvio padrão, conforme tabela 4.6 abaixo:

Local de preparo do concreto	Desvio-padrão MPa			
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Central	$S_n < 3,0$	$3,0 < S_n < 4,0$	$4,0 < S_n < 5,0$	$S_n > 5,0$

Tabela 4.6: Níveis de centrais de concreto de acordo com o desvio padrão

STUCCHI e SANTOS (2017) usam como referência o valor de  $n_0 = 10$  para comparar os resultados obtidos pela atualização Bayesiana com o valor de  $f_{ck} = 0,93 f_{cm}$ , valor este proposto por STUCCHI (2015). Para chegar a este valor, considerou-se cada betonada como um sub-universo com coeficiente de variação de 4,5%, que engloba tanto sua variabilidade como erros de medida. Assim, tem-se que:

$$f_{ck} = f_{cm} * (1 - 1,645 * 0,045) \cong 0,93 f_{cm} \quad (4-12)$$

A mesma comparação foi, então, empregada nos exemplares dos cinco lotes, tanto para o coeficiente 0,93 quanto para coeficientes imediatamente inferiores (até 0,89); os resultados encontram-se no Apêndice G. Há de ser ressaltado que não foram testados coeficientes superiores a 0,93 por constatar-se que, para esse coeficiente, todos os valores encontrados foram superiores aos da atualização Bayesiana, de onde se concluiu que, para coeficientes superiores, os erros relativos seriam sempre maiores.

A Tabela 4.7 mostra o resumo dos desvios obtidos para cada índice, em relação aos valores encontrados pela atualização Bayesiana.



Tabela 4.7: Resumo dos desvios obtidos para cada índice em relação à atualização Bayesiana, para  $n_0 = 10$ .

Lote	0,93 fcm	0,92 fcm	0,91 fcm	0,90 fcm	0,89 fcm
1	1,21%	0,57%	1,79%	2,42%	3,26%
4	2,64%	1,64%	2,58%	3,10%	3,84%
9	6,14%	5,01%	6,92%	6,57%	6,22%
20	6,34%	5,24%	4,57%	4,29%	4,02%
24	3,89%	2,83%	2,29%	2,07%	2,22%
MÉDIA:	4,04%	3,06%	3,63%	3,69%	3,91%

Como se pode notar, o valor que apresenta os menores desvios, em relação à atualização com  $n_0 = 10$ , é o de 0,92, o que corresponde a um valor de aproximadamente 4,86% para o coeficiente de variação de cada betonada.

#### 4.4 Aceitação do concreto atualizado

Com erro médio de apenas 3,06% em relação aos valores da atualização Bayesiana com  $n_0 = 10$ , a consideração do  $f_{ck}$  de cada exemplar como  $f_{ck} = 0,92 f_{cm}$  mostra-se uma alternativa interessante ao critério atual de amostragem total preconizado pela NBR 12655, no qual a resistência do exemplar é dada apenas pelo maior valor entre os encontrados nos ensaios dos dois corpos de prova.

Os gráficos 4.1 a 4.5 ilustram os efeitos dessa atualização, bem como comparam com os valores obtidos pelo critério de amostragem parcial para cada um dos lotes em estudo.

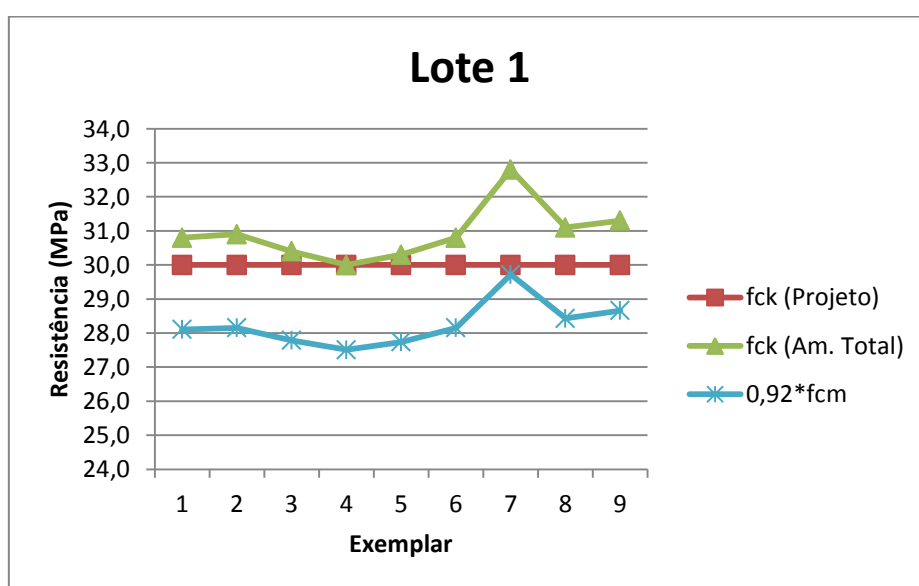


Gráfico 4.1: Comparação geral dos resultados obtidos para o lote 1

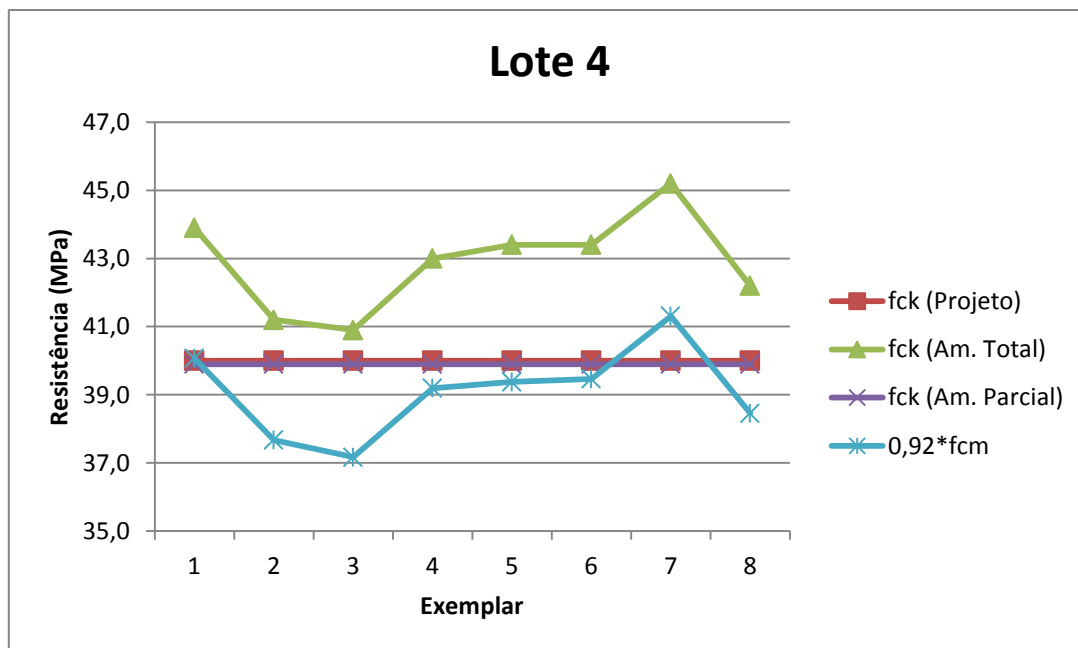


Gráfico 4.2: Comparação geral dos resultados obtidos para o lote 4

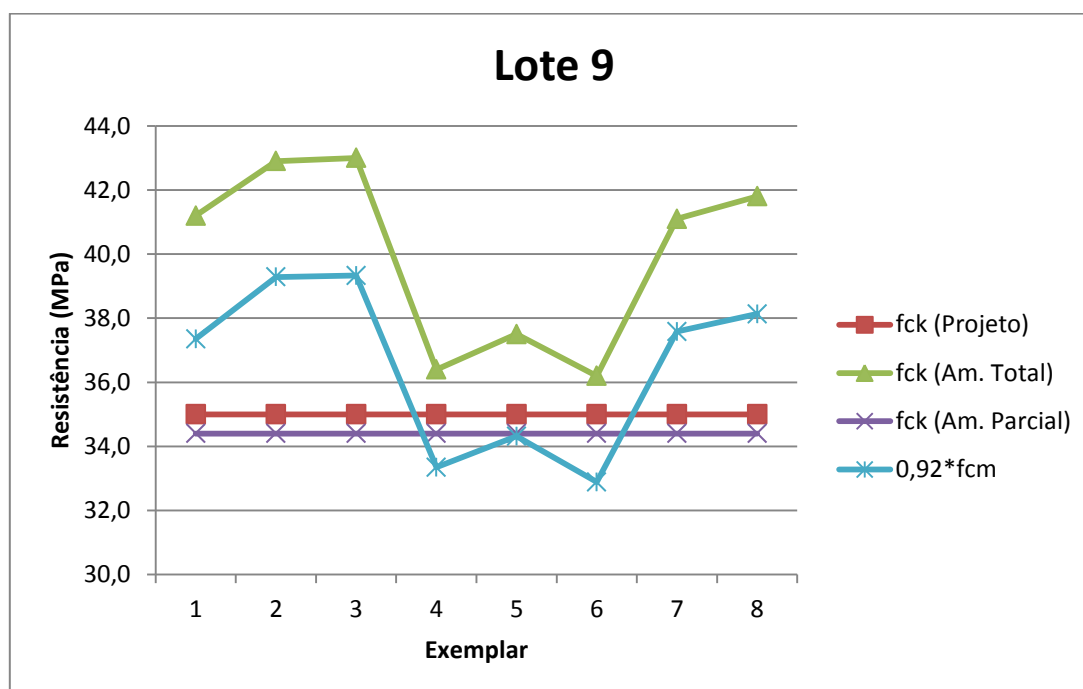


Gráfico 4.3: Comparação geral dos resultados obtidos para o lote 9

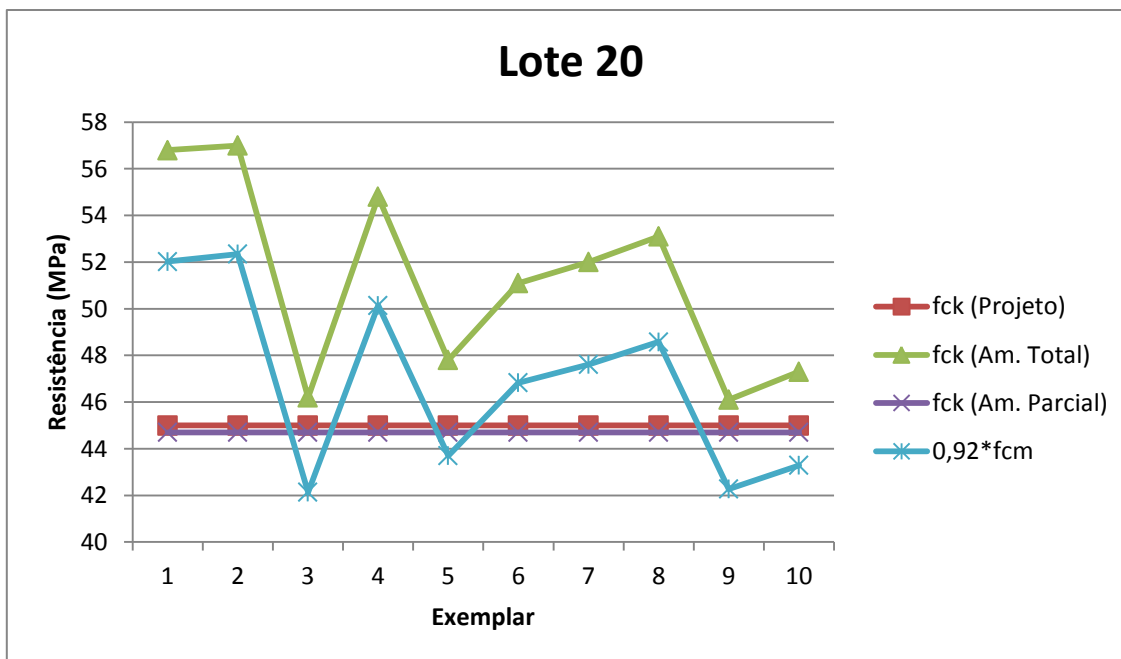


Gráfico 4.4: Comparação geral dos resultados obtidos para o lote 20

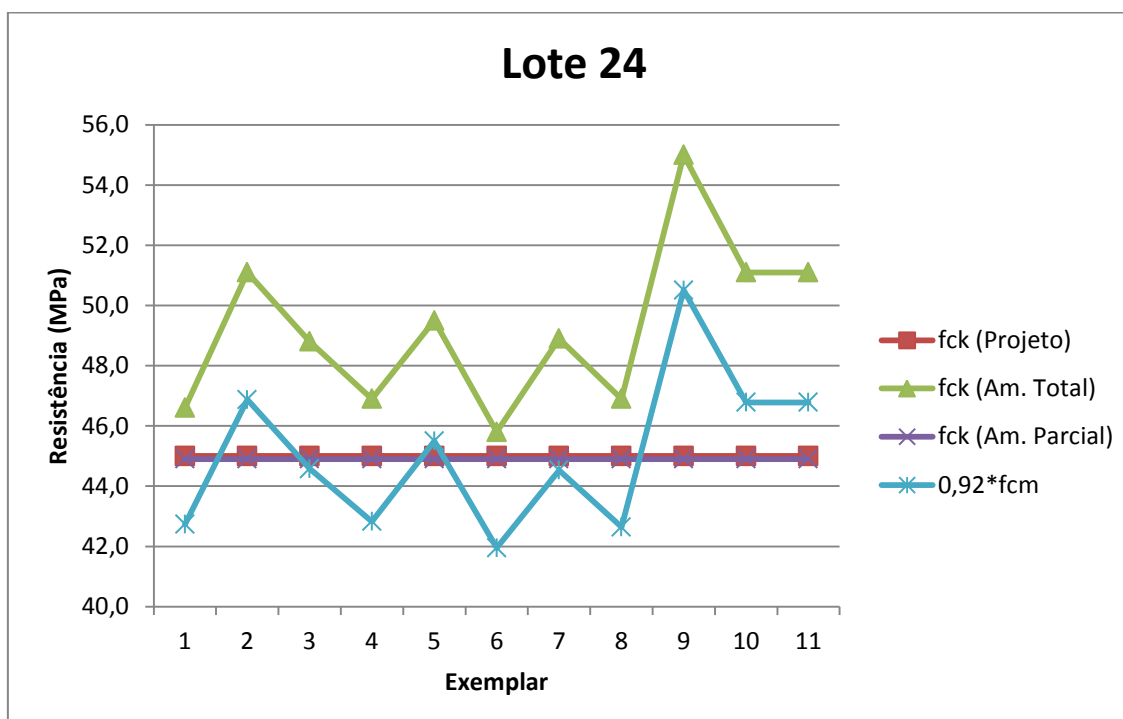


Gráfico 4.5: Comparação geral dos resultados obtidos para o lote 24

Conforme destacado no item 3.5, para os cinco lotes em estudo, os resultados individuais de cada exemplar, de acordo com o controle por amostragem total da NBR 12655/2015, estiveram sempre acima da resistência característica de projeto, apesar de, caso analisados como parte integrante de seus respectivos lotes, estes seriam reprovados pelo controle por amostragem parcial.

Com a atualização dos resultados individuais através da fórmula  $f_{ck} = 0,92 f_{cm}$ , pode-se observar que apenas 17 desses 46 seriam aceitos pelo critério da amostragem total “atualizado”, o que condiz mais com o controle por amostragem parcial, mas também leva em consideração o resultado da amostra em si.

## 5. Conclusões e sugestões

Mesmo sendo impossível garantir-se integralmente a segurança de uma estrutura, é imprescindível que se trabalhe com probabilidades de falha aceitáveis na área da engenharia.

Nesse sentido, o controle da aceitação do concreto tem sua importância ligada ao fato de ser o veredicto em relação à aprovação ou não de certo volume de um material cuja falha pode acarretar perdas e danos muitas vezes enormes e cujo processo de produção e ensaio lidam com incertezas de difícil mensuração.

Ao comparar os padrões exigidos pela NBR 12655:2015 com os do ACI e Eurocode, normas internacionais reconhecidas, a primeira impressão é que a norma brasileira apresenta mais segurança em relação à aceitação do concreto. Porém, a confirmação dessa hipótese só seria possível através de estudos mais aprofundados em relação ao controle tecnológico do concreto no Brasil comparativamente às regiões sob jurisprudência dessas outras normas, através dos quais se poderia concluir se esse rigor a mais na aceitação não é uma forma de compensação de uma maior precariedade no controle do processo produtivo.

O controle por amostragem parcial mostrou-se um critério em sintonia praticamente perfeita com a definição de resistência característica à compressão, apresentando resultados muito semelhantes aos obtidos através da modelagem dos dados de ensaio em distribuições normais e t-Student.

Por outro lado, no controle por amostragem total, fica claro que o critério definido na nova versão de 2015 ignora a definição probabilística de resistência característica, bem como apresenta incompatibilidade com o controle por amostragem parcial. Ao definir a resistência característica de uma betonada como o maior valor encontrado pelo ensaio de dois corpos de prova, não há nenhum indício de que esse valor possa ser aquele abaixo do qual se encontra a resistência de apenas 5% do volume da betonada.

Neste trabalho se propôs uma adaptação ao atual método de controle por amostragem total através de uma abordagem Bayesiana, em continuidade a estudos desenvolvidos nesse sentido.

Seria interessante, entretanto, o desenvolvimento de trabalhos que relacionassem os níveis de classificação das centrais de concreto (conforme a NBR 7212:2012) com o peso a ser dado ao conhecimento prévio na abordagem Bayesiana, de forma que centrais com menor desvio padrão (em outras palavras, com maior controle no processo produtivo) pudessem contar com um maior grau de confiança, de acordo com a visão Bayesiana.

## 6. Referências Bibliográficas

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI 318-14 **Building Code Requirements for Structural Concrete**. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. 2015. NBR 12655. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. 2006. NBR 12655. Rio de Janeiro.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de concreto dosado em central - Procedimento**. 2012. NBR 7212. Rio de Janeiro.

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 7 ed. Florianópolis, Editora da UFSC, 2010

BASTOS, F. P. S. **Análise de Confiabilidade de Seções Submetidas à Flexão Simples e Composta Pelo Método de Monte Carlo**. 2012. Projeto de Graduação. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BECK, A. T. **Curso de Confiabilidade Estrutural**. 2012. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BECK, A. T. **Quantificação de incertezas em engenharia de estruturas**. In: VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 21-23 de maio, 2014. Rio de Janeiro.

BITTENCOURT, H. R.; VIALI, L. **Contribuições para o Ensino da Distribuição Normal ou Curva de Gauss em Cursos de Graduação**. In: III Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática. 2006. Disponível em:

[http://www.pucrs.br/famat/viali/mestrado/literatura/artigos/planilhas/Sipem\\_06.pdf](http://www.pucrs.br/famat/viali/mestrado/literatura/artigos/planilhas/Sipem_06.pdf).

Acessado em 23 jun. 2017.

EUROPEAN STANDARD EN 206-1. **Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity**. 2000.

FARIA, R. **Concreto não conforme**. Revista Técnica. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/152/artigo287700-1.aspx>. Acessado em 29 jun. 2017.

JACINTO, L. A. C. **Avaliação da Segurança de Pontes existentes – Abordagem Probabilística Bayesiana**. 2011. Dissertação apresentada para obtenção do grau de doutor em Engenharia Civil, especialidade de Estruturas, pela Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.

MAGALHÃES, F. C. **Estudo probabilístico da resistência à compressão e da resistência à tração na flexão dos concretos utilizados na construção do dique seco do Estaleiro Rio Grande, no Superporto, em Rio Grande-RS**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3.ed. São Paulo, IBRACON, 2008.

NAVIDI, W. **Probabilidade e Estatística para Ciências Exatas**. 1 ed. AMGH Editora Ltda, 2012

PACHECO, J.; HELENE, P. **Boletín Técnico: Controle da resistência do concreto Brasil**. 2013. ALCONPAT.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 5 ed. Porto Alegre. Editora Globo, 1978.

SANTIAGO, W. C. **Estudo da não conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade estrutural**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos.

STUCCHI, F. R. **Controle da Resistência do Concreto, Estruturas Existentes e a Teoria da Confiabilidade**. Palestra na Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, (ABECE). São Paulo, 2015.



STUCCHI, F. R.; SANTOS, S. H. C. **Updating of Concrete Resistances: Proposal of an Alternative to the Brazilian Standard NBR 12655 Criteria Based on a Bayesian Approach.** In: 12<sup>th</sup> International Conference on Structural Safety & Reliability, August 2017. Vienna, Austria.

ZALAF, R. F.; FILHO, S. R. M.; BRAZ, T. C. **Estudo do Controle Tecnológico e Recebimento do Concreto em Obra.** 2014. Projeto de Graduação. Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

# Apêndices

## Apêndice A

Tabela A.1: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 1

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	30,8	30,3
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	30,3	30,9
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	30,4	30,0
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	30,0	29,8
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	30,3	30,0
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	30,4	30,8
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	31,8	32,8
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	30,7	31,1
19/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 4ª ETAPA	31,0	31,3

Tabela A.2: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 2

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	36,6	37,5
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	37,0	36,4
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	30,8	31,4
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	34,5	33,8
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	31,1	31,3
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	31,3	31,5
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	30,6	31,2
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	33,4	34,2
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	35,0	34,0
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	32,2	32,5
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	28,2	28,4
30/01/2013	30	8,00	PISO DA USINA 7ª ETAPA	27,1	27,5

Tabela A.3: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 3

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	41,0	42,2
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	44,0	45,1
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	38,9	39,8
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	40,0	40,4
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	43,5	44,0
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	43,4	44,1
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	42,4	42,8
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	43,3	44,0
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	46,3	47,8
31/08/2013	40	8,00	LAJE DO 1ºPAV. DA TORRE C1	46,5	47,7

Tabela A.4: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 4

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
07/10/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA TORRE C1	43,9	43,2
07/10/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA TORRE C1	41,2	40,7
07/10/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA TORRE C1	39,9	40,9
07/10/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA TORRE C1	43,0	42,2
07/10/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA TORRE C1	42,2	43,4
07/10/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA TORRE C1	42,4	43,4
07/10/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA TORRE C1	45,2	44,6
07/10/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA TORRE C1	42,2	41,4

Tabela A.5: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 5

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
18/10/2013	35	8,00	P10 DO 6ºPAV DA TORRE C1	44,7	43,0
18/10/2013	35	8,00	P10, P09 DO 6ºPAV DA TORRE C1	43,4	45,0
18/10/2013	35	8,00	P09, P17 DO 6ºPAV DA TORRE C1	44,7	45,6
18/10/2013	35	8,00	P15, P16 DO 6ºPAV DA TORRE C1	44,9	45,9
18/10/2013	35	8,00	P7, P8 DO 6ºPAV DA TORRE C1	45,8	46,4
18/10/2013	35	8,00	P18, P1, P2 DO 6ºPAV DA TORRE C1	43,5	44,6

Tabela A.6: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 6

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	41,0	41,7
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	44,6	44,8
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	43,4	42,3
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	44,6	44,8
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	45,9	46,6
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	43,4	44,1
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	43,5	42,2
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	39,7	41,0
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	42,3	41,7
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	39,7	41,7
27/11/2013	40	8,00	LAJE DO 4ºPAV. DA C2	42,2	42,3

Tabela A.7: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 7

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
09/12/2013	35	8,00	P14 DO 12ºPAV. C1	37,8	38,5
09/12/2013	35	8,00	P14 DO 12ºPAV. C1	36,5	37,6
09/12/2013	35	8,00	P14, P11 DO 12ºPAV. C1	36,7	37,6
09/12/2013	35	8,00	P11, P12 DO 12ºPAV. C1	34,0	33,6
09/12/2013	35	8,00	P12 DO 12ºPAV. C1	32,7	33,2
09/12/2013	35	8,00	P12 DO 12ºPAV. C1	39,0	40,0

Tabela A.8: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 8

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	46,7	47,4
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	49,3	49,6
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	43,2	44,1
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	49,6	50,8
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	45,9	47,1
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	51,6	52,3
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	49,9	50,8
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	45,5	46,5
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	42,8	43,5
16/12/2013	40	8,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	47,8	48,6
16/12/2013	40	6,00	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	40,6	41,7
16/12/2013	40	8,50	LAJE DO 6ºPAV. DA TORRE C2	42,3	43,4

Tabela A.9: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 9

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
07/01/2014	35	8,00	LAJE DO 14ºPAV. C1	40,0	41,2
07/01/2014	35	8,00	LAJE DO 14ºPAV. C1	42,5	42,9
07/01/2014	35	8,00	LAJE DO 14ºPAV. C1	42,5	43,0
07/01/2014	35	8,00	LAJE DO 14ºPAV. C1	36,1	36,4
07/01/2014	35	8,00	LAJE DO 14ºPAV. C1	37,1	37,5
07/01/2014	35	8,00	LAJE DO 14ºPAV. C1	35,3	36,2
07/01/2014	35	7,00	LAJE DO 14ºPAV. C1	40,6	41,1
07/01/2014	35	8,00	LAJE DO 14ºPAV. C1	41,1	41,8

Tabela A.10: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 10

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
16/01/2014	30	8,00	LAJE DO 15ºPAV. C1	33,5	36,5
16/01/2014	30	8,00	LAJE DO 15ºPAV. C1	35,5	36,8
16/01/2014	30	8,00	LAJE DO 15ºPAV. C1	38,9	39,3
16/01/2014	30	8,00	LAJE DO 15ºPAV. C1	34,3	34,5
16/01/2014	30	8,00	LAJE DO 15ºPAV. C1	35,3	35,4
16/01/2014	30	8,00	LAJE DO 15ºPAV. C1	37,9	40,8
16/01/2014	30	8,00	LAJE DO 15ºPAV. C1	39,7	41,1
16/01/2014	30	6,00	LAJE DO 15ºPAV. C1	37,0	38,1

Tabela A.11: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 11

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	35,1	36,0
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	33,5	34,0
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	38,3	38,9
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	34,7	35,4
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	34,0	34,8
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	38,5	39,2
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	35,0	35,7
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	34,9	36,1
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	36,8	37,3
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	25,7	26,1
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	30,8	31,3
07/02/2014	30	8,00	LAJE DO 17ºPAV. C1	39,7	40,3

Tabela A.12: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 12

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	34,8	35,5
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	37,5	38,1
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	34,4	34,8
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	34,1	34,7
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	32,6	33,5
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	29,4	29,8
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	28,7	29,8
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	33,4	34,0
06/03/2014	30	8,00	LAJE DO 19ºPAV. C1	34,1	34,7

Tabela A.13: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 13

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	34,9	35,4
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	38,7	39,2
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	41,5	42,3
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	36,9	37,5
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	37,1	37,7
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	33,7	34,8
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	39,4	40,1
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	39,1	40,1
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	37,0	38,0
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	36,6	37,3
09/05/2014	30	8,00	LAJE DO 24º PAV. C1	35,8	36,6



Tabela A.14: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 14

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
01/07/2014	45	5,00	SAPATA P39, P38	51,3	51,8
01/07/2014	45	5,00	SAPATA P37, P38	49,5	50,2
01/07/2014	45	8,00	SAPATA P113	52,2	52,8
01/07/2014	45	7,00	SAPATA P113	53,6	54,7
01/07/2014	45	4,50	SAPATA P116	51,2	50,1
02/07/2014	45	8,00	SAPATA P13	39,6	40,2
02/07/2014	45	3,50	SAPATA P13	43,5	44,5
03/07/2014	45	5,00	SAPATA P6	48,7	49,5
03/07/2014	45	4,00	SAPATA P136	48,1	49,0

Tabela A.15: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 15

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
26/07/2014	45	7,0	SAPATA P122	46,5	47,1
26/07/2014	45	7,0	SAPATA P122	43,9	44,5
26/07/2014	45	7,0	SAPATA P127	44,0	44,2
26/07/2014	45	7,0	SAPATA P127	48,9	49,5
26/07/2014	45	7,0	SAPATA P127	47,6	48,4
26/07/2014	45	7,0	SAPATA 131	44,0	44,8
26/07/2014	45	7,0	SAPATA 131	50,6	51,4

Tabela A.16: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 16

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
14/08/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	47,8	48,8
14/08/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	52,2	52,8
14/08/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	52,7	58,0
14/08/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	38,7	39,2
14/08/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	48,3	49,0
14/08/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	46,5	47,5
14/08/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	49,1	50,0
14/08/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	53,9	52,6
14/08/2014	40	4,00	LAJE E VIGAS DO G4 2º ETAPA DA TORRE	40,4	41,0

Tabela A.17: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 17

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	52,0	52,9
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	47,9	47,0
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	45,8	45,2
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	53,5	54,6
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	40,6	41,0
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	47,9	48,8
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	47,5	48,6
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	50,4	48,5
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	43,9	44,7
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	50,3	51,0
15/09/2014	40	8,00	LAJE E VIGAS DO TERREO DA TORRE 2º ETAPA	47,1	47,7

Tabela A.18: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 18

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
09/10/2014	45	7,00	Sapata P283	52,8	52,4
09/10/2014	45	7,00	Sapata P284	41,3	41,7
09/10/2014	45	7,00	Sapata P285	46,2	45,4
09/10/2014	45	7,00	Sapata P286	47,9	47,5
09/10/2014	45	7,00	Sapata P287	45,8	46,6
09/10/2014	45	7,00	Sapata P288	42,4	43,2
09/10/2014	45	7,00	Sapata P289	42,5	43,7

Tabela A.19: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 19

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	50,4	49,7
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	53,4	51,4
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	52,5	50,1
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	52,6	52,2
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	49,7	50,4
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	52	50
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	47,1	47,4
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	52,3	51,2
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	48,9	48,6
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	50,1	51,4
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	50	48,9
13/11/2014	45	8,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	54,2	53,8
13/11/2014	45	3,00	Laje e vigas do G4 2º ETAPA DA TORRE	50,8	49,2

Tabela A.20: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 20

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	56,3	56,8
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	56,8	57
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	45,4	46,2
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	54,2	54,8
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	47,2	47,8
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	50,7	51,1
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	51,5	52
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	53,1	52,5
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	46,1	45,8
27/11/2014	45	8,00	Laje e vigas G3 da torre 1ª etapa	46,8	47,3

Tabela A.21: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 21

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
02/12/2014	45	7,00	SAPATA P288 COMPLEMENTO	45,4	45,5
02/12/2014	45	7,00	SAPATA P288 COMPLEMENTO	46,2	46,2
02/12/2014	45	7,00	SAPATA P288 COMPLEMENTO	43,1	43,5
02/12/2014	45	7,00	SAPATA P288 COMPLEMENTO	44	45,1
02/12/2014	45	7,00	SAPATA P288 COMPLEMENTO	45,4	44,5
02/12/2014	45	7,00	SAPATA P288 COMPLEMENTO	44,9	44,4
02/12/2014	45	7,00	SAPATA P288 COMPLEMENTO	43,1	44,3

Tabela A.22: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 22

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	56,3	57,1
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	60,1	60,8
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	51,7	52,8
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	58,4	59,5
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	55	55,9
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	46,4	47,4
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	53,7	54,7
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	54,6	55,8
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	54,2	54,8
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	56	57
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	58,3	59,5
10/12/2014	45	8,00	LAJE E VIGAS DO G2 1ª ETAPA DA TORRE	50,9	51,9

Tabela A.23: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 23

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
16/12/2014	35	8,00	P23 , P10 DO 7º PAV. DA TORRE	33,8	34,1
16/12/2014	35	8,00	PILAR P7 DO 7º PAV. DA TORRE	32,5	32,0
16/12/2014	35	8,00	PILAR P7, P1, P2, P3 DO 7º PAV. DA TORRE	37,5	39,0
16/12/2014	35	8,00	PILAR P3, P4, P5, P6 DO 7º PAV. TORRE	37,5	38,9
16/12/2014	35	8,00	P5, P18 DO 7º PAV. DA TORRE	33,6	34,2
16/12/2014	35	8,00	PILAR P13, P17, P21 DO 7º PAV. DA TORRE	39,0	39,2

Tabela A.24: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 24

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	46,3	46,6
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	51,1	50,8
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	48,1	48,8
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	46,9	46,2
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	49,5	49,4
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	45,4	45,8
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	48,9	47,9
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	46,9	45,8
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	55	54,8
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	50,6	51,1
05/05/2015	45	8,00	LAJE E VIGAS DO 5ºPAVIMENTO E 1 ETAPA DA TORRE	50,6	51,1

Tabela A.25: Resultados da resistência à compressão dos corpos de prova do lote 25

Data	FCK de Projeto (Mpa)	Volume Caminhão (m³)	Elemento Concretado	Resultados ( Mpa )	
				28 dias (fck)	
19/11/2015	40	7,00	SAPATA P219 DO SHOPPING	41,5	42,2
19/11/2015	40	7,00	SAPATA P219 DO SHOPPING	39,1	40,6
19/11/2015	40	7,00	SAPATA P219 DO SHOPPING	42,7	43,7
19/11/2015	40	7,00	SAPATA P219 DO SHOPPING	41,8	41,8
19/11/2015	40	7,00	SAPATA P219 DO SHOPPING	48	48,3
19/11/2015	40	7,00	SAPATA P219 DO SHOPPING	46,5	47,2
19/11/2015	40	7,00	SAPATA P219 DO SHOPPING	47,9	46,8

## Apêndice B

Tabelas B.1 a B.25: Aceitação dos exemplares dos lotes 1 a 25, respectivamente, de acordo com o critério de amostragem total da NBR 12655.

Lote 1			
fck = 30 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	fck
1	30,8	30,3	30,8
2	30,3	30,9	30,9
3	30,4	30,0	30,4
4	30,0	29,8	30,0
5	30,3	30,0	30,3
6	30,4	30,8	30,8
7	31,8	32,8	32,8
8	30,7	31,1	31,1
9	31,0	31,3	31,3

Lote 2			
fck = 30 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	fck
1	36,6	37,5	37,5
2	37,0	36,4	37,0
3	30,8	31,4	31,4
4	34,5	33,8	34,5
5	31,1	31,3	31,3
6	31,3	31,5	31,5
7	30,6	31,2	31,2
8	33,4	34,2	34,2
9	35,0	34,0	35,0
10	32,2	32,5	32,5
11	28,2	28,4	28,4
12	27,1	27,5	27,5

Lote 3			
fck = 40 MPa			
n=10			
n	CP 1	CP2	fck
1	41,0	42,2	42,2
2	44,0	45,1	45,1
3	38,9	39,8	39,8
4	40,0	40,4	40,4
5	43,5	44,0	44,0
6	43,4	44,1	44,1
7	42,4	42,8	42,8
8	43,3	44,0	44,0
9	46,3	47,8	47,8
10	46,5	47,7	47,7

Lote 4			
fck = 40 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	fck
1	43,9	43,2	43,9
2	41,2	40,7	41,2
3	39,9	40,9	40,9
4	43,0	42,2	43,0
5	42,2	43,4	43,4
6	42,4	43,4	43,4
7	45,2	44,6	45,2
8	42,2	41,4	42,2

Lote 5			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	fck
1	44,7	43,0	44,7
2	43,4	45,0	45,0
3	44,7	45,6	45,6
4	44,9	45,9	45,9
5	45,8	46,4	46,4
6	43,5	44,6	44,6

Lote 6			
fck = 40 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	fck
1	41,0	41,7	41,7
2	44,6	44,8	44,8
3	43,4	42,3	43,4
4	44,6	44,8	44,8
5	45,9	46,6	46,6
6	43,4	44,1	44,1
7	43,5	42,2	43,5
8	39,7	41,0	41,0
9	42,3	41,7	42,3
10	39,7	41,7	41,7
11	42,2	42,3	42,3

Lote 7			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	fck
1	37,8	38,5	38,5
2	36,5	37,6	37,6
3	36,7	37,6	37,6
4	34,0	33,6	34,0
5	32,7	33,2	33,2
6	39,0	40,0	40,0

Lote 8			
fck = 40 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	fck
1	46,7	47,4	47,4
2	49,3	49,6	49,6
3	43,2	44,1	44,1
4	49,6	50,8	50,8
5	45,9	47,1	47,1
6	51,6	52,3	52,3
7	49,9	50,8	50,8
8	45,5	46,5	46,5
9	42,8	43,5	43,5
10	47,8	48,6	48,6
11	40,6	41,7	41,7
12	42,3	43,4	43,4

Lote 9			
fck = 35 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	fck
1	40,0	41,2	41,2
2	42,5	42,9	42,9
3	42,5	43,0	43,0
4	36,1	36,4	36,4
5	37,1	37,5	37,5
6	35,3	36,2	36,2
7	40,6	41,1	41,1
8	41,1	41,8	41,8

Lote 10			
fck = 30 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	fck
1	33,5	36,5	36,5
2	35,5	36,8	36,8
3	38,9	39,3	39,3
4	34,3	34,5	34,5
5	35,3	35,4	35,4
6	37,9	40,8	40,8
7	39,7	41,1	41,1
8	37,0	38,1	38,1

Lote 11			
fck = 30 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	fck
1	35,1	36,0	36,0
2	33,5	34,0	34,0
3	38,3	38,9	38,9
4	34,7	35,4	35,4
5	34,0	34,8	34,8
6	38,5	39,2	39,2
7	35,0	35,7	35,7
8	34,9	36,1	36,1
9	36,8	37,3	37,3
10	25,7	26,1	26,1
11	30,8	31,3	31,3
12	39,7	40,3	40,3

Lote 12			
fck = 30 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	fck
1	34,8	35,5	35,5
2	37,5	38,1	38,1
3	34,4	34,8	34,8
4	34,1	34,7	34,7
5	32,6	33,5	33,5
6	29,4	29,8	29,8
7	28,7	29,8	29,8
8	33,4	34,0	34,0
9	34,1	34,7	34,7

Lote 13			
fck = 30 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	fck
1	34,9	35,4	35,4
2	38,7	39,2	39,2
3	41,5	42,3	42,3
4	36,9	37,5	37,5
5	37,1	37,7	37,7
6	33,7	34,8	34,8
7	39,4	40,1	40,1
8	39,1	40,1	40,1
9	37,0	38,0	38,0
10	36,6	37,3	37,3
11	35,8	36,6	36,6

Lote 14			
fck = 45 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	fck
1	51,3	51,8	51,8
2	49,5	50,2	50,2
3	52,2	52,8	52,8
4	53,6	54,7	54,7
5	51,2	50,1	51,2
6	39,6	40,2	40,2
7	43,5	44,5	44,5
8	48,7	49,5	49,5
9	48,1	49,0	49,0

Lote 15			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	fck
1	46,5	47,1	47,1
2	43,9	44,5	44,5
3	44,0	44,2	44,2
4	48,9	49,5	49,5
5	47,6	48,4	48,4
6	44,0	44,8	44,8
7	50,6	51,4	51,4



Lote 16			
fck = 40 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	fck
1	47,8	48,8	48,8
2	52,2	52,8	52,8
3	52,7	58,0	58,0
4	38,7	39,2	39,2
5	48,3	49,0	49,0
6	46,5	47,5	47,5
7	49,1	50,0	50,0
8	53,9	52,6	53,9
9	40,4	41,0	41,0

Lote 17			
fck = 40 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	fck
1	52,0	52,9	52,9
2	47,9	47,0	47,9
3	45,8	45,2	45,8
4	53,5	54,6	54,6
5	40,6	41,0	41,0
6	47,9	48,8	48,8
7	47,5	48,6	48,6
8	50,4	48,5	50,4
9	43,9	44,7	44,7
10	50,3	51,0	51,0
11	47,1	47,7	47,7

Lote 18			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	fck
1	52,8	52,4	52,8
2	41,3	41,7	41,7
3	46,2	45,4	46,2
4	47,9	47,5	47,9
5	45,8	46,6	46,6
6	42,4	43,2	43,2
7	42,5	43,7	43,7

Lote 19			
fck = 45 MPa			
n=13			
n	CP 1	CP2	fck
1	50,4	49,7	50,4
2	53,4	51,4	53,4
3	52,5	50,1	52,5
4	52,6	52,2	52,6
5	49,7	50,4	50,4
6	52,0	50,0	52,0
7	47,1	47,4	47,4
8	52,3	51,2	52,3
9	48,9	48,6	48,9
10	50,1	51,4	51,4
11	50,0	48,9	50,0
12	54,2	53,8	54,2
13	50,8	49,2	50,8

Lote 20			
fck = 45 MPa			
n=10			
n	CP 1	CP2	fck
1	56,3	56,8	56,8
2	56,8	57,0	57,0
3	45,4	46,2	46,2
4	54,2	54,8	54,8
5	47,2	47,8	47,8
6	50,7	51,1	51,1
7	51,5	52,0	52,0
8	53,1	52,5	53,1
9	46,1	45,8	46,1
10	46,8	47,3	47,3

Lote 21			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	fck
1	45,4	45,5	45,5
2	46,2	46,2	46,2
3	43,1	43,5	43,5
4	44,0	45,1	45,1
5	45,4	44,5	45,4
6	44,9	44,4	44,9
7	43,1	44,3	44,3

Lote 22			
fck = 45 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	fck
1	56,3	57,1	57,1
2	60,1	60,8	60,8
3	51,7	52,8	52,8
4	58,4	59,5	59,5
5	55,0	55,9	55,9
6	46,4	47,4	47,4
7	53,7	54,7	54,7
8	54,6	55,8	55,8
9	54,2	54,8	54,8
10	56,0	57,0	57,0
11	58,3	59,5	59,5
12	50,9	51,9	51,9

Lote 23			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	fck
1	33,8	34,1	34,1
2	32,5	32,0	32,5
3	37,5	39,0	39,0
4	37,5	38,9	38,9
5	33,6	34,2	34,2
6	39,0	39,2	39,2

Lote 24			
fck = 45 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	fck
1	46,3	46,6	46,6
2	51,1	50,8	51,1
3	48,1	48,8	48,8
4	46,9	46,2	46,9
5	49,5	49,4	49,5
6	45,4	45,8	45,8
7	48,9	47,9	48,9
8	46,9	45,8	46,9
9	55,0	54,8	55,0
10	50,6	51,1	51,1
11	50,6	51,1	51,1

Lote 25			
fck = 40 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	fck
1	41,5	42,2	42,2
2	39,1	40,6	40,6
3	42,7	43,7	43,7
4	41,8	41,8	41,8
5	48,0	48,3	48,3
6	46,5	47,2	47,2
7	47,9	46,8	47,9

## Apêndice C

Tabelas C.1 a C.25: Aceitação dos exemplares dos lotes 1 a 25, respectivamente, de acordo com o critério por resultado individual da EN 206-1.

Lote 1			
fck = 30 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	fck
1	30,8	30,3	30,6
2	30,3	30,9	30,6
3	30,4	30,0	30,2
4	30,0	29,8	29,9
5	30,3	30,0	30,2
6	30,4	30,8	30,6
7	31,8	32,8	32,3
8	30,7	31,1	30,9
9	31,0	31,3	31,2

Lote 2			
fck = 30 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	fck
1	36,6	37,5	37,1
2	37,0	36,4	36,7
3	30,8	31,4	31,1
4	34,5	33,8	34,2
5	31,1	31,3	31,2
6	31,3	31,5	31,4
7	30,6	31,2	30,9
8	33,4	34,2	33,8
9	35,0	34,0	34,5
10	32,2	32,5	32,4
11	28,2	28,4	28,3
12	27,1	27,5	27,3

Lote 3			
fck = 40 MPa			
n=10			
n	CP 1	CP2	fck
1	41,0	42,2	41,6
2	44,0	45,1	44,6
3	38,9	39,8	39,4
4	40,0	40,4	40,2
5	43,5	44,0	43,8
6	43,4	44,1	43,8
7	42,4	42,8	42,6
8	43,3	44,0	43,7
9	46,3	47,8	47,1
10	46,5	47,7	47,1

Lote 4			
fck = 40 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	fck
1	43,9	43,2	43,6
2	41,2	40,7	41,0
3	39,9	40,9	40,4
4	43,0	42,2	42,6
5	42,2	43,4	42,8
6	42,4	43,4	42,9
7	45,2	44,6	44,9
8	42,2	41,4	41,8

Lote 5			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	fck
1	44,7	43,0	43,9
2	43,4	45,0	44,2
3	44,7	45,6	45,2
4	44,9	45,9	45,4
5	45,8	46,4	46,1
6	43,5	44,6	44,1

Lote 6			
fck = 40 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	fck
1	41,0	41,7	41,4
2	44,6	44,8	44,7
3	43,4	42,3	42,9
4	44,6	44,8	44,7
5	45,9	46,6	46,3
6	43,4	44,1	43,8
7	43,5	42,2	42,9
8	39,7	41,0	40,4
9	42,3	41,7	42,0
10	39,7	41,7	40,7
11	42,2	42,3	42,3

Lote 7			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	fck
1	37,8	38,5	38,2
2	36,5	37,6	37,1
3	36,7	37,6	37,2
4	34,0	33,6	33,8
5	32,7	33,2	33,0
6	39,0	40,0	39,5

Lote 8			
fck = 40 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	fck
1	46,7	47,4	47,1
2	49,3	49,6	49,5
3	43,2	44,1	43,7
4	49,6	50,8	50,2
5	45,9	47,1	46,5
6	51,6	52,3	52,0
7	49,9	50,8	50,4
8	45,5	46,5	46,0
9	42,8	43,5	43,2
10	47,8	48,6	48,2
11	40,6	41,7	41,2
12	42,3	43,4	42,9

Lote 9			
fck = 35 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	fck
1	40,0	41,2	40,6
2	42,5	42,9	42,7
3	42,5	43,0	42,8
4	36,1	36,4	36,3
5	37,1	37,5	37,3
6	35,3	36,2	35,8
7	40,6	41,1	40,9
8	41,1	41,8	41,5

Lote 10			
fck = 30 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	fck
1	33,5	36,5	35,0
2	35,5	36,8	36,2
3	38,9	39,3	39,1
4	34,3	34,5	34,4
5	35,3	35,4	35,4
6	37,9	40,8	39,4
7	39,7	41,1	40,4
8	37,0	38,1	37,6

Lote 11			
fck = 30 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	fck
1	35,1	36,0	35,6
2	33,5	34,0	33,8
3	38,3	38,9	38,6
4	34,7	35,4	35,1
5	34,0	34,8	34,4
6	38,5	39,2	38,9
7	35,0	35,7	35,4
8	34,9	36,1	35,5
9	36,8	37,3	37,1
10	25,7	26,1	25,9
11	30,8	31,3	31,1
12	39,7	40,3	40,0

Lote 12			
fck = 30 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	fck
1	34,8	35,5	35,2
2	37,5	38,1	37,8
3	34,4	34,8	34,6
4	34,1	34,7	34,4
5	32,6	33,5	33,1
6	29,4	29,8	29,6
7	28,7	29,8	29,3
8	33,4	34,0	33,7
9	34,1	34,7	34,4

Lote 13			
fck = 30 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	fck
1	34,9	35,4	35,2
2	38,7	39,2	39,0
3	41,5	42,3	41,9
4	36,9	37,5	37,2
5	37,1	37,7	37,4
6	33,7	34,8	34,3
7	39,4	40,1	39,8
8	39,1	40,1	39,6
9	37,0	38,0	37,5
10	36,6	37,3	37,0
11	35,8	36,6	36,2

Lote 14			
fck = 45 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	fck
1	51,3	51,8	51,6
2	49,5	50,2	49,9
3	52,2	52,8	52,5
4	53,6	54,7	54,2
5	51,2	50,1	50,7
6	39,6	40,2	39,9
7	43,5	44,5	44,0
8	48,7	49,5	49,1
9	48,1	49,0	48,6

Lote 15			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	fck
1	46,5	47,1	46,8
2	43,9	44,5	44,2
3	44,0	44,2	44,1
4	48,9	49,5	49,2
5	47,6	48,4	48,0
6	44,0	44,8	44,4
7	50,6	51,4	51,0

Lote 16			
fck = 40 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	fck
1	47,8	48,8	48,3
2	52,2	52,8	52,5
3	52,7	58,0	55,4
4	38,7	39,2	39,0
5	48,3	49,0	48,7
6	46,5	47,5	47,0
7	49,1	50,0	49,6
8	53,9	52,6	53,3
9	40,4	41,0	40,7

Lote 17			
fck = 40 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	fck
1	52,0	52,9	52,5
2	47,9	47,0	47,5
3	45,8	45,2	45,5
4	53,5	54,6	54,1
5	40,6	41,0	40,8
6	47,9	48,8	48,4
7	47,5	48,6	48,1
8	50,4	48,5	49,5
9	43,9	44,7	44,3
10	50,3	51,0	50,7
11	47,1	47,7	47,4

Lote 18			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	fck
1	52,8	52,4	52,6
2	41,3	41,7	41,5
3	46,2	45,4	45,8
4	47,9	47,5	47,7
5	45,8	46,6	46,2
6	42,4	43,2	42,8
7	42,5	43,7	43,1

Lote 19			
fck = 45 MPa			
n=13			
n	CP 1	CP2	fck
1	50,4	49,7	50,1
2	53,4	51,4	52,4
3	52,5	50,1	51,3
4	52,6	52,2	52,4
5	49,7	50,4	50,1
6	52,0	50,0	51,0
7	47,1	47,4	47,3
8	52,3	51,2	51,8
9	48,9	48,6	48,8
10	50,1	51,4	50,8
11	50,0	48,9	49,5
12	54,2	53,8	54,0
13	50,8	49,2	50,0

Lote 20			
fck = 45 MPa			
n=10			
n	CP 1	CP2	fck
1	56,3	56,8	56,6
2	56,8	57,0	56,9
3	45,4	46,2	45,8
4	54,2	54,8	54,5
5	47,2	47,8	47,5
6	50,7	51,1	50,9
7	51,5	52,0	51,8
8	53,1	52,5	52,8
9	46,1	45,8	46,0
10	46,8	47,3	47,1

Lote 21			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	fck
1	45,4	45,5	45,5
2	46,2	46,2	46,2
3	43,1	43,5	43,3
4	44,0	45,1	44,6
5	45,4	44,5	45,0
6	44,9	44,4	44,7
7	43,1	44,3	43,7

Lote 22			
fck = 45 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	fck
1	56,3	57,1	56,7
2	60,1	60,8	60,5
3	51,7	52,8	52,3
4	58,4	59,5	59,0
5	55,0	55,9	55,5
6	46,4	47,4	46,9
7	53,7	54,7	54,2
8	54,6	55,8	55,2
9	54,2	54,8	54,5
10	56,0	57,0	56,5
11	58,3	59,5	58,9
12	50,9	51,9	51,4

Lote 23			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	fck
1	33,8	34,1	34,0
2	32,5	32,0	32,3
3	37,5	39,0	38,3
4	37,5	38,9	38,2
5	33,6	34,2	33,9
6	39,0	39,2	39,1

Lote 24			
fck = 45 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	fck
1	46,3	46,6	46,5
2	51,1	50,8	51,0
3	48,1	48,8	48,5
4	46,9	46,2	46,6
5	49,5	49,4	49,5
6	45,4	45,8	45,6
7	48,9	47,9	48,4
8	46,9	45,8	46,4
9	55,0	54,8	54,9
10	50,6	51,1	50,9
11	50,6	51,1	50,9

Lote 25			
fck = 40 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	fck
1	41,5	42,2	41,9
2	39,1	40,6	39,9
3	42,7	43,7	43,2
4	41,8	41,8	41,8
5	48,0	48,3	48,2
6	46,5	47,2	46,9
7	47,9	46,8	47,4

## Apêndice D

Tabelas D.1 a D.25: Aceitação dos lotes 1 a 25, respectivamente, de acordo com o critério de média variável do ACI-318.

Lote 1			
fck = 30 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	Média
1	30,8	30,3	30,6
2	30,3	30,9	30,6
3	30,4	30,0	30,2
4	30,0	29,8	29,9
5	30,3	30,0	30,2
6	30,4	30,8	30,6
7	31,8	32,8	32,3
8	30,7	31,1	30,9
9	31,0	31,3	31,2
Média 1-2-3			30,5
Média 2-3-4			30,2
Média 3-4-5			30,1
Média 4-5-6			30,2
Média 5-6-7			31,0
Média 6-7-8			31,3
Média 7-8-9			31,5

Lote 2			
fck = 30 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	Média
1	36,6	37,5	37,1
2	37,0	36,4	36,7
3	30,8	31,4	31,1
4	34,5	33,8	34,2
5	31,1	31,3	31,2
6	31,3	31,5	31,4
7	30,6	31,2	30,9
8	33,4	34,2	33,8
9	35,0	34,0	34,5
10	32,2	32,5	32,4
11	28,2	28,4	28,3
12	27,1	27,5	27,3
Média 1-2-3			35,0
Média 2-3-4			34,0
Média 3-4-5			32,2
Média 4-5-6			32,3
Média 5-6-7			31,2
Média 6-7-8			32,0
Média 7-8-9			33,1
Média 8-9-10			33,6
Média 9-10-11			31,7
Média 10-11-12			29,3

Lote 3			
fck = 40 MPa			
n=10			
n	CP 1	CP2	Média
1	41,0	42,2	41,6
2	44,0	45,1	44,6
3	38,9	39,8	39,4
4	40,0	40,4	40,2
5	43,5	44,0	43,8
6	43,4	44,1	43,8
7	42,4	42,8	42,6
8	43,3	44,0	43,7
9	46,3	47,8	47,1
10	46,5	47,7	47,1
Média 1-2-3			41,8
Média 2-3-4			41,4
Média 3-4-5			41,1
Média 4-5-6			42,6
Média 5-6-7			43,4
Média 6-7-8			43,3
Média 7-8-9			44,4
Média 8-9-10			45,9

Lote 4			
fck = 40 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	Média
1	43,9	43,2	43,6
2	41,2	40,7	41,0
3	39,9	40,9	40,4
4	43,0	42,2	42,6
5	42,2	43,4	42,8
6	42,4	43,4	42,9
7	45,2	44,6	44,9
8	42,2	41,4	41,8
Média 1-2-3			41,6
Média 2-3-4			41,3
Média 3-4-5			41,9
Média 4-5-6			42,8
Média 5-6-7			43,5
Média 6-7-8			43,2

Lote 5			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	Média
1	44,7	43,0	43,9
2	43,4	45,0	44,2
3	44,7	45,6	45,2
4	44,9	45,9	45,4
5	45,8	46,4	46,1
6	43,5	44,6	44,1
Média 1-2-3			44,4
Média 2-3-4			44,9
Média 3-4-5			45,6
Média 4-5-6			45,2

Lote 6			
fck = 40 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	Média
1	41,0	41,7	41,4
2	44,6	44,8	44,7
3	43,4	42,3	42,9
4	44,6	44,8	44,7
5	45,9	46,6	46,3
6	43,4	44,1	43,8
7	43,5	42,2	42,9
8	39,7	41,0	40,4
9	42,3	41,7	42,0
10	39,7	41,7	40,7
11	42,2	42,3	42,3
Média 1-2-3			43,0
Média 2-3-4			44,1
Média 3-4-5			44,6
Média 4-5-6			44,9
Média 5-6-7			44,3
Média 6-7-8			42,3
Média 7-8-9			41,7
Média 8-9-10			41,0
Média 9-10-11			41,7

Lote 7			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	Média
1	37,8	38,5	38,2
2	36,5	37,6	37,1
3	36,7	37,6	37,2
4	34,0	33,6	33,8
5	32,7	33,2	33,0
6	39,0	40,0	39,5
Média 1-2-3			37,5
Média 2-3-4			36,0
Média 3-4-5			34,6
Média 4-5-6			35,4

Lote 8			
fck = 40 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	Média
1	46,7	47,4	47,1
2	49,3	49,6	49,5
3	43,2	44,1	43,7
4	49,6	50,8	50,2
5	45,9	47,1	46,5
6	51,6	52,3	52,0
7	49,9	50,8	50,4
8	45,5	46,5	46,0
9	42,8	43,5	43,2
10	47,8	48,6	48,2
11	40,6	41,7	41,2
12	42,3	43,4	42,9
Média 1-2-3			46,7
Média 2-3-4			47,8
Média 3-4-5			46,8
Média 4-5-6			49,6
Média 5-6-7			49,6
Média 6-7-8			49,4
Média 7-8-9			46,5
Média 8-9-10			45,8
Média 9-10-11			44,2
Média 10-11-12			44,1

Lote 9			
fck = 35 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	Média
1	40,0	41,2	40,6
2	42,5	42,9	42,7
3	42,5	43,0	42,8
4	36,1	36,4	36,3
5	37,1	37,5	37,3
6	35,3	36,2	35,8
7	40,6	41,1	40,9
8	41,1	41,8	41,5
Média 1-2-3			42,0
Média 2-3-4			40,6
Média 3-4-5			38,8
Média 4-5-6			36,4
Média 5-6-7			38,0
Média 6-7-8			39,4

Lote 10			
fck = 30 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	Média
1	33,5	36,5	35,0
2	35,5	36,8	36,2
3	38,9	39,3	39,1
4	34,3	34,5	34,4
5	35,3	35,4	35,4
6	37,9	40,8	39,4
7	39,7	41,1	40,4
8	37,0	38,1	37,6
Média 1-2-3			36,8
Média 2-3-4			36,6
Média 3-4-5			36,3
Média 4-5-6			36,4
Média 5-6-7			38,4
Média 6-7-8			39,1

Lote 11			
fck = 30 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	Média
1	35,1	36,0	35,6
2	33,5	34,0	33,8
3	38,3	38,9	38,6
4	34,7	35,4	35,1
5	34,0	34,8	34,4
6	38,5	39,2	38,9
7	35,0	35,7	35,4
8	34,9	36,1	35,5
9	36,8	37,3	37,1
10	25,7	26,1	25,9
11	30,8	31,3	31,1
12	39,7	40,3	40,0
Média 1-2-3			36,0
Média 2-3-4			35,8
Média 3-4-5			36,0
Média 4-5-6			36,1
Média 5-6-7			36,2
Média 6-7-8			36,6
Média 7-8-9			36,0
Média 8-9-10			32,8
Média 9-10-11			31,3
Média 10-11-12			32,3

Lote 12			
fck = 30 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	Média
1	34,8	35,5	35,2
2	37,5	38,1	37,8
3	34,4	34,8	34,6
4	34,1	34,7	34,4
5	32,6	33,5	33,1
6	29,4	29,8	29,6
7	28,7	29,8	29,3
8	33,4	34,0	33,7
9	34,1	34,7	34,4
Média 1-2-3			35,9
Média 2-3-4			35,6
Média 3-4-5			34,0
Média 4-5-6			32,4
Média 5-6-7			30,6
Média 6-7-8			30,9
Média 7-8-9			32,5

Lote 13			
fck = 30 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	Média
1	34,9	35,4	35,2
2	38,7	39,2	39,0
3	41,5	42,3	41,9
4	36,9	37,5	37,2
5	37,1	37,7	37,4
6	33,7	34,8	34,3
7	39,4	40,1	39,8
8	39,1	40,1	39,6
9	37,0	38,0	37,5
10	36,6	37,3	37,0
11	35,8	36,6	36,2
Média 1-2-3			38,7
Média 2-3-4			39,4
Média 3-4-5			38,8
Média 4-5-6			36,3
Média 5-6-7			37,1
Média 6-7-8			37,9
Média 7-8-9			39,0
Média 8-9-10			38,0
Média 9-10-11			36,9

Lote 14			
fck = 45 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	Média
1	51,3	51,8	51,6
2	49,5	50,2	49,9
3	52,2	52,8	52,5
4	53,6	54,7	54,2
5	51,2	50,1	50,7
6	39,6	40,2	39,9
7	43,5	44,5	44,0
8	48,7	49,5	49,1
9	48,1	49,0	48,6
Média 1-2-3			51,3
Média 2-3-4			52,2
Média 3-4-5			52,4
Média 4-5-6			48,2
Média 5-6-7			44,9
Média 6-7-8			44,3
Média 7-8-9			47,2

Lote 15			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	Média
1	46,5	47,1	46,8
2	43,9	44,5	44,2
3	44,0	44,2	44,1
4	48,9	49,5	49,2
5	47,6	48,4	48,0
6	44,0	44,8	44,4
7	50,6	51,4	51,0
Média 1-2-3			45,0
Média 2-3-4			45,8
Média 3-4-5			47,1
Média 4-5-6			47,2
Média 5-6-7			47,8



Lote 16			
fck = 40 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	Média
1	47,8	48,8	48,3
2	52,2	52,8	52,5
3	52,7	58,0	55,4
4	38,7	39,2	39,0
5	48,3	49,0	48,7
6	46,5	47,5	47,0
7	49,1	50,0	49,6
8	53,9	52,6	53,3
9	40,4	41,0	40,7
Média 1-2-3			52,1
Média 2-3-4			48,9
Média 3-4-5			47,7
Média 4-5-6			44,9
Média 5-6-7			48,4
Média 6-7-8			49,9
Média 7-8-9			47,8

Lote 17			
fck = 40 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	Média
1	52,0	52,9	52,5
2	47,9	47,0	47,5
3	45,8	45,2	45,5
4	53,5	54,6	54,1
5	40,6	41,0	40,8
6	47,9	48,8	48,4
7	47,5	48,6	48,1
8	50,4	48,5	49,5
9	43,9	44,7	44,3
10	50,3	51,0	50,7
11	47,1	47,7	47,4
Média 1-2-3			48,5
Média 2-3-4			49,0
Média 3-4-5			46,8
Média 4-5-6			47,7
Média 5-6-7			45,7
Média 6-7-8			48,6
Média 7-8-9			47,3
Média 8-9-10			48,1
Média 9-10-11			47,5

Lote 18			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	Média
1	52,8	52,4	52,6
2	41,3	41,7	41,5
3	46,2	45,4	45,8
4	47,9	47,5	47,7
5	45,8	46,6	46,2
6	42,4	43,2	42,8
7	42,5	43,7	43,1
Média 1-2-3			46,6
Média 2-3-4			45,0
Média 3-4-5			46,6
Média 4-5-6			45,6
Média 5-6-7			44,0

Lote 19			
fck = 45 MPa			
n=13			
n	CP 1	CP2	Média
1	50,4	49,7	50,1
2	53,4	51,4	52,4
3	52,5	50,1	51,3
4	52,6	52,2	52,4
5	49,7	50,4	50,1
6	52,0	50,0	51,0
7	47,1	47,4	47,3
8	52,3	51,2	51,8
9	48,9	48,6	48,8
10	50,1	51,4	50,8
11	50,0	48,9	49,5
12	54,2	53,8	54,0
13	50,8	49,2	50,0
Média 1-2-3			51,3
Média 2-3-4			52,0
Média 3-4-5			51,3
Média 4-5-6			51,2
Média 5-6-7			49,4
Média 6-7-8			50,0
Média 7-8-9			49,3
Média 8-9-10			50,4
Média 9-10-11			49,7
Média 10-11-12			51,4
Média 11-12-13			51,2

Lote 20			
fck = 45 MPa			
n=10			
n	CP 1	CP2	Média
1	56,3	56,8	56,6
2	56,8	57,0	56,9
3	45,4	46,2	45,8
4	54,2	54,8	54,5
5	47,2	47,8	47,5
6	50,7	51,1	50,9
7	51,5	52,0	51,8
8	53,1	52,5	52,8
9	46,1	45,8	46,0
10	46,8	47,3	47,1
Média 1-2-3			53,1
Média 2-3-4			52,4
Média 3-4-5			49,3
Média 4-5-6			51,0
Média 5-6-7			50,1
Média 6-7-8			51,8
Média 7-8-9			50,2
Média 8-9-10			48,6



Lote 21			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	Média
1	45,4	45,5	45,5
2	46,2	46,2	46,2
3	43,1	43,5	43,3
4	44,0	45,1	44,6
5	45,4	44,5	45,0
6	44,9	44,4	44,7
7	43,1	44,3	43,7
Média 1-2-3			45,0
Média 2-3-4			44,7
Média 3-4-5			44,3
Média 4-5-6			44,7
Média 5-6-7			44,4

Lote 22			
fck = 45 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	Média
1	56,3	57,1	56,7
2	60,1	60,8	60,5
3	51,7	52,8	52,3
4	58,4	59,5	59,0
5	55,0	55,9	55,5
6	46,4	47,4	46,9
7	53,7	54,7	54,2
8	54,6	55,8	55,2
9	54,2	54,8	54,5
10	56,0	57,0	56,5
11	58,3	59,5	58,9
12	50,9	51,9	51,4
Média 1-2-3			56,5
Média 2-3-4			57,2
Média 3-4-5			55,6
Média 4-5-6			53,8
Média 5-6-7			52,2
Média 6-7-8			52,1
Média 7-8-9			54,6
Média 8-9-10			55,4
Média 9-10-11			56,6
Média 10-11-12			55,6

Lote 23			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	Média
1	33,8	34,1	34,0
2	32,5	32,0	32,3
3	37,5	39,0	38,3
4	37,5	38,9	38,2
5	33,6	34,2	33,9
6	39,0	39,2	39,1
Média 1-2-3			34,8
Média 2-3-4			36,2
Média 3-4-5			36,8
Média 4-5-6			37,1

Lote 24			
fck = 45 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	Média
1	46,3	46,6	46,5
2	51,1	50,8	51,0
3	48,1	48,8	48,5
4	46,9	46,2	46,6
5	49,5	49,4	49,5
6	45,4	45,8	45,6
7	48,9	47,9	48,4
8	46,9	45,8	46,4
9	55,0	54,8	54,9
10	50,6	51,1	50,9
11	50,6	51,1	50,9
Média 1-2-3			48,6
Média 2-3-4			48,7
Média 3-4-5			48,2
Média 4-5-6			47,2
Média 5-6-7			47,8
Média 6-7-8			46,8
Média 7-8-9			49,9
Média 8-9-10			50,7
Média 9-10-11			52,2

Lote 25			
fck = 40 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	Média
1	41,5	42,2	41,9
2	39,1	40,6	39,9
3	42,7	43,7	43,2
4	41,8	41,8	41,8
5	48,0	48,3	48,2
6	46,5	47,2	46,9
7	47,9	46,8	47,4
Média 1-2-3			41,6
Média 2-3-4			41,6
Média 3-4-5			44,4
Média 4-5-6			45,6
Média 5-6-7			47,5

## Apêndice E

Tabelas E.1 a E.25: Aceitação dos lotes 1 a 25, respectivamente, de acordo com o critério para resultados individuais do ACI-318.

Lote 1			
fck = 30 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	f'c
1	30,8	30,3	30,6
2	30,3	30,9	30,6
3	30,4	30,0	30,2
4	30,0	29,8	29,9
5	30,3	30,0	30,2
6	30,4	30,8	30,6
7	31,8	32,8	32,3
8	30,7	31,1	30,9
9	31,0	31,3	31,2

Lote 2			
fck = 30 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	f'c
1	36,6	37,5	37,1
2	37,0	36,4	36,7
3	30,8	31,4	31,1
4	34,5	33,8	34,2
5	31,1	31,3	31,2
6	31,3	31,5	31,4
7	30,6	31,2	30,9
8	33,4	34,2	33,8
9	35,0	34,0	34,5
10	32,2	32,5	32,4
11	28,2	28,4	28,3
12	27,1	27,5	27,3

Lote 3			
fck = 40 MPa			
n=10			
n	CP 1	CP2	f'c
1	41,0	42,2	41,6
2	44,0	45,1	44,6
3	38,9	39,8	39,4
4	40,0	40,4	40,2
5	43,5	44,0	43,8
6	43,4	44,1	43,8
7	42,4	42,8	42,6
8	43,3	44,0	43,7
9	46,3	47,8	47,1
10	46,5	47,7	47,1

Lote 4			
fck = 40 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	f'c
1	43,9	43,2	43,6
2	41,2	40,7	41,0
3	39,9	40,9	40,4
4	43,0	42,2	42,6
5	42,2	43,4	42,8
6	42,4	43,4	42,9
7	45,2	44,6	44,9
8	42,2	41,4	41,8

Lote 5			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	f'c
1	44,7	43,0	43,9
2	43,4	45,0	44,2
3	44,7	45,6	45,2
4	44,9	45,9	45,4
5	45,8	46,4	46,1
6	43,5	44,6	44,1

Lote 6			
fck = 40 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	f'c
1	41,0	41,7	41,4
2	44,6	44,8	44,7
3	43,4	42,3	42,9
4	44,6	44,8	44,7
5	45,9	46,6	46,3
6	43,4	44,1	43,8
7	43,5	42,2	42,9
8	39,7	41,0	40,4
9	42,3	41,7	42,0
10	39,7	41,7	40,7
11	42,2	42,3	42,3

Lote 7			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	f'c
1	37,8	38,5	38,2
2	36,5	37,6	37,1
3	36,7	37,6	37,2
4	34,0	33,6	33,8
5	32,7	33,2	33,0
6	39,0	40,0	39,5

Lote 8			
fck = 40 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	f'c
1	46,7	47,4	47,1
2	49,3	49,6	49,5
3	43,2	44,1	43,7
4	49,6	50,8	50,2
5	45,9	47,1	46,5
6	51,6	52,3	52,0
7	49,9	50,8	50,4
8	45,5	46,5	46,0
9	42,8	43,5	43,2
10	47,8	48,6	48,2
11	40,6	41,7	41,2
12	42,3	43,4	42,9

Lote 9			
fck = 35 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	f'c
1	40,0	41,2	40,6
2	42,5	42,9	42,7
3	42,5	43,0	42,8
4	36,1	36,4	36,3
5	37,1	37,5	37,3
6	35,3	36,2	35,8
7	40,6	41,1	40,9
8	41,1	41,8	41,5

Lote 10			
fck = 30 MPa			
n=8			
n	CP 1	CP2	f'c
1	33,5	36,5	35,0
2	35,5	36,8	36,2
3	38,9	39,3	39,1
4	34,3	34,5	34,4
5	35,3	35,4	35,4
6	37,9	40,8	39,4
7	39,7	41,1	40,4
8	37,0	38,1	37,6

Lote 11			
fck = 30 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	f'c
1	35,1	36,0	35,6
2	33,5	34,0	33,8
3	38,3	38,9	38,6
4	34,7	35,4	35,1
5	34,0	34,8	34,4
6	38,5	39,2	38,9
7	35,0	35,7	35,4
8	34,9	36,1	35,5
9	36,8	37,3	37,1
10	25,7	26,1	25,9
11	30,8	31,3	31,1
12	39,7	40,3	40,0

Lote 12			
fck = 30 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	f'c
1	34,8	35,5	35,2
2	37,5	38,1	37,8
3	34,4	34,8	34,6
4	34,1	34,7	34,4
5	32,6	33,5	33,1
6	29,4	29,8	29,6
7	28,7	29,8	29,3
8	33,4	34,0	33,7
9	34,1	34,7	34,4

Lote 13			
fck = 30 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	f'c
1	34,9	35,4	35,2
2	38,7	39,2	39,0
3	41,5	42,3	41,9
4	36,9	37,5	37,2
5	37,1	37,7	37,4
6	33,7	34,8	34,3
7	39,4	40,1	39,8
8	39,1	40,1	39,6
9	37,0	38,0	37,5
10	36,6	37,3	37,0
11	35,8	36,6	36,2

Lote 14			
fck = 45 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	f'c
1	51,3	51,8	51,6
2	49,5	50,2	49,9
3	52,2	52,8	52,5
4	53,6	54,7	54,2
5	51,2	50,1	50,7
6	39,6	40,2	39,9
7	43,5	44,5	44,0
8	48,7	49,5	49,1
9	48,1	49,0	48,6

Lote 15			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	f'c
1	46,5	47,1	46,8
2	43,9	44,5	44,2
3	44,0	44,2	44,1
4	48,9	49,5	49,2
5	47,6	48,4	48,0
6	44,0	44,8	44,4
7	50,6	51,4	51,0

Lote 16			
fck = 40 MPa			
n=9			
n	CP 1	CP2	f'c
1	47,8	48,8	48,3
2	52,2	52,8	52,5
3	52,7	58,0	55,4
4	38,7	39,2	39,0
5	48,3	49,0	48,7
6	46,5	47,5	47,0
7	49,1	50,0	49,6
8	53,9	52,6	53,3
9	40,4	41,0	40,7

Lote 17			
fck = 40 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	f'c
1	52,0	52,9	52,5
2	47,9	47,0	47,5
3	45,8	45,2	45,5
4	53,5	54,6	54,1
5	40,6	41,0	40,8
6	47,9	48,8	48,4
7	47,5	48,6	48,1
8	50,4	48,5	49,5
9	43,9	44,7	44,3
10	50,3	51,0	50,7
11	47,1	47,7	47,4

Lote 18			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	f'c
1	52,8	52,4	52,6
2	41,3	41,7	41,5
3	46,2	45,4	45,8
4	47,9	47,5	47,7
5	45,8	46,6	46,2
6	42,4	43,2	42,8
7	42,5	43,7	43,1

Lote 19			
fck = 45 MPa			
n=13			
n	CP 1	CP2	f'c
1	50,4	49,7	50,1
2	53,4	51,4	52,4
3	52,5	50,1	51,3
4	52,6	52,2	52,4
5	49,7	50,4	50,1
6	52,0	50,0	51,0
7	47,1	47,4	47,3
8	52,3	51,2	51,8
9	48,9	48,6	48,8
10	50,1	51,4	50,8
11	50,0	48,9	49,5
12	54,2	53,8	54,0
13	50,8	49,2	50,0

Lote 20			
fck = 45 MPa			
n=10			
n	CP 1	CP2	f'c
1	56,3	56,8	56,6
2	56,8	57,0	56,9
3	45,4	46,2	45,8
4	54,2	54,8	54,5
5	47,2	47,8	47,5
6	50,7	51,1	50,9
7	51,5	52,0	51,8
8	53,1	52,5	52,8
9	46,1	45,8	46,0
10	46,8	47,3	47,1

Lote 21			
fck = 45 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	f'c
1	45,4	45,5	45,5
2	46,2	46,2	46,2
3	43,1	43,5	43,3
4	44,0	45,1	44,6
5	45,4	44,5	45,0
6	44,9	44,4	44,7
7	43,1	44,3	43,7

Lote 22			
fck = 45 MPa			
n=12			
n	CP 1	CP2	f'c
1	56,3	57,1	56,7
2	60,1	60,8	60,5
3	51,7	52,8	52,3
4	58,4	59,5	59,0
5	55,0	55,9	55,5
6	46,4	47,4	46,9
7	53,7	54,7	54,2
8	54,6	55,8	55,2
9	54,2	54,8	54,5
10	56,0	57,0	56,5
11	58,3	59,5	58,9
12	50,9	51,9	51,4

Lote 23			
fck = 35 MPa			
n=6			
n	CP 1	CP2	f'c
1	33,8	34,1	34,0
2	32,5	32,0	32,3
3	37,5	39,0	38,3
4	37,5	38,9	38,2
5	33,6	34,2	33,9
6	39,0	39,2	39,1

Lote 24			
fck = 45 MPa			
n=11			
n	CP 1	CP2	f'c
1	46,3	46,6	46,5
2	51,1	50,8	51,0
3	48,1	48,8	48,5
4	46,9	46,2	46,6
5	49,5	49,4	49,5
6	45,4	45,8	45,6
7	48,9	47,9	48,4
8	46,9	45,8	46,4
9	55,0	54,8	54,9
10	50,6	51,1	50,9
11	50,6	51,1	50,9

Lote 25			
fck = 40 MPa			
n=7			
n	CP 1	CP2	f'c
1	41,5	42,2	41,9
2	39,1	40,6	39,9
3	42,7	43,7	43,2
4	41,8	41,8	41,8
5	48,0	48,3	48,2
6	46,5	47,2	46,9
7	47,9	46,8	47,4

## Apêndice F

Gráfico F.1: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 1.

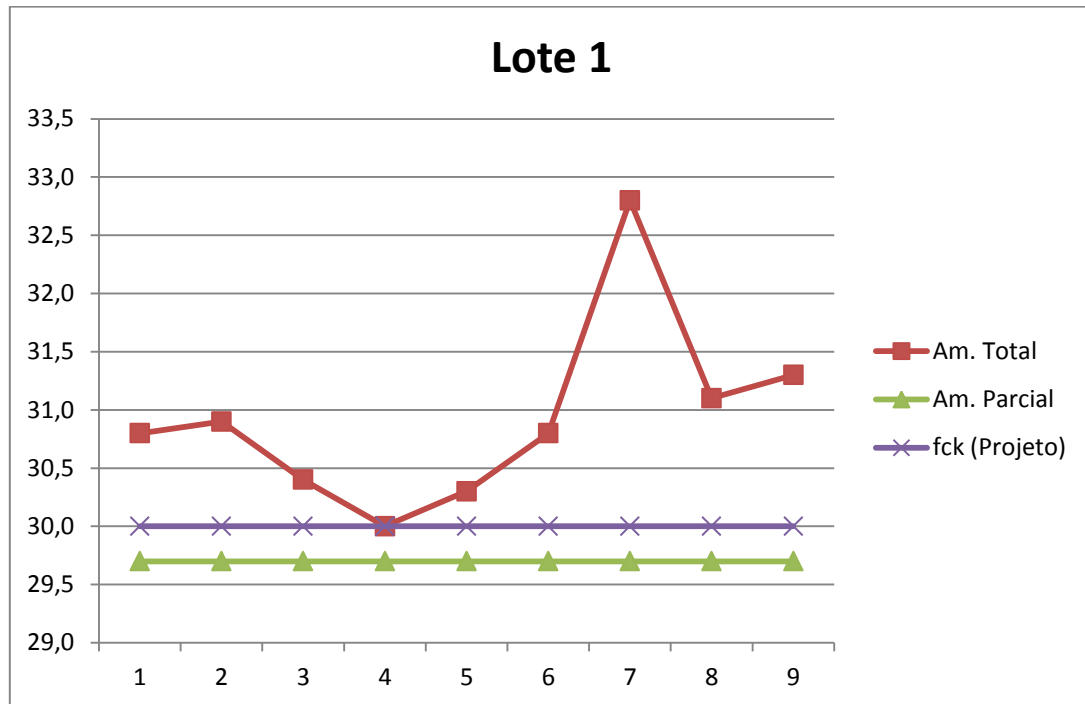


Gráfico F.2: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 2.

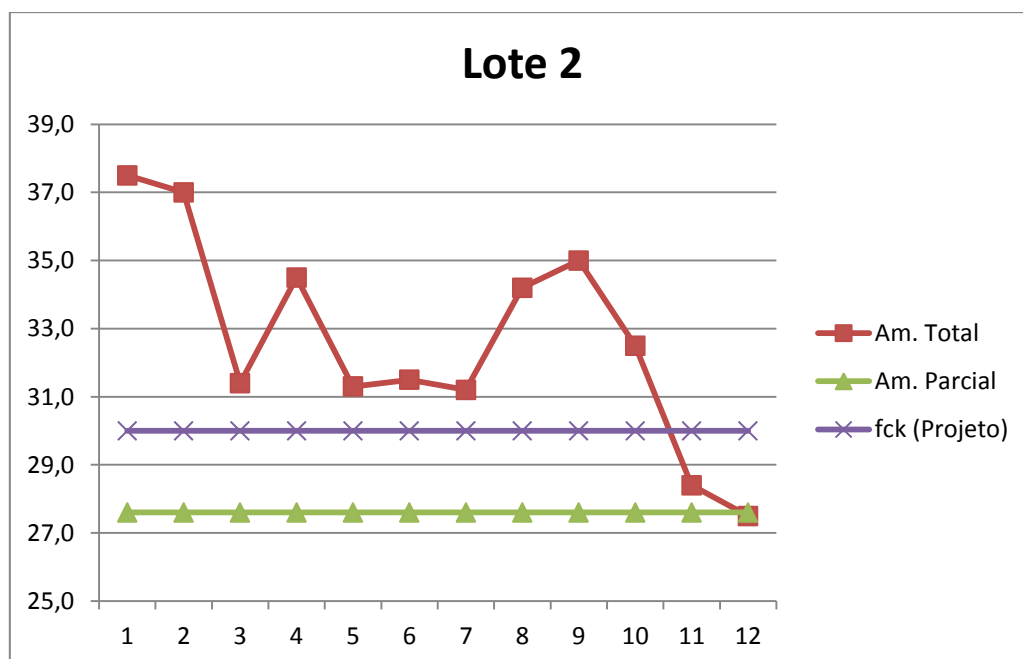


Gráfico F.3: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 3.

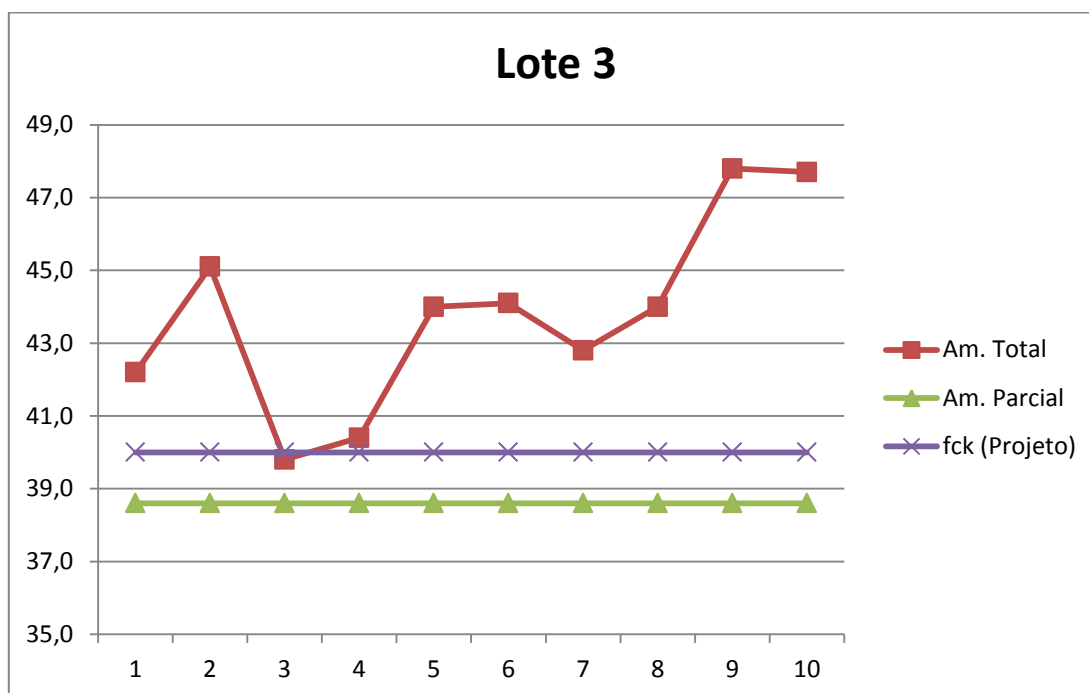


Gráfico F.4: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 4.

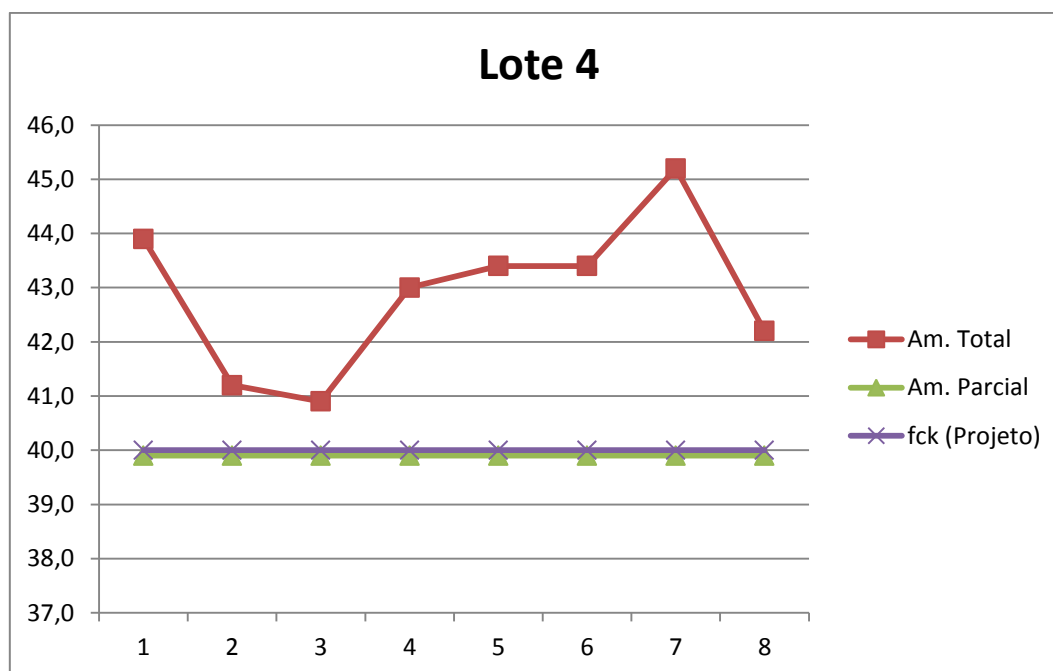


Gráfico F.5: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 5.

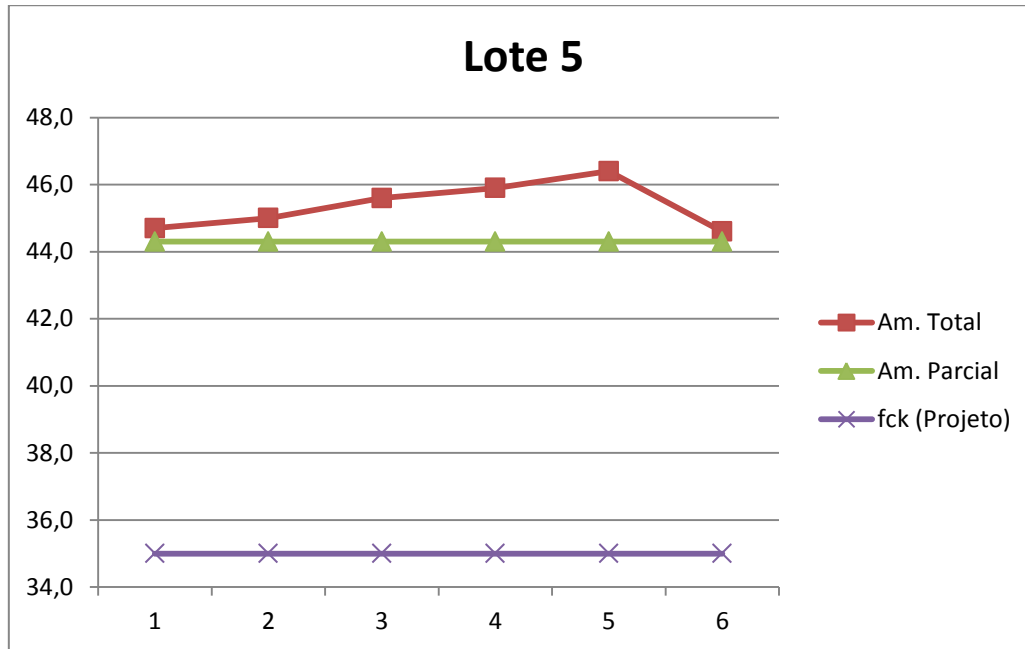


Gráfico F.6: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 6.

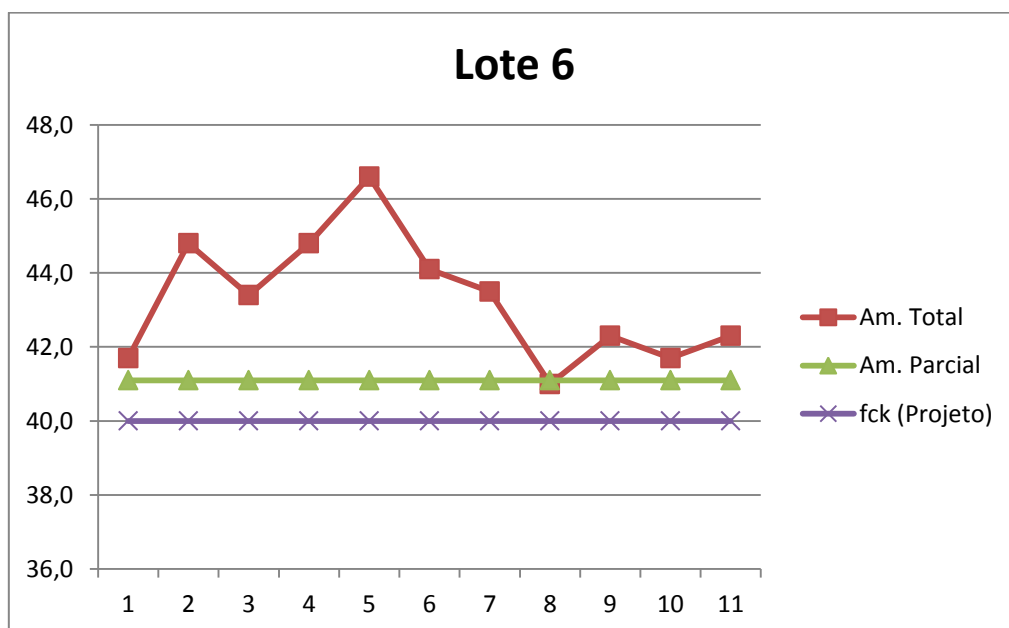


Gráfico F.7: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 7.

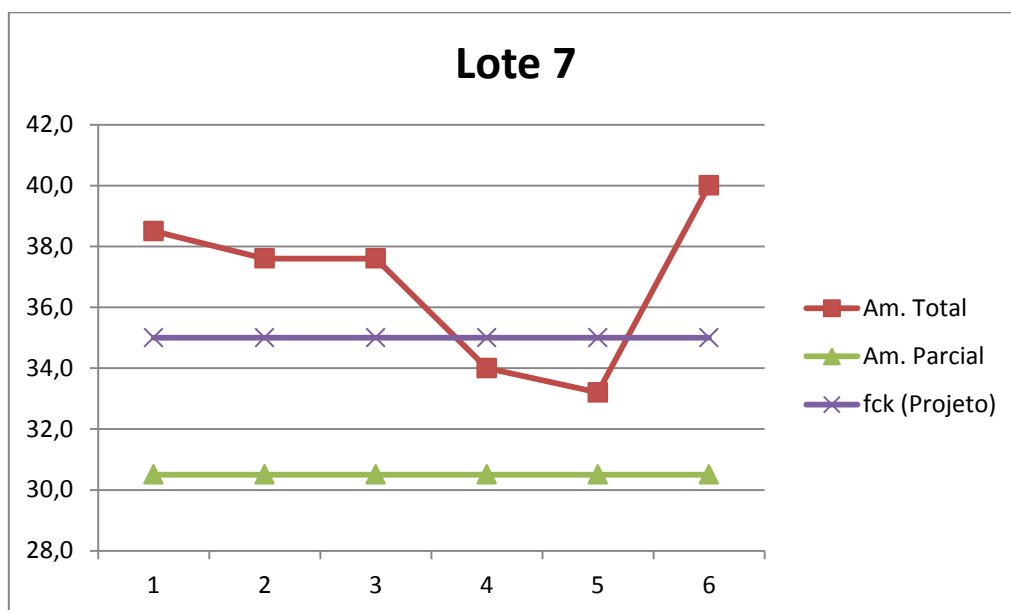


Gráfico F.8: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 8.

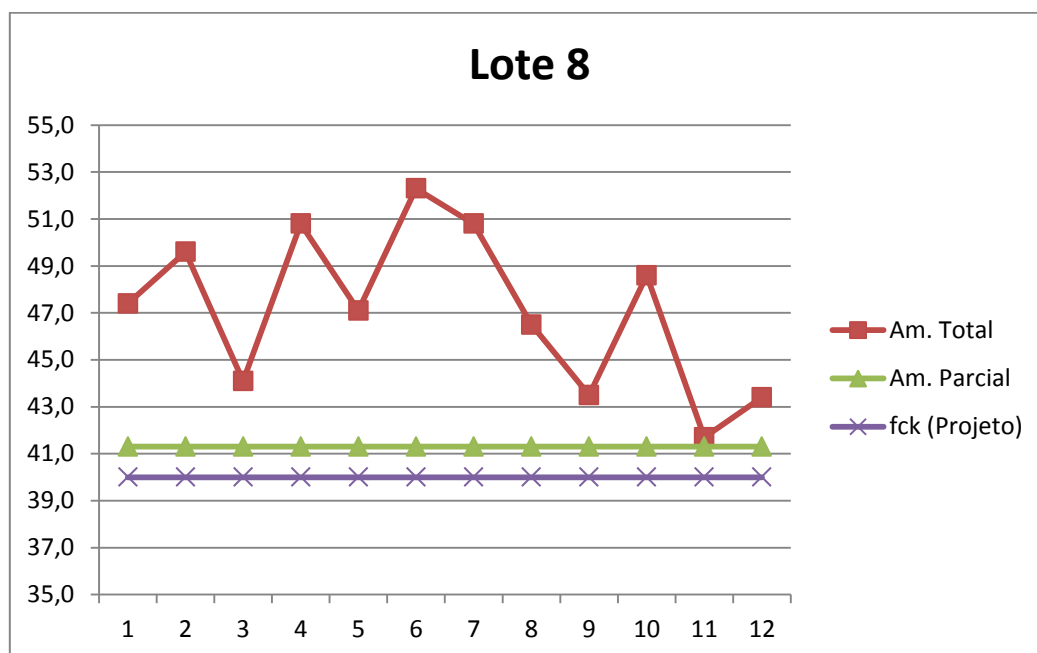




Gráfico F.9: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 9.

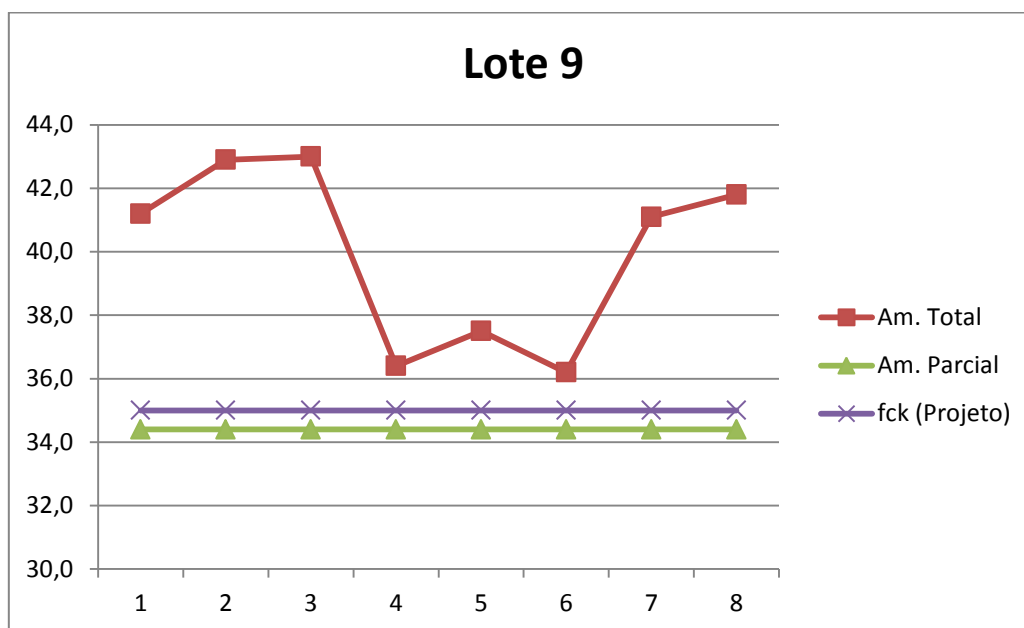


Gráfico F.10: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 10.

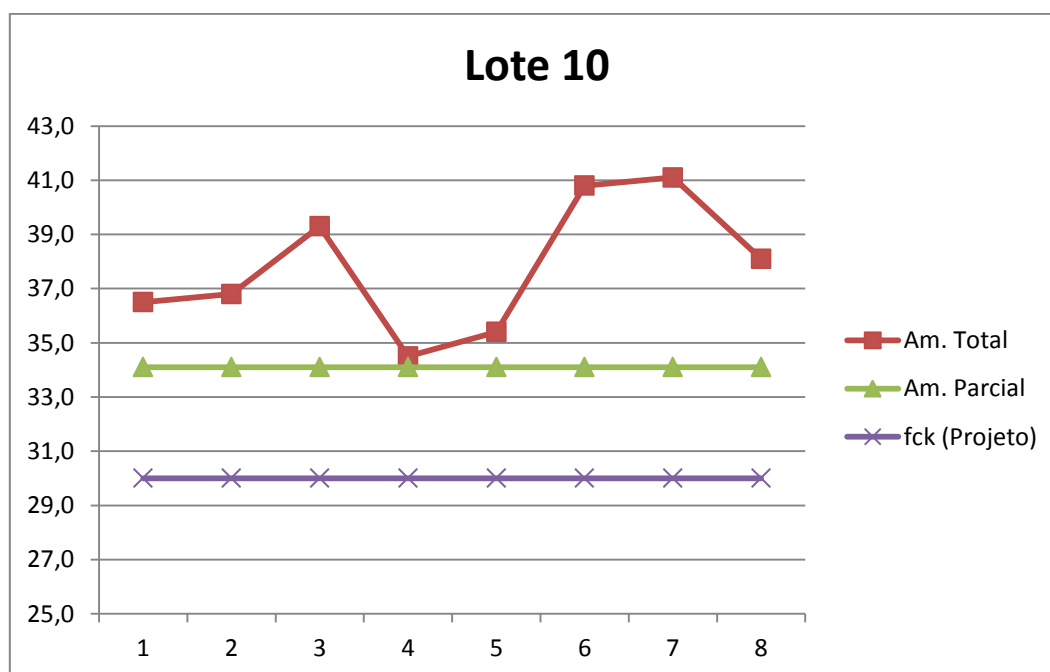


Gráfico F.11: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 11.

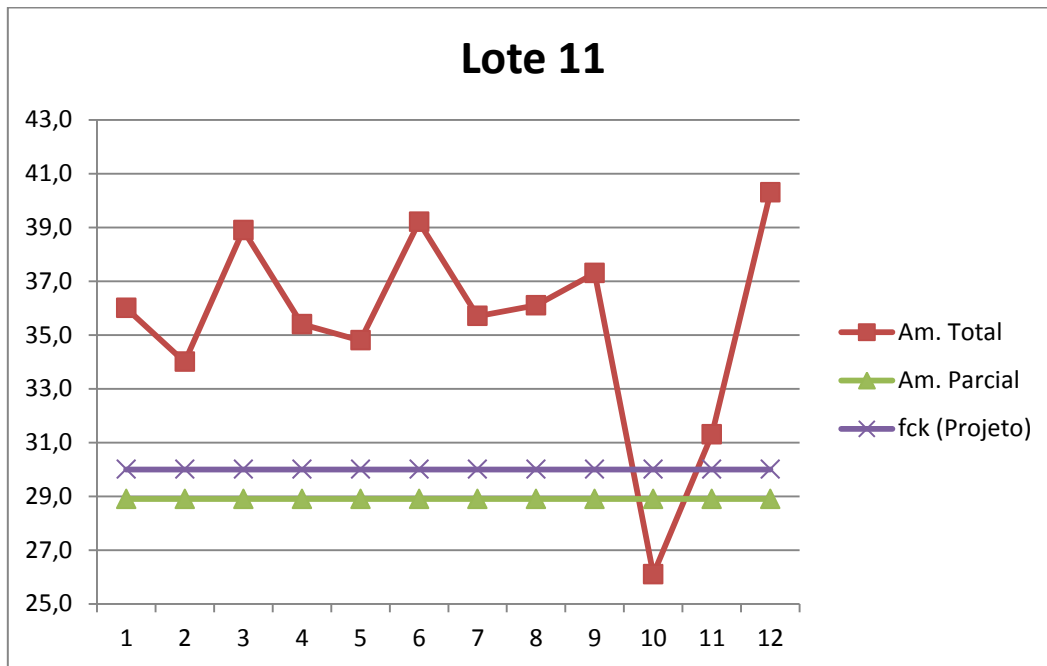


Gráfico F.12: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 12.

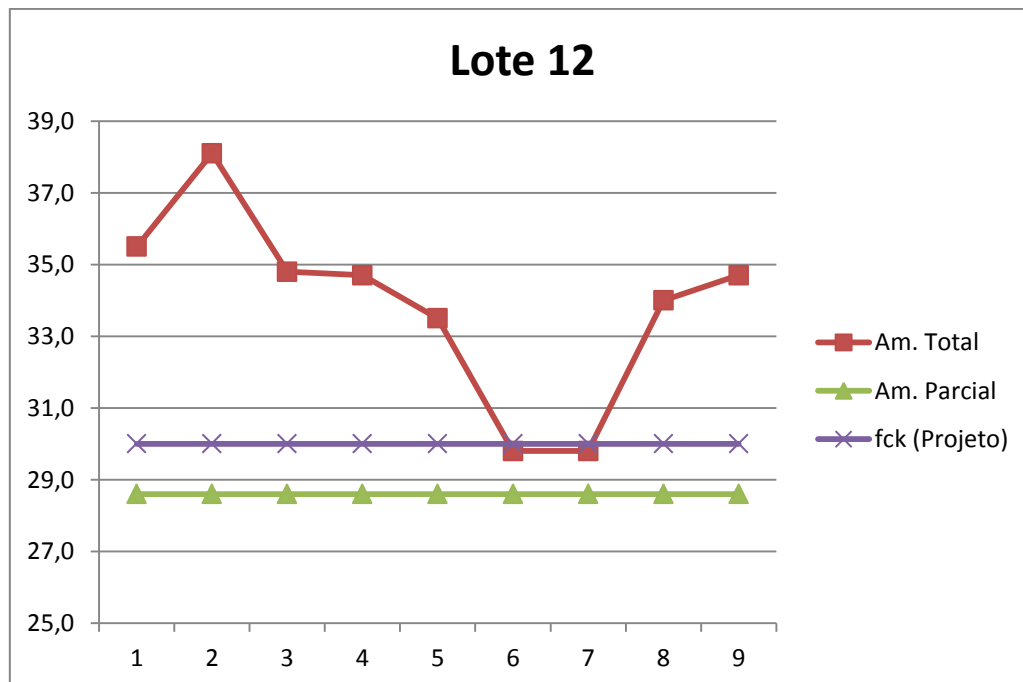


Gráfico F.13: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 13.

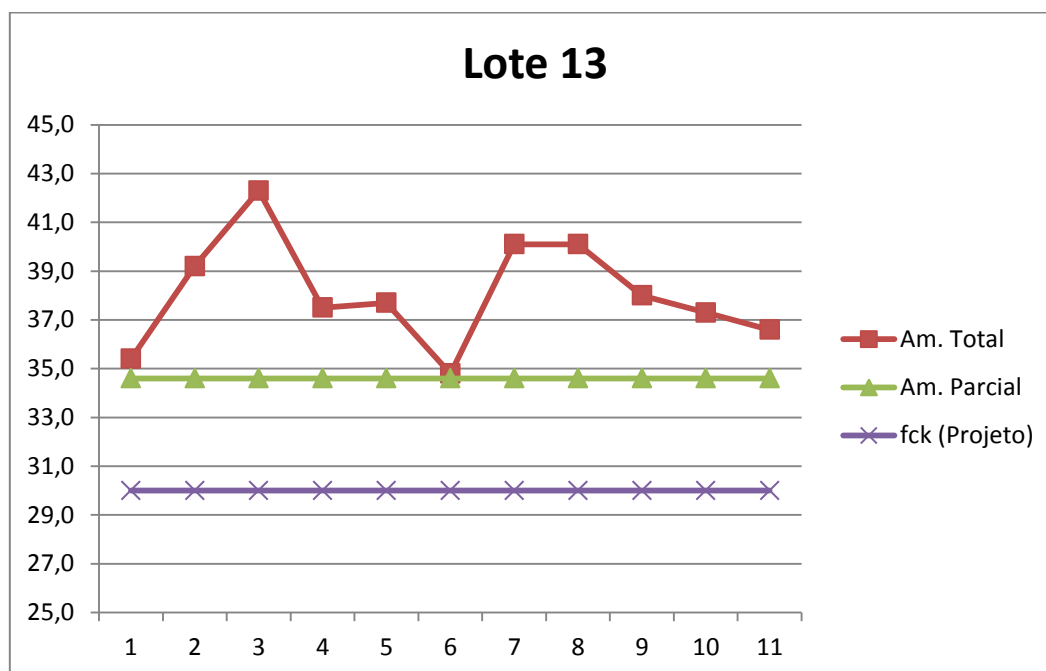


Gráfico F.14: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 14.

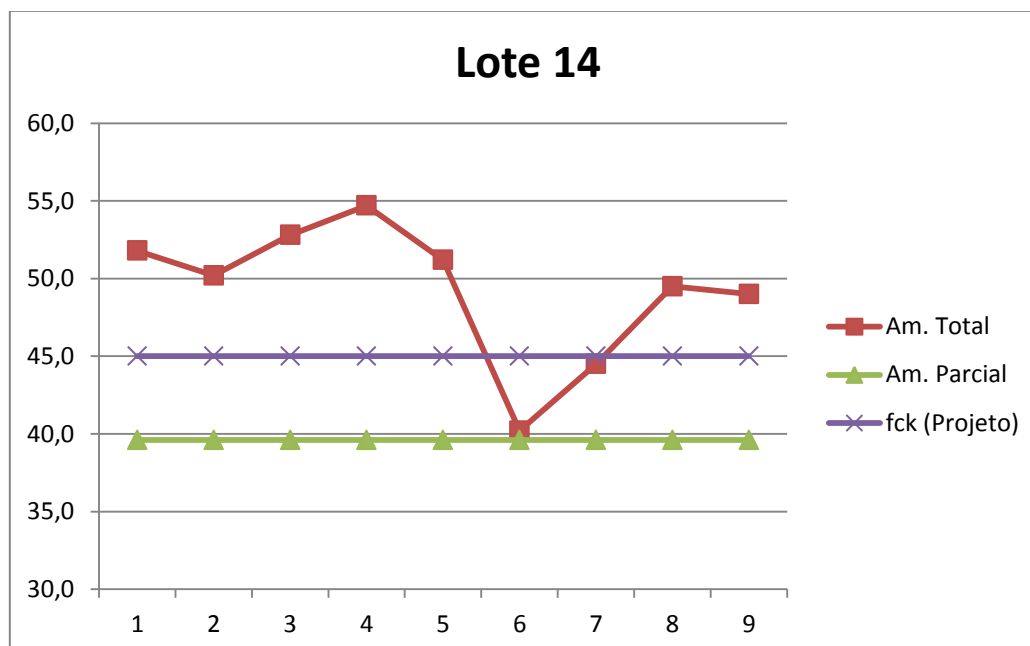


Gráfico F.15: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 15.

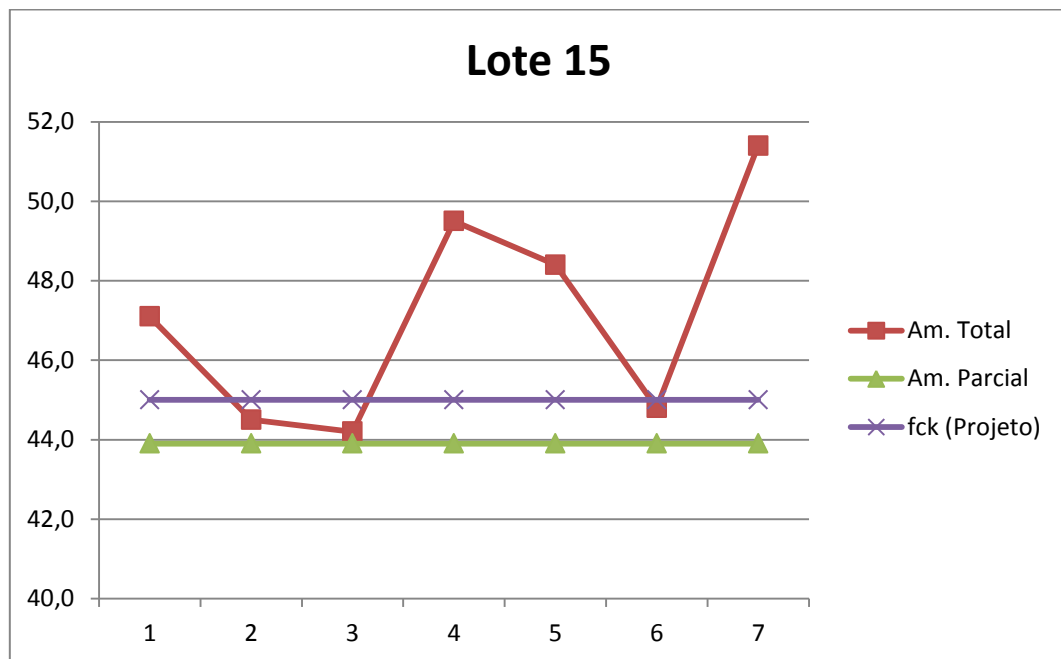


Gráfico F.16: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 16.

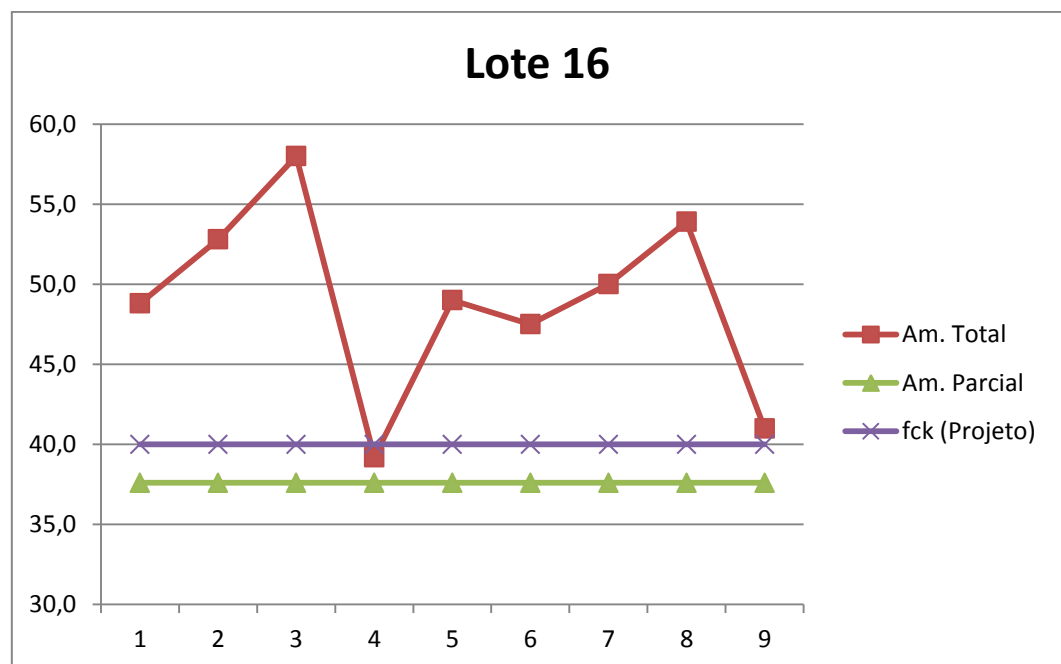


Gráfico F.17: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 17.

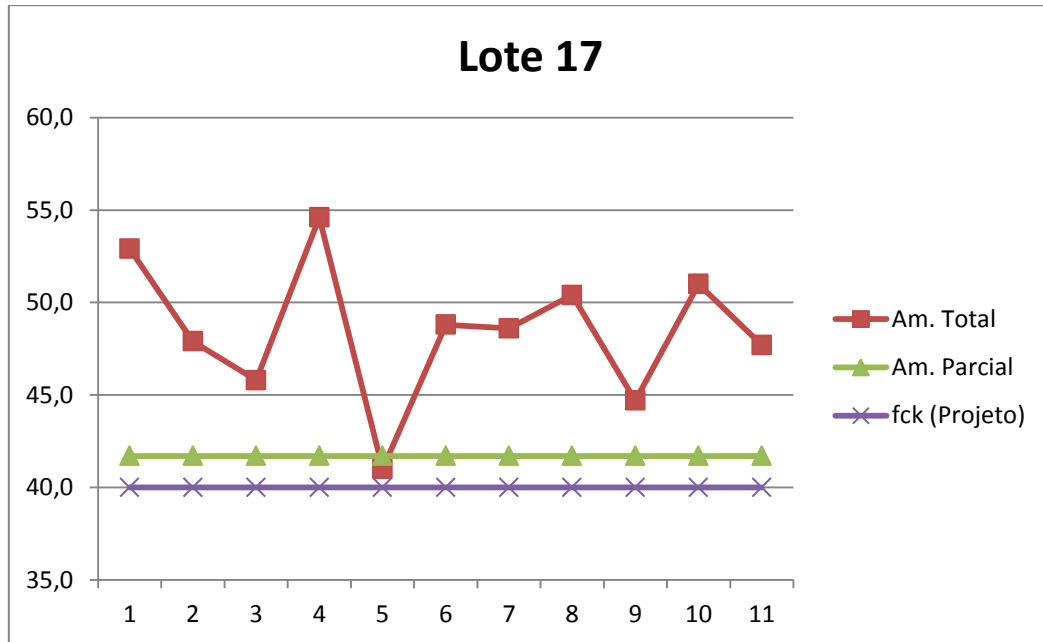


Gráfico F.18: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 18.

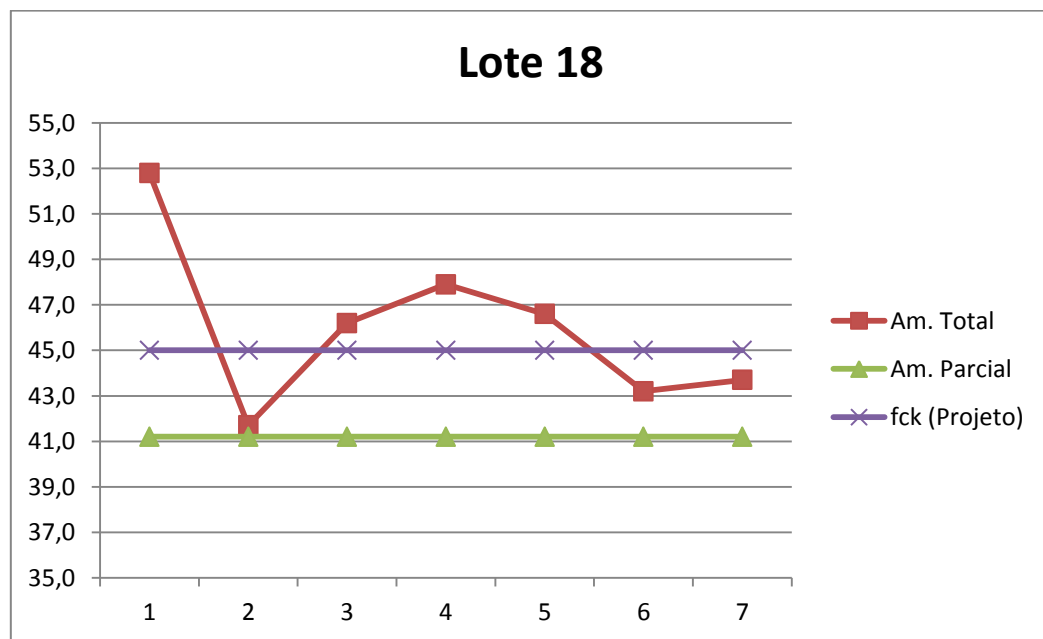


Gráfico F.19: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 19.

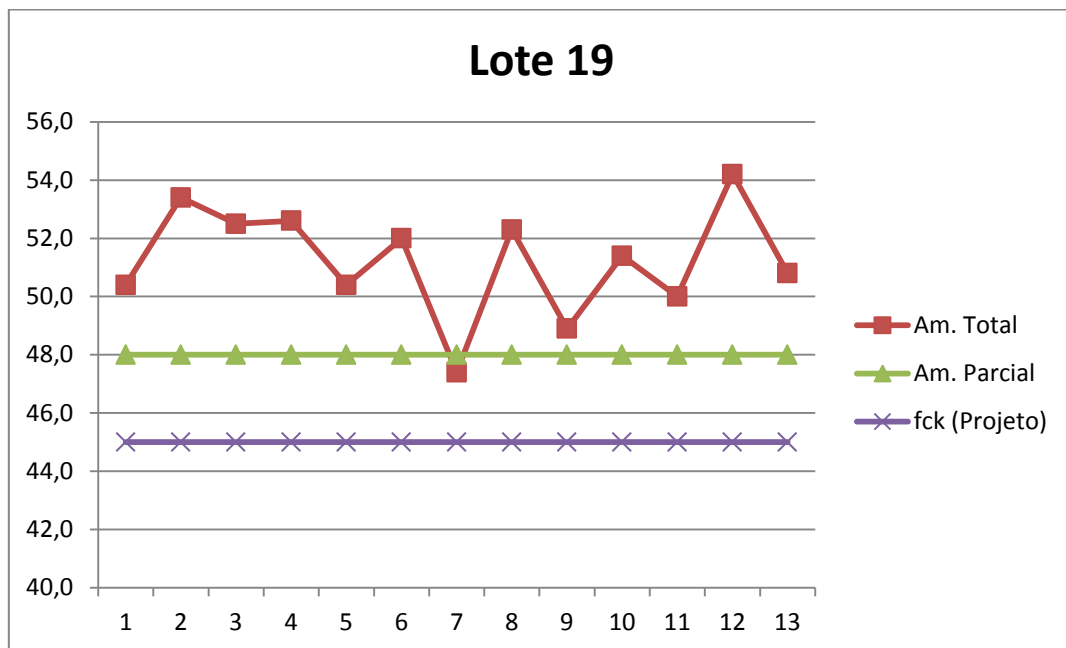


Gráfico F.20: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 20.

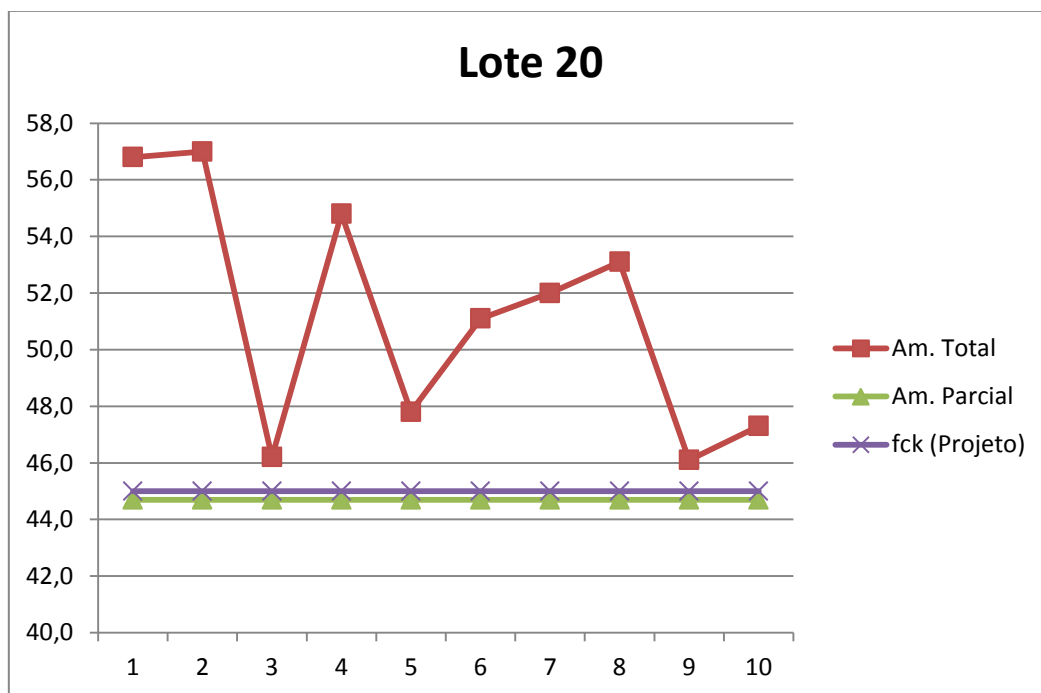


Gráfico F.21: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 21.

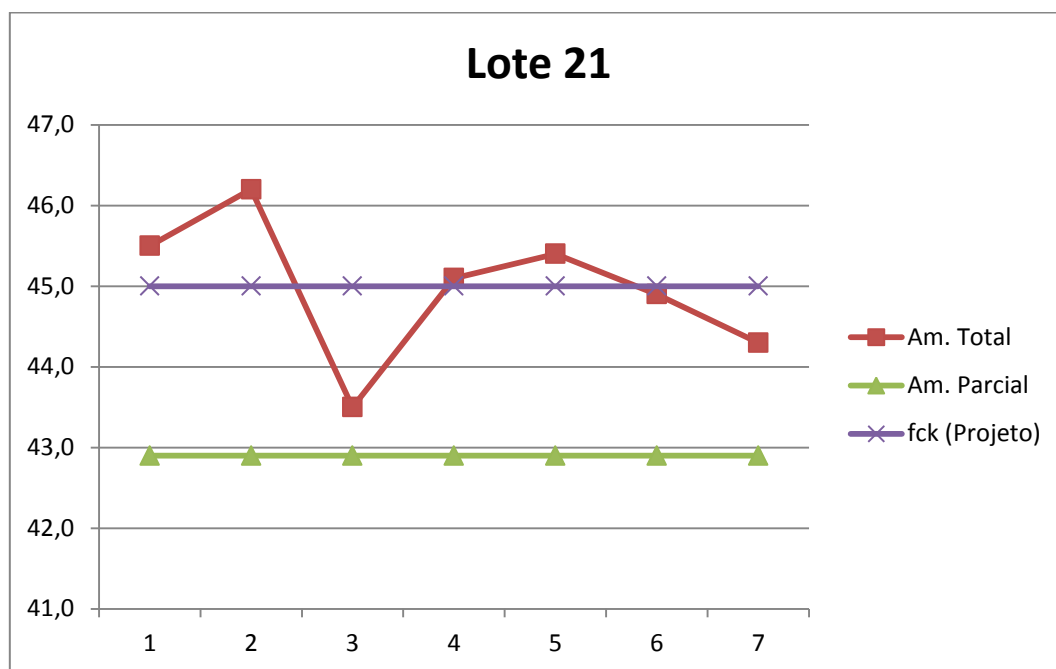


Gráfico F.22: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 22.

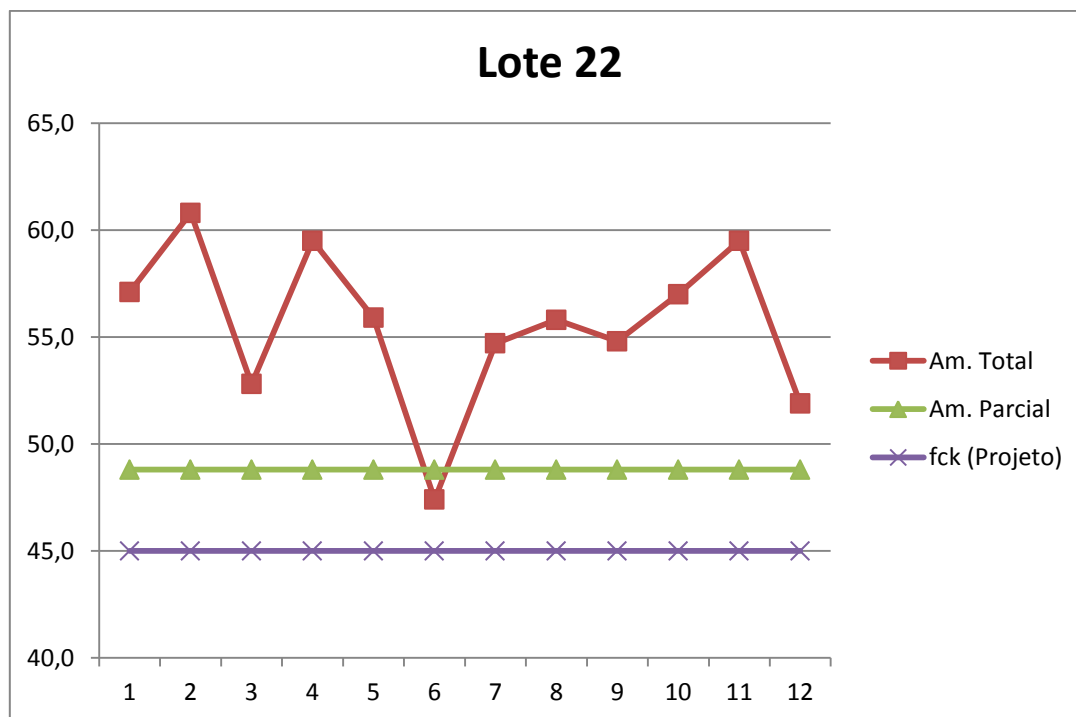


Gráfico F.23: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 23.

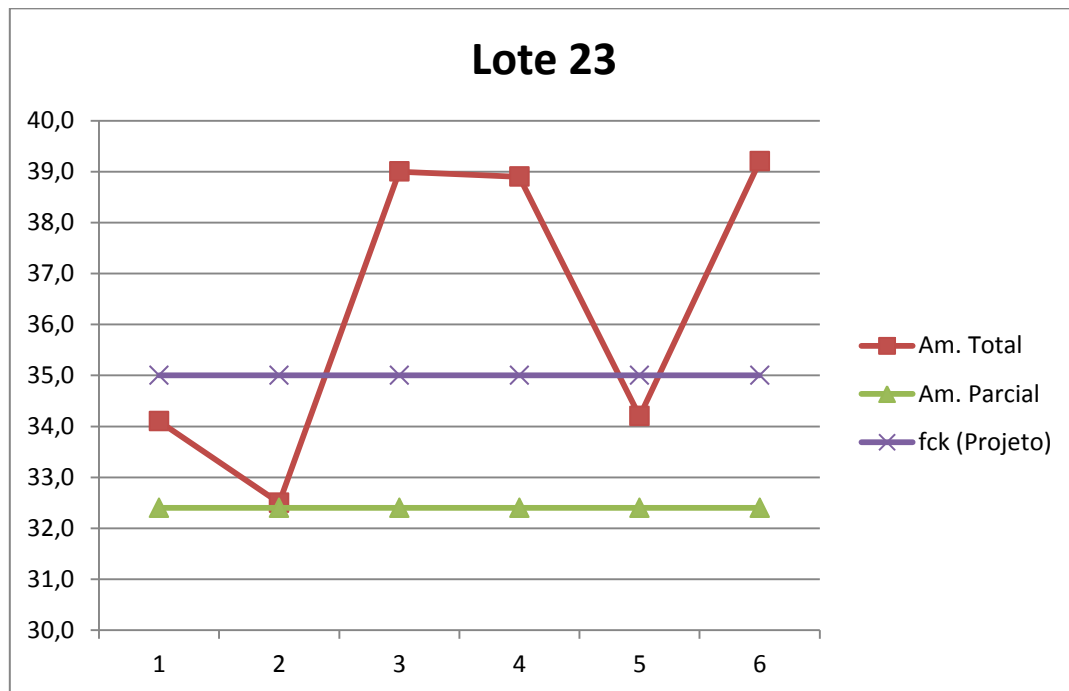


Gráfico F.24: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 24.

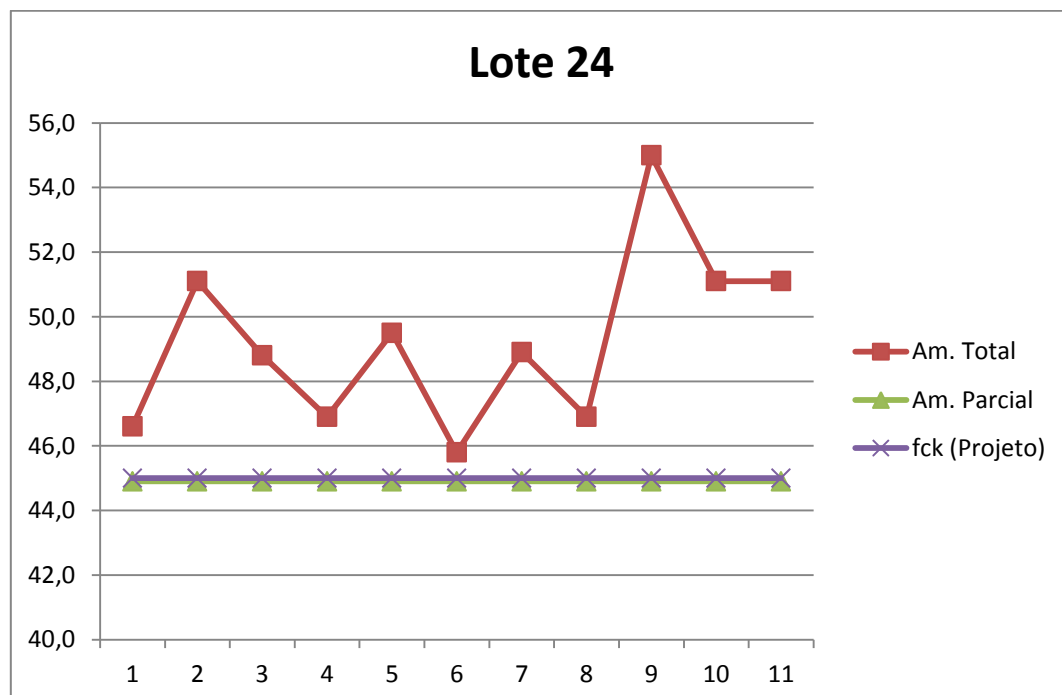
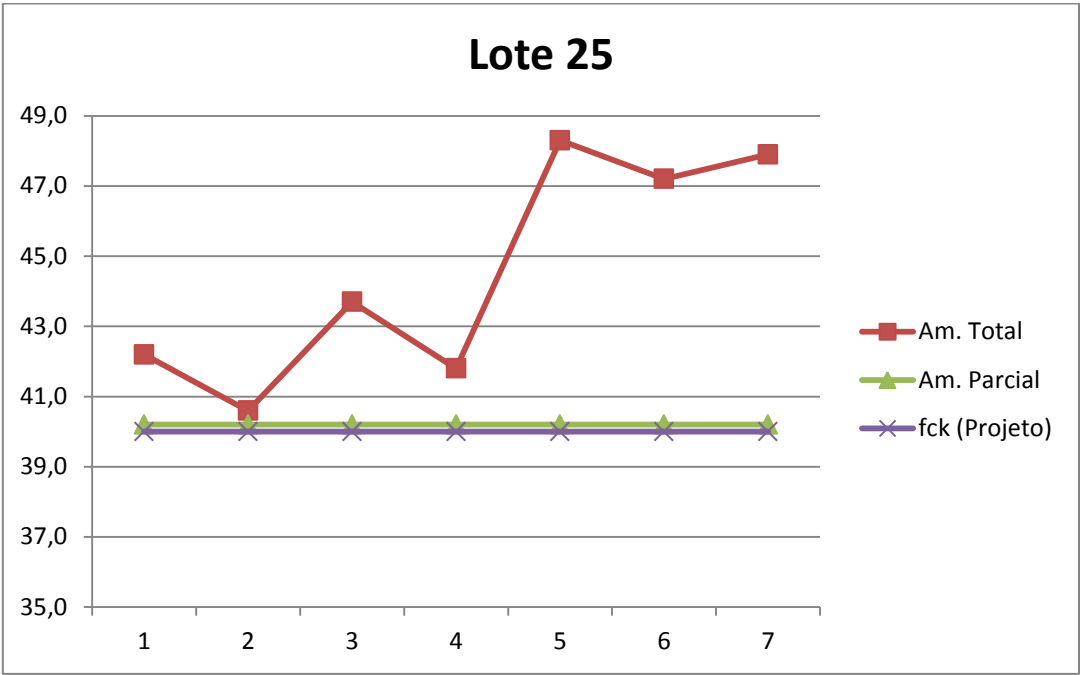




Gráfico F.25: Comparação dos resultados obtidos pelo critério de amostragem parcial e amostragem total da NBR 12655, para o lote 25.



## Apêndice G

Tabela G.1: Comparação da atualização Bayesiana com  $f_{ck} = K * f_{cm}$ , com K variando de 0,89 a 0,93, para o lote 1.

Lote	Exemplar	n=10	0,93*fcm		0,92*fcm		0,91*fcm		0,90*fcm		0,89*fcm	
1	1	28,10	28,41	1,11%	28,11	0,02%	27,80	1,07%	27,50	2,15%	27,19	3,24%
	2	28,20	28,46	0,91%	28,15	0,17%	27,85	0,90%	27,54	1,99%	27,23	3,08%
	3	27,90	28,09	0,67%	27,78	0,42%	27,48	2,20%	27,18	3,27%	26,88	4,35%
	4	27,70	27,81	0,39%	27,51	0,69%	27,21	3,17%	26,91	4,23%	26,61	5,30%
	5	27,90	28,04	0,50%	27,74	0,58%	27,44	2,36%	27,14	3,43%	26,83	4,51%
	6	28,20	28,46	0,91%	28,15	0,17%	27,85	0,90%	27,54	1,99%	27,23	3,08%
	7	29,10	30,04	3,23%	29,72	2,12%	29,39	4,60%	29,07	3,45%	28,75	2,30%
	8	28,30	28,74	1,54%	28,43	0,45%	28,12	0,07%	27,81	1,03%	27,50	2,13%
	9	28,50	28,97	1,65%	28,66	0,55%	28,35	0,88%	28,04	0,23%	27,72	1,34%
			Erro Médio:	<b>1,21%</b>	Erro Médio:	<b>0,57%</b>	Erro Médio:	<b>1,79%</b>	Erro Médio:	<b>2,42%</b>	Erro Médio:	<b>3,26%</b>

Tabela G.2: Comparação da atualização Bayesiana com  $f_{ck} = K * f_{cm}$ , com K variando de 0,89 a 0,93, para o lote 4.

Lote	Exemplar	n=10	0,93*fcm		0,92*fcm		0,91*fcm		0,90*fcm		0,89*fcm	
4	1	39,10	40,50	3,58%	40,07	2,47%	39,63	1,36%	39,20	0,24%	38,76	0,87%
	2	37,70	38,08	1,02%	37,67	0,07%	37,26	4,69%	36,86	5,74%	36,45	6,79%
	3	37,30	37,57	0,73%	37,17	0,35%	36,76	5,97%	36,36	7,01%	35,96	8,04%
	4	38,60	39,62	2,64%	39,19	1,53%	38,77	0,85%	38,34	1,94%	37,91	3,03%
	5	38,70	39,80	2,85%	39,38	1,75%	38,95	0,39%	38,52	1,48%	38,09	2,58%
	6	38,70	39,90	3,09%	39,47	1,98%	39,04	0,16%	38,61	1,25%	38,18	2,35%
	7	39,70	41,76	5,18%	41,31	4,05%	40,86	4,50%	40,41	3,35%	39,96	2,20%
	8	38,10	38,87	2,03%	38,46	0,93%	38,04	2,72%	37,62	3,79%	37,20	4,85%
			Erro Médio:	<b>2,64%</b>	Erro Médio:	<b>1,64%</b>	Erro Médio:	<b>2,58%</b>	Erro Médio:	<b>3,10%</b>	Erro Médio:	<b>3,84%</b>

Tabela G.3: Comparação da atualização Bayesiana com  $f_{ck} = K * f_{cm}$ , com K variando de 0,89 a 0,93, para o lote 9.

Lote	Exemplar	n=10	0,93*fcm		0,92*fcm		0,91*fcm		0,90*fcm		0,89*fcm	
9	1	35,30	37,76	6,96%	37,35	5,81%	36,95	4,66%	36,54	3,51%	36,13	2,36%
	2	35,90	39,71	10,62%	39,28	9,43%	38,86	10,08%	38,43	8,87%	38,00	7,66%
	3	35,90	39,76	10,75%	39,33	9,55%	38,90	10,21%	38,48	8,99%	38,05	7,78%
	4	33,20	33,71	1,54%	33,35	0,45%	32,99	6,55%	32,63	7,58%	32,26	8,60%
	5	33,80	34,69	2,63%	34,32	1,53%	33,94	3,84%	33,57	4,90%	33,20	5,96%
	6	32,90	33,25	1,06%	32,89	0,03%	32,53	7,84%	32,18	8,85%	31,82	9,87%
	7	35,40	37,99	7,32%	37,58	6,16%	37,17	5,31%	36,77	4,15%	36,36	2,99%
	8	35,60	38,55	8,28%	38,13	7,12%	37,72	6,85%	37,31	5,68%	36,89	4,51%
Erro Médio:			6,14%		5,01%		6,92%		6,57%		6,22%	

Tabela G.4: Comparação da atualização Bayesiana com  $f_{ck} = K * f_{cm}$ , com K variando de 0,89 a 0,93, para o lote 20.

Lote	Exemplar	n=10	0,93*fcm		0,92*fcm		0,91*fcm		0,90*fcm		0,89*fcm	
20	1	46,40	52,59	13,34%	52,03	12,13%	51,46	10,91%	50,90	9,69%	50,33	8,47%
	2	46,40	52,92	14,05%	52,35	12,82%	51,78	11,59%	51,21	10,37%	50,64	9,14%
	3	42,20	42,59	0,93%	42,14	0,15%	41,68	1,24%	41,22	2,32%	40,76	3,41%
	4	46,00	50,69	10,18%	50,14	9,00%	49,60	7,82%	49,05	6,63%	48,51	5,45%
	5	43,20	44,18	2,26%	43,70	1,16%	43,23	0,06%	42,75	1,04%	42,28	2,14%
	6	44,90	47,34	5,43%	46,83	4,29%	46,32	3,16%	45,81	2,03%	45,30	0,89%
	7	45,20	48,13	6,48%	47,61	5,33%	47,09	4,19%	46,58	3,04%	46,06	1,90%
	8	45,60	49,10	7,68%	48,58	6,53%	48,05	5,37%	47,52	4,21%	46,99	3,05%
	9	42,30	42,73	1,02%	42,27	0,06%	41,81	1,15%	41,36	2,23%	40,90	3,32%
	10	42,90	43,76	2,00%	43,29	0,90%	42,82	0,20%	42,35	1,29%	41,87	2,39%
Erro Médio:			6,34%		5,24%		4,57%		4,29%		4,02%	

Tabela G.5: Comparação da atualização Bayesiana com  $f_{ck} = K * f_{cm}$ , com K variando de 0,89 a 0,93, para o lote 24.

Lote	Exemplar	n=10	0,93*fcm		0,92*fcm		0,91*fcm		0,90*fcm		0,89*fcm	
24	1	42,60	43,20	1,40%	42,73	0,31%	42,27	0,78%	41,81	1,87%	41,34	2,96%
	2	44,90	47,38	5,53%	46,87	4,40%	46,36	3,26%	45,86	2,13%	45,35	0,99%
	3	43,70	45,06	3,11%	44,57	2,00%	44,09	0,89%	43,61	0,22%	43,12	1,33%
	4	42,60	43,29	1,62%	42,83	0,53%	42,36	0,56%	41,90	1,65%	41,43	2,75%
	5	44,20	45,99	4,05%	45,49	2,93%	45,00	1,81%	44,51	0,69%	44,01	0,43%
	6	42,10	42,41	0,73%	41,95	0,35%	41,50	1,43%	41,04	2,52%	40,58	3,60%
	7	43,70	45,01	3,00%	44,53	1,89%	44,04	0,79%	43,56	0,32%	43,08	1,43%
	8	42,50	43,11	1,42%	42,64	0,33%	42,18	0,76%	41,72	1,85%	41,25	2,94%
	9	46,10	51,06	10,75%	50,51	9,56%	49,96	8,37%	49,41	7,18%	48,86	5,99%
	10	44,80	47,29	5,56%	46,78	4,42%	46,27	3,29%	45,77	2,15%	45,26	1,02%
	11	44,80	47,29	5,56%	46,78	4,42%	46,27	3,29%	45,77	2,15%	45,26	1,02%
			Erro Médio:	3,89%	Erro Médio:	2,83%	Erro Médio:	2,29%	Erro Médio:	2,07%	Erro Médio:	2,22%