

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

Diego Vecili

**A INFLUÊNCIA DA ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO E DO
CONTROLE TECNOLÓGICO NA VARIABILIDADE DA
RESISTÊNCIA DO CONCRETO PRODUZIDO EM OBRA**

Ijuí/RS

2005

Diego Vecili

**A INFLUÊNCIA DA ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO E DO
CONTROLE TECNOLÓGICO NA VARIABILIDADE DA
RESISTÊNCIA DO CONCRETO PRODUZIDO EM OBRA**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, do departamento de Tecnologia - DETEC, da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul UNIJUÍ, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Ijuí

2005

FOLHA DE APROVAÇÃO

**Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em
19/05/05 pela banca examinadora**

Banca Examinadora

Prof. M. Eng. Cristina Eliza Pozzobon - Orientadora (DETEC/EGC)

Prof. M. Eng. Luis Eduardo Modler – Co-orientador (DETEC/EGC)

Prof. Dra. Eng. Luciana Londero Brandli – (DETEC/EGC)

Prof. M. Eng. Luis Eduardo Modler – Coordenador Colegiado do curso de
Engenharia Civil - UNIJUÍ

Dedico este trabalho aos meus familiares, que me acompanham desde o início dessa caminhada, sem medir esforços na busca do meu sucesso profissional.

Agradecimentos

Agradeço às construtoras que abriram as portas para o meu estudo, fornecendo os materiais necessários para a pesquisa.

Agradeço também aos colegas e professores dessa universidade que me acolheram da melhor forma possível.

Em especial aos meus orientadores Cristina e Luis Eduardo, que sempre estavam dispostos a solucionar dúvidas, tanto dentro como fora das salas de aula, agregando muito conhecimento à minha formação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	11
1.2 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1. <i>Objetivo geral</i>	11
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	11
1.4 JUSTIFICATIVA	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 CIMENTO PORTLAND.....	14
2.2 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND	15
2.3 CONTROLE TECNOLÓGICO	16
2.3.1 <i>Resistência de dosagem</i>	17
2.3.2 <i>Controle da resistência do concreto</i>	19
2.3.3 <i>Resistência característica do concreto à compressão</i>	20
2.3.3 <i>Desvio-padrão (S_c) na produção do concreto</i>	21
2.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	26
3.2 COLETA DE DADOS QUANTITATIVOS	26
3.3 COLETA DE DADOS QUALITATIVOS	28
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO	29
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	31

4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS E DOS LOTES ANALISADOS.....	31
4.2	APRESENTAÇÃO DOS DADOS QUANTITATIVOS OBTIDOS NA OBRA 1	32
4.3	APRESENTAÇÃO DOS DADOS QUANTITATIVOS OBTIDOS NA OBRA 2	35
4.4	RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	39
4.5	ANÁLISE QUALITATIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS	41
5.	CONCLUSÕES.....	45
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da distribuição da resistência do concreto.....	21
Figura 2 - Escolha do carrinho para a amostra e o ensaio de abatimento pelo tronco de cone	28
Figura 3 - Carta de controle da qualidade da produção de concreto com base no desvio-padrão do processo de produção e ensaio - Obra 1.	40
Figura 4 - Carta de controle da qualidade da produção de concreto com base no desvio- padrão do processo de produção e ensaio - Obra 2.	40
Figura 5 -Disposição dos materiais constituintes para a mistura - Obra 1.	41
Figura 6 - Disposição dos materiais constituintes para a mistura com a utilização de duas betoneiras - Obra 1.....	41
Figura 7 - Medição da consistência do concreto.	42
Figura 8 - Disposição dos materiais constituintes para a mistura - Obra 2.	43
Figura 9 - Utilização de caixas metálicas para a dosagem correta.	43
Figura 10 - Análise visual da consistência do concreto.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados obtidos no 1º lote da Obra 1	32
Tabela 2 – Resultados obtidos no 2º lote da Obra 1	33
Tabela 3 – Resultados obtidos no 3º lote da Obra 1	34
Tabela 4 – Resultados obtidos no 4º lote da Obra 1	34
Tabela 5 – Resultados obtidos no 5º lote da Obra 1	35
Tabela 6 – Resultados obtidos no 1º lote da Obra 2	36
Tabela 7 – Resultados obtidos no 2º lote da Obra 2	36
Tabela 8 – Resultados obtidos no 3º lote da Obra 2	37
Tabela 9 – Resultados obtidos no 4º lote da Obra 2	38
Tabela 10 – Resultados obtidos no 5º lote da Obra 2	38
Tabela 11 – Resumo dos resultados na Obra 1	39
Tabela 12 – Resumo dos resultados na Obra 1	39

RESUMO

A premissa de que a qualidade das obras como um todo depende da qualidade obtida na produção de cada serviço específico e as considerações de que o concreto de cimento Portland seja um material característico da construção civil e, ainda, que a produção deste em canteiros de obra tem sido desestimulada, em função da suposta variabilidade na resistência à compressão justifica a realização deste trabalho que busca avaliar a influência da organização do trabalho e da implantação de um controle tecnológico na qualidade e na uniformidade do concreto produzido em betoneiras estacionárias em dois canteiros de obra na cidade de Ijuí/RS. O instrumento de avaliação escolhido foi o desvio-padrão pelo fato de ser a medida prescrita pela norma da NBR 12655 (ABNT, 1996).

Palavras-chaves: Concreto, Dispersão, Desvio-padrão, Organização do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Delimitação do tema

Este trabalho apresenta um estudo realizado em duas obras da cidade de Ijuí/RS e aborda a variabilidade do concreto produzido em betoneiras estacionárias.

1.2 Formulação da questão de estudo

A organização do trabalho e o controle tecnológico influenciam a qualidade e a uniformidade do concreto produzido em betoneiras estacionárias?

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Avaliar a influência da organização do trabalho e da implantação de um controle tecnológico na qualidade e na uniformidade do concreto produzido em betoneiras estacionárias.

1.3.2. Objetivos específicos

- Avaliar a ascendência da direção da empresa sobre os funcionários no que diz respeito às orientações dadas sobre a dosagem nas primeiras misturas do dia, ou quando houver qualquer alteração significativa na consistência do concreto;

- Encontrar e avaliar as variações e dispersões referentes a cada lote em cada obra, através dos cálculos de desvio padrão;
- Identificar e justificar as causas determinantes de cada valor obtido para o desvio padrão calculado.

1.4 Justificativa

A preocupação com as questões relativas à qualidade tornou-se crescente nas últimas décadas. No mundo todo, a qualidade tem recebido atenção especial, tanto como fator de competitividade das empresas como para o atendimento aos consumidores mais exigentes.

A escassez de recursos financeiros e a necessidade de obtenção de resultados mais satisfatórios levam, cada vez mais, as construtoras a procurarem maior adequação no que diz respeito ao controle de qualidade em suas construções, evitando gastos desnecessários em sua obra.

Considerando o alto custo na produção de estruturas de concreto armado e que este ocupa um dos primeiros lugares na curva ABC de custo global da obra, verifica-se a importância de um controle tecnológico adequado na produção do concreto, merecendo atenção no que se refere ao máximo aproveitamento de material e mão-de-obra, visando sempre a responsabilidade que essa estrutura exige, devido a possíveis gastos desnecessários e inviáveis de patologias futuras.

Sobre esse assunto, Garcia e Liborio (1998) comentam que “a resistência e principalmente a durabilidade de uma estrutura dependerá dos cuidados que se tenha com ela não somente no instante de projeto como também durante sua construção e posterior manutenção”.

Segundo Isaia (1988), de todos os parâmetros que influenciam na qualidade do concreto, tais como resistência mecânica, impermeabilidade, durabilidade e deformações, o mais sensível às variações intrínsecas e de produção e o mais fácil de ser quantificado é a resistência à compressão.

Com base nesses dados, é possível encontrar e estabelecer as medidas que devem ser tomadas visando a melhoria da qualidade, entendida como a satisfação de todos os envolvidos no processo construtivo.

A norma brasileira relativa à produção e dosagem de concreto NBR 12655 (ABNT, 1996) leva em conta as variações das condições de produção através da variabilidade da resistência à compressão avaliada pelo desvio-padrão. Para concretos produzidos em canteiros que se enquadram na classe C (ver 2.3.1), a normalização prescreve altos valores de desvio-padrão para a formulação do traço adequado, forçando muitas vezes a gastos desnecessários, elevando o consumo de cimento e desestimulando a produção *in loco*.

Este trabalho procura, então, mostrar que a organização do trabalho pode trazer grande redução do custo das concretagens, levando em conta que a dispersão na produção do concreto pode ser reduzida e, como coloca Helene e Terzian (2001), caso seja observado que o desvio-padrão (S_c) obtido a partir das amostras mantenha-se sistematicamente abaixo do admitido na dosagem, (S_d), deve-se proceder a uma retificação da dosagem no sentido de reverter em economia para a obra o fato de ter conseguido uma menor dispersão efetiva do processo de produção.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cimento Portland

Segundo Neville (1997) cimento, na acepção geral da palavra, pode ser considerado todo material com propriedades adesivas e coesivas capaz de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compacto.

No campo da construção, o significado do termo “cimento” se restringe aos materiais ligantes usados com pedras, areia, tijolos, blocos e outros. Os constituintes principais do Cimento Portland são os calcários, de modo que na engenharia civil e na construção se pensa em cimento calcário.

Conforme Neville (1997) a designação “Cimento Portland” foi dada originalmente devido à semelhança de cor e qualidade com a pedra de Portland – um calcário de Dorset – e permanece até hoje, no mundo todo, referindo-se ao cimento obtido pela mistura íntima de materiais calcários e argilosos, ou sílica e alumina e óxidos de ferro, para queima e moagem conjunta com gesso.

Petrucci (1998) destaca que o Cimento Portland resulta de um produto denominado clínquer, obtido pelo cozimento até a fusão incipiente de uma mistura de calcário e argila convenientemente dosada e homogeneizada, de tal forma que toda cal se combine com os compostos argilosos, sem que, depois do cozimento, resulte cal livre em quantidade prejudicial. Após a queima, é feita pequena adição de sulfato de cálcio, de modo que o teor de SO_3 não ultrapasse 3,0%, a fim de regular o tempo de início das reações do aglomerante com a água.

A associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2005) enfatiza que:

O cimento pode ser definido como um pó fino, com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água. Na forma de concreto, torna-se uma pedra artificial, que pode ganhar formas e volumes, de acordo com as necessidades de cada obra. Graças a essas características, o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, superado apenas pela água.

2.2 Concreto de Cimento Portland

Neville (1997) lembra que o emprego do concreto é bem antigo. Os antigos egípcios usavam gesso impuro calcinado. Os gregos e romanos usavam calcário calcinado e aprenderam, posteriormente, a misturar cal e água, areia e pedra fragmentada, tijolos ou telhas em cacos. Foi o primeiro concreto que registra a história.

Atualmente, o concreto de Cimento Portland tem sido usado em larga escala nas obras brasileiras, devido à sua fácil trabalhabilidade e à possibilidade de se moldar estruturas *in loco*.

Conforme Petrucci (1998), o concreto hidráulico é um material de construção constituído por uma mistura de um aglomerante com agregados e água. Quando recém misturado, deve oferecer condições tais de plasticidade que facilitem as operações de manuseio indispensáveis ao lançamento nas fôrmas, adquirindo, com o tempo, a coesão e a resistência desejada.

Sobre esse assunto, Mehta e Monteiro (1994) colocam que o concreto é um material composto que consiste essencialmente de um meio contínuo aglomerante (formado por cimento e água, no caso de cimento hidráulico), dentro do qual estão mergulhadas partículas ou fragmentos de agregados. Pelo menos 75% do volume do concreto são ocupados pelos agregados, fazendo com que sua qualidade seja de considerável importância.

“Entende-se por agregado o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para o uso em obras de engenharia” (PETRUCCI, 1998, p. 38).

Conforme lembram Lima, Barbosa e Assis (2002), o concreto e o aço são os materiais estruturais mais usados nas estruturas da construção civil, muitas vezes eles se complementam, porém o engenheiro por muitas vezes conhece menos sobre o concreto do qual a estrutura é constituída do que sobre o aço utilizado.

O aço é produzido em níveis rigorosos de controle de qualidade, com suas propriedades determinadas em laboratório e descritas e certificados pelo produtor. Em contrapartida, em uma obra de concreto estrutural, a situação é completamente

diferente. Por mais que a qualidade do cimento seja garantida pelo fabricante de modo semelhante ao caso do aço, o concreto que é o material de construção. As peças estruturais são na maioria das vezes feitas no local e sua qualidade é quase exclusivamente dependente do serviço de dosagem, preparo e lançamento do concreto. Portanto, tornam-se evidentes as disparidades entre os métodos de produção do concreto e do aço e a importância do controle de qualidade do concreto na obra.

Por outro lado, Neville (1997) afirma que o custo da concretagem, como o de qualquer outra atividade de construção, é constituído pelos custos de material, instalações e pessoal. A variação do custo do material se deve ao fato de que o cimento é o componente com custo mais elevado, de modo que, na dosagem, procura-se evitar teores altos de cimento. O uso de concretos com menos cimento pode proporcionar consideráveis vantagens técnicas, como no caso de concreto massa, em que o despreendimento de calor de hidratação pode originar fissuração, além dos concretos estruturais, onde altos teores de cimento podem dar origem a grande retração e fissuração.

Ao se determinar o custo do concreto, é fundamental que se considere também a variabilidade da resistência, a resistência mínima ou característica especificada pelo projetista estrutural, que está diretamente relacionada com as dispersões da produção (ver 2.3.1).

2.3 Controle tecnológico

O controle tecnológico no processo de produção do concreto de cada empresa é bastante diversificado. O desenvolvimento desse controle poderá ocorrer através da aplicação de um sistema de gestão de qualidade, seja por intermédio de adequações por títulos ou por simples conscientização e organização empresarial e, ainda, com o auxílio de estudos de dados e ensaios laboratoriais.

A heterogeneidade dos materiais que compõem os concretos representam, sempre, um desafio aos técnicos responsáveis pela fabricação e emprego dos mesmos, levando a estudos mais amplos dos comportamentos dos concretos produzidos em obra (HELENE e TERZIAN, 2001).

Conforme Prudêncio (1995), a produção de concretos em centrais no Brasil tem um predomínio quase que absoluto em se tratando de estruturas de obras verticais. Aliadas a facilidades da não necessidade de criar-se em obra uma estrutura para produzir esse tipo de material que exige, além de equipamentos e mão-de-obra, uma área de canteiro relativamente grande, o concreto usinado tem como principal vantagem o fato de ser produzido em massa e por equipes treinadas. Porém, a agilidade deste tipo de solução tem esbarrado em problemas de custos, o que tem levado muitos construtores a voltar para a produção em canteiros. Contudo, esta produção tem sido feita sem os devidos cuidados recomendados pela norma NBR 12655 (ABNT, 1996). A normalização brasileira é bastante rigorosa quando se refere aos concretos produzidos com tal falta de controle, impondo restrições às suas resistências características e penalizando as resistências de dosagem.

Conforme Cremonini (1997), a resistência à compressão é uma das principais propriedades do concreto, estando relacionada, entre outros fatores, à segurança estrutural, à durabilidade e economia, podendo, inclusive, ser tomada como um fator indicativo da qualidade do concreto empregado em determinada obra.

A normalização brasileira, através da NBR 12655 (ABNT, 1996), estabelece que a resistência característica à compressão (f_{ck}) deve ser garantida durante os estudos de dosagem através da consideração da variabilidade de produção do concreto, medida pelo desvio-padrão, sendo esta consequência direta do sistema de controle de qualidade adotado durante a execução da obra. Quanto menos eficiente for o sistema de controle de execução, maior tenderá a ser a variabilidade da resistência e, conseqüentemente, maior será a resistência média de dosagem necessária para obter-se uma mesma resistência característica, conduzindo a concretos de maior custo, tendo em vista o maior consumo de cimento.

2.3.1 Resistência de dosagem

A variação das condições de execução está prevista na NBR 12655 (ABNT, 1996), no item 5.5.4.2, que é relacionado ao estabelecimento da resistência de dosagem (f_{cj}). Segundo esta norma a resistência de dosagem é obtida a partir da fórmula 1.

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65.S_d \quad [01]$$

onde:

f_{cj} = resistência média à compressão de dosagem a idade de j dias;

f_{ck} = resistência característica à compressão;

S_d = desvio-padrão de dosagem.

Considerando a ocorrência de variações nas condições de produção, a NBR 12655 (ABNT, 1996) estabelece, para os casos de desvio-padrão desconhecidos, três valores para este parâmetro, conforme seja o sistema de controle adotado durante a execução da estrutura. Os valores e condições estabelecidos são:

- Condição A – aplicável a concretos de classe C10 a C80; materiais medidos em massa; medição da umidade dos agregados; controle da adição de água; $S_d = 4,0$ MPa;
- Condição B – aplicável a concretos de classe C10 a C25; cimento medido em massa; agregados em volume; medição da umidade dos agregados; controle da adição de água; $S_d = 5,5$ MPa;
- Condição C – aplicável a concretos de classe C10 a C15; cimento medido em massa; agregados em volume; água corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e determinação da consistência do concreto; consumo mínimo de cimento de 350 kg/m^3 para classe C15; $S_d = 7,0$ MPa.

Esta norma adotou os mesmos valores de desvio-padrão estabelecidos pela NBR 6118 (ABNT, 1978), não considerando possíveis evoluções no meio técnico. Entretanto, estudos já realizados mostram que os valores dos desvios-padrão verificados em condições reais de execução tendem a ser menores que os valores estabelecidos.

Helene (1993 apud CREMONINI, 1997) sugere, a partir de levantamento realizado nos anos de 1982/83 em 07 estados brasileiros, os valores 3,0 MPa, 4,0 MPa e 5,5 MPa, respectivamente para as condições A, B e C da NBR 12655.

Estudo realizado por Prudêncio JR et al. (1995) em obras executadas em Florianópolis concluiu que o valor de 5,5 MPa é representativo da variabilidade de concretos segundo a condição C da NBR 12655 (ABNT, 1996).

Pode-se dizer, então, que o estudo de dosagem do concreto é função das características e exigências da obra pois, para se atingir a resistência desejada, são necessários vários experimentos e ensaios laboratoriais para, então, se encontrar a dosagem ideal. Porém, em obras de médio ou pequeno porte, a dosagem comumente utilizada é feita através de tabelas de traços ou experiências em obras anteriores, a chamada dosagem empírica e o resultado pode ser igualmente controlado para a satisfação dos envolvidos.

Outros fatores determinantes na qualidade do produto são os tratamentos e o controle dado aos materiais constituintes da mistura e equipamentos utilizados, pois estes têm influência direta sobre a resistência final obtida.

Segundo Helene e Terzian (2001, p 165), “durante o controle de produção, interessa controlar os fatores que influem na resistência à compressão”.

A não preocupação com um controle de qualidade adequado está, certamente, ligada ao aparecimento de patologias futuras. Garcia e Liborio (1998) apontam ser comum encontrar uma estrutura de um edifício que carregue consigo um erro construtivo ou de concepção e que não acarreta danos importantes como também é possível uma estrutura estar fortemente comprometida pela falta de qualidade e conformidade da estrutura, muitas vezes, resultado de falhas na produção do concreto.

Conforme Garcia e Liborio (1998), geralmente, é possível assegurar que as patologias produzidas em estruturas não tem uma só causa, mas sim uma participação de várias causas.

2.3.2 Controle da resistência do concreto

Conforme Helene e Terzian (2001), o objetivo maior do controle da resistência à compressão do concreto é a obtenção de um valor potencial, único e característico da resistência à compressão de um certo volume de concreto, a fim de comparar

esse valor com aquele que foi especificado no projeto estrutural e, conseqüentemente, tomado como referência para o dimensionamento da estrutura.

A forma mais usual de medir a resistência do concreto é através de moldagem e ensaio de corpos-de-prova padronizados que determinam a sua resistência potencial, porém a resistência real da estrutura será praticamente impossível de se determinar, sendo essa inferior à resistência potencial, devido aos fatores de produção e execução que influenciam na perda de resistência em relação à chamada resistência máxima possível (ISAIA, 1988).

Os valores de ensaios que se obtêm dos diferentes corpos-de-prova são mais ou menos dispersos, variáveis de uma obra a outra conforme o rigor de produção do concreto.

2.3.3 Resistência característica do concreto à compressão

Para se achar a resistência característica de dosagem, apresentada da fórmula 1 e para eliminar o inconveniente de se trabalhar com dois ou mais parâmetros, foi adotado o conceito de resistência característica do concreto à compressão, que é uma medida estatística que engloba a média e a dispersão dos resultados permitindo definir e qualificar um concreto através de apenas um único valor característico.

As técnicas atuais de controle estão desenvolvidas para a obtenção desse valor característico que é também o valor de referência do projeto estrutural.

Segundo Helene e Terzian (2001), a distribuição normal ou de Gauss (figura 1) é um modelo estatístico que pode representar de maneira satisfatória a distribuição das resistências à compressão.

A curva densidade de probabilidade das resistências é então admitida como normal e o valor característico é calculado em função da dispersão dos resultados, originados pelo processo de produção e ensaio. O valor de resistência à compressão que apresenta uma probabilidade de apenas 5% de não ser alcançado é denominado resistência característica do concreto à compressão e é indicado com a notação f_{ck} .

Conforme Helene e Terzian (2001), só a média dos resultados não seria suficiente para definir e qualificar uma produção de concreto. É necessário considerar a dispersão dos resultados medida através do desvio-padrão ou coeficiente de variação do processo de produção e ensaio.

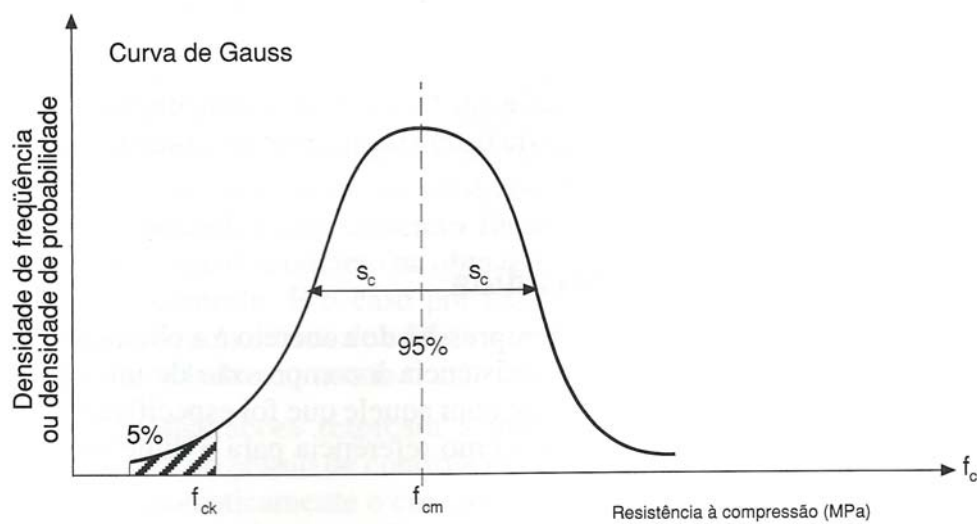


Figura 1 – Representação da distribuição da resistência do concreto.

Fonte: Helene e Terzian (2001, p 108)

2.3.3 Desvio-padrão (S_c) na produção do concreto

Segundo Giamusso (2004), a média aritmética indica a centragem do processo, isto é, o valor para o qual o processo estará ajustado ou centrado, é o “valor que se espera” de uma certa situação.

Já o desvio padrão é o cálculo que representa a dispersão ou variação de certo produto, permitindo avaliar a precisão de um processo construtivo.

“A uniformidade é uma qualidade, quanto mais uniforme o produto, mais fácil concluir sobre a qualidade de um conjunto, mesmo com amostras pequenas”. (GIAMUSSO, 2004).

Se examinados detalhadamente dois ou mais objetos de mesma origem criados, tanto pela natureza como pelo homem, constata-se que não existem dois objetos perfeitamente iguais. As diferenças entre esses diversos objetos decorrem

da dispersão do processo, a qual segue o padrão estatístico da distribuição de frequência das ocorrências do processo.

Conforme texto publicado por Geosities em 19/04/2005, a dispersão origina-se em dois tipos de causas:

- Causas comuns: São as numerosas fontes naturais da dispersão, inerentes ao processo, difíceis de identificar, individualmente de pequena importância, mas que em conjunto contribuem para mudanças aleatórias na saída do processo. As deficiências do processo representam 85% dos problemas, são de responsabilidade dos gerentes e só podem ser eliminadas com a intervenção direta da alta administração; exemplos de causas comuns: equipamentos inadequados e/ou obsoletos; métodos inadequados ou errados; ambiente de trabalho impróprio (iluminação, umidade, temperatura).
- Causas especiais: São fontes de dispersão que geram dispersões esporadicamente, não pertencem ao contexto do processo, são perfeitamente identificáveis e podem ser rastreadas até sua origem. As causas especiais representam 15% dos problemas, são de responsabilidade do operador e do supervisor e podem ser eliminadas pela implantação de medidas corretivas decididas nesse nível hierárquico.

Pode-se relatar que as dispersões ocorridas na produção do concreto estão originadas nas causas comuns.

O desvio-padrão é o parâmetro que define a dispersão das resistências do concreto, de modo que para pequenas dispersões o valor do desvio padrão é pequeno, logo mais próximo a resistência encontrada estará da resistência de projeto. Para grandes dispersões acontecerá o oposto [...] e conseqüentemente mais caro será o concreto produzido para garantir a mesma resistência especificada. (ISAIA, 1988, p. 78)

Conforme Helene e Terzian (2001) o sistema de controle de produção mais divulgado e aceito no Brasil é baseado nas cartas de controle recomendadas pelo *American Concrete Institute – ACI 214 – Recommended Practice for Evaluation of*

Compression Test Results of Field Concrete, texto que inclusive serviu de inspiração, na época, para a redação da antiga NB-1 (1960), atual NBR 6118, sendo largamente empregado até hoje.

Os gráficos ou cartas de controle da qualidade têm sido usados por muitos anos pelas indústrias manufatureiras como elemento auxiliar de controle de uniformidade e da eficiência da produção.

Através das cartas de valores individuais, com base na configuração que foi observada em *resultados anteriores* e nos limites estabelecidos em função desses resultados, são estimadas as *tendências dos novos resultados* e, conseqüentemente, o andamento do processo. Os pontos que caem fora dos limites estabelecidos são indicativos de que houve *alteração na produção*. (Helene, Terzian, 1992, p. 166)

Na opinião de Helene e Terzian (2001), acompanhar a evolução do desvio-padrão através das cartas de valores e gráficos, conforme figuras 3 e 4, é o aspecto mais importante do controle da qualidade do processo de produção do concreto. O custo do metro cúbico de concreto depende diretamente dessa variação.

2.4 Organização do trabalho na produção de concreto

Nos últimos anos, motivados pela busca por maior competitividade, aumento da produção e redução de custos, cada vez mais as empresas de construção civil estão procurando investir em novas tecnologias, tanto na fase de projeto, como na execução, além de buscarem treinamento, motivação e participação do operário.

Figueiró (1997) aponta que a crescente busca pela qualidade gera na indústria da construção civil, uma procura por metodologias eficientes capazes de conferir índices satisfatórios de produtividade atendendo às necessidades do usuário.

Como disse Martinelli (1997), com qualidade, haverá maior satisfação do cliente, conseqüentemente maior será o lucro, “pois o que se volta é o cliente e não o produto”.

Porém, nesse contexto, Lima (1999) destaca que, na indústria da construção civil, grande parte dos operários desenvolvem suas atividades desmotivados e com baixa produtividade, uma vez que os mesmos não são vistos como capazes de gerar soluções e de implementar melhorias que venham contemplar um produto final de qualidade.

Segundo Helene e Terzian (2001), o treinamento e a motivação das equipes exige a conscientização de todo o corpo técnico, sua motivação contínua através da divulgação de resultados positivos e/ou negativos e o treinamento das equipes operacionais. Em síntese, todos envolvidos no processo são responsáveis pela qualidade final do produto.

Lima (1999) aponta, ainda, que a utilização de dados para orientar a busca das causas de baixo desempenho e das mudanças necessárias para corrigi-las, devem forçar os gerentes a perceberem que o desempenho dentro do canteiro de obra é determinado, em grande parte, pelo sistema no qual os operários trabalham: suas crenças, suas políticas, seus processos, seu treinamento, seus equipamentos, suas instruções e seus materiais.

Figueiró (1997) enfatiza que a implantação do programa de qualidade total nas organizações envolve a participação ativa de todos os departamentos e seus colaboradores. Assim, faz-se necessário treinar os funcionários em todos os escalões visando promover a melhoria contínua de seus processos e a padronização de seus procedimentos.

Figueiró (1997) percebeu, ainda, que a conquista da qualidade bem como sua garantia, no que diz respeito à execução de serviços, depende diretamente da elaboração de procedimentos que venham padronizá-la, partindo de uma avaliação prática feita *in loco*. Estes padrões devem seguir a realidade de cada empresa que deve se responsabilizar por seu uso de forma adequada e deve estar consciente da necessidade da avaliação dos processos que executa.

Daí a importância da aplicação de um sistema de gestão de qualidade, tanto em recursos humanos, quanto no processo construtivo em geral, visto que a organização do canteiro de obra nos serviços de concretagem gera satisfação para

os responsáveis e para os empregados, pois esses se sentirão co-responsáveis pelo sucesso da empresa.

Quando uma empresa construtora opta pela produção do concreto em canteiro de obra, essa estará assumindo grandes responsabilidades para com os usuários, devido à confiança aplicada na estrutura.

Conforme Araújo et al (1999), uma organização simples e o planejamento do serviço de concretagem trarão subsídios para tomadas de decisões, a fim de antecipar potenciais falhas no processo e priorizar as ações em função da ocorrência, gravidade e facilidade de detecção de falhas, subsidiando a elaboração de um plano de ações.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização do estudo

O estudo, segundo Shumizo e Cardoso (2000), se caracteriza como sendo de natureza aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática dirigida a solução de problemas específicos.

Configura-se pela natureza não experimental que, segundo Kerlinger (1980), é a designação de “qualquer pesquisa na qual não é possível manipular variáveis ou designar sujeitos ou condições aleatoriamente”.

Nesse sentido, pode ser caracterizado como um estudo descritivo, pois nele pretende-se “descrever com exatidão os fatos e fenômenos de uma determinada realidade” (TRIVIÑOS, 1987).

Para Rudio (1983) a questão fundamental na pesquisa descritiva é que, nessa modalidade, o pesquisador procura conhecer e interpretar a realidade, sem nela interferir para modificá-la. Busca, então descobrir e observar os fenômenos, procurando conhecer sua natureza, composição, processos que o constituem ou nele se realizam.

Os dados obtidos para análise e interpretação da pesquisa descritiva podem ser quantitativos, quando expressos mediante símbolos numéricos, ou qualitativos, quando utilizam-se de palavras para descrever o fenômeno. Neste trabalho optou-se por ambas modalidades

3.2 Coleta de dados quantitativos

Inicialmente foram localizadas e visitadas obras de médio porte, ou seja, edifícios residenciais de dois a três mil metros quadrados, que representam a maioria das obras desta região. Segundo a NBR 12655 (ABNT, 1996) pode-se dizer que são obras que se enquadram na condição C quanto a produção de concreto.

A partir da visita inicial, as obras foram selecionadas de forma a representar situações comuns de execução, ou seja, não adotam nenhum mecanismo de controle de qualidade do processo construtivo, além dos procedimentos normais da empresa executora.

Este estudo foi desenvolvido em duas construtoras da cidade de Ijuí/RS que permitiram a pesquisa em suas obras e forneceram o material necessário para os ensaios laboratoriais.

Para verificar a variabilidade na produção de concreto foram moldados 48 corpos-de-prova de 10x20 cm divididos em diferentes lotes, em etapas diferentes. As variações ocorridas no número de exemplares por lote objetivou a variabilidade do material ao longo do tempo (com possibilidades de variação dos materiais empregados) sob condições de produção constantes (mesma mão-de-obra e mesmos materiais).

A amostragem foi realizada no terço médio de cada mistura, onde procedia-se à determinação da consistência do concreto através do ensaio de abatimento do tronco de cone de acordo com a NBR 7223, além de dois corpos-de-prova para ensaio de resistência à compressão de acordo com a NBR 5738, conforme mostra a figura 2. Os corpos-de-prova eram deixados no local de moldagem por um período de 24h, posteriormente eram desformados e encaminhados para o processo de cura em câmara úmida. Decorridos 14 dias após a moldagem eram realizados os ensaios de resistência à compressão do concreto, conforme prescreve a NBR 5739.



Figura 2 – Escolha do carrinho para a amostra e ensaio de abatimento pelo tronco de cone.

Foi utilizado, para a realização dos ensaios, o Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), onde foram feitos os ensaios de compressão, com rompimento dos exemplares aos 14 dias de idade para o controle de produção, não sendo realizados ensaios aos 28 dias, pois estes são resultados utilizados para controle de aceitação do concreto.

3.3 Coleta de dados qualitativos

As observações instantâneas do pesquisador e as entrevistas diretas para descrever a organização do trabalho na produção de concreto eram feitas posteriormente à moldagem dos corpos-de-prova, com o objetivo de caracterizá-los de acordo com a resistência encontrada e a uniformidade do lote.

O intuito destas observações foi antecipar, para aquelas empresas que desejam produzir o concreto *in loco*, falhas que podem comprometer a qualidade da estrutura.

Qualidade seja qual for o entendimento dado, sempre será um valor comportamental humano e nessa medida, inútil é a introdução de qualquer método

sem que os formadores de opinião da empresa estejam sinceramente empenhados no seu sucesso.

Portanto, um item importante que foi analisado é a organização do trabalho na produção de concreto e seu acompanhamento, se era feito pelo próprio engenheiro responsável, um simples funcionário encarregado para a tomada de decisões ou se não tinha acompanhamento algum, fazendo com que o operador da betoneira tomasse as decisões necessárias.

As obras analisadas foram selecionadas de forma a representar situações comuns de execução, não sendo adotado nenhum mecanismo de controle de qualidade do processo construtivo além dos procedimentos normais à empresa executora. Entre estes podem ser destacados: realização de dosagem experimental e treinamento de equipe.

A análise da organização do trabalho utilizada para avaliar as influências da supervisão sobre o comportamento dos funcionários na produção do concreto foi feita através de observações na obra e entrevistas abertas com a gerência das duas empresas construtoras pesquisadas.

As observações abrangeram os pontos mais críticos do controle tecnológico porque são situações que, ao saírem do normal trarão resultados negativos para a obtenção de uma uniformidade do produto final. Foram observadas: experiência de mão-de-obra, controle da adição de água, uniformidade na utilização dos materiais e tempo.

3.4 Análise estatística dos resultados obtidos em laboratório

A estatística é uma parte da matemática utilizada em praticamente todas as áreas da ciência, principalmente nos ramos da tecnologia e do desenvolvimento. Para o estudo do concreto, muitos autores usam a estatística de forma bastante incisiva.

A normalização brasileira estabelece, conforme a fórmula 1, apresentada anteriormente, que o estudo de dosagem seja função da resistência característica à

compressão de dosagem para a idade de 28 dias, somados pela multiplicação do desvio-padrão em 65%, fazendo destas variações influência direta no resultado final.

Para a obtenção do desvio-padrão respectivo a cada lote, é preciso conhecer o valor da média, que é calculada a partir da média de cada par de corpos-de-prova.

A seguir apresenta-se a fórmula 2 que calcula a média aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad [02]$$

O desvio-padrão, aqui representado pela letra grega S_c , do processo de produção e ensaio é calculado a partir da média de cada par de corpos-de-prova, pela fórmula 3, apresentada a seguir:

$$S_c = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad [03]$$

onde $\sum X$ (lê-se somatória de xis) é a soma dos valores observados X_1, X_2, \dots, X_n e N é o número de observações

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização das obras e dos lotes analisados

As empresas construtoras pesquisadas serão identificadas por codinomes, assim chamadas Obras 1 e 2.

A Obra 1 refere-se a construção de um edifício residencial de 12 pavimentos, estruturado em concreto armado. Em toda a estrutura foi utilizado concreto produzido na própria obra em betoneira estacionária. A resistência de projeto era de 22 MPa para os pilares e 18 MPa para as vigas e lajes, com uma consistência estipulada de 8 ± 1 cm.

Os elementos ensaiados, por lote, foram:

- Lote 1 - Pilares do 3º pavimento;
- Lote 2 - Pilares do 3º pavimento;
- Lote 3 - Vigas e laje do 4º pavimento;
- Lote 4 - Pilares do 4º pavimento;
- Lote 5 - Vigas e laje do 5º pavimento;

A Obra 2 refere-se a construção de um edifício misto de 05 pavimentos, estruturado em concreto armado. Em toda a estrutura foi utilizado concreto produzido na própria obra em betoneira estacionária. A resistência de projeto era de 18 MPa para todos os elementos, com uma consistência estipulada de 8 ± 1 cm.

Os elementos ensaiados, por lote, foram:

- Lote 1 – Sapatas;
- Lote 2 – Sapatas;
- Lote 3 – Sapatas;

- Lote 4 - Vigas de baldrame;
- Lote 5 - Vigas de baldrame;

Em ambas as obras, o concreto era produzido em uma betoneira estacionária de queda livre e eixo inclinado com capacidade de mistura de 250 litros, com exceção do lote 5 da obra 1, onde foi acrescentada a utilização de uma betoneira com capacidade de mistura de 280 litros. O material era colocado na betoneira diretamente pela boca através de padiolas metálicas e a água por meio de baldes de PVC. A correção da quantidade de água de amassamento era feita com base na determinação da consistência das primeiras amassadas de concreto do dia.

Executada a mistura, o concreto era basculado diretamente nos carrinhos de mão utilizados para o transporte do material até o ponto de lançamento. As amostras para a determinação da consistência e para a moldagem dos corpos-de-prova eram retirados pela escolha aleatória de um carrinho qualquer.

4.2 Apresentação dos dados quantitativos obtidos na Obra 1

Os resultados de resistência à compressão e da determinação da consistência do concreto produzidos na Obra 1 estão apresentados nas tabelas a seguir.

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 1º lote da obra 1.

Tabela 1 – Resultados obtidos no 1º lote da obra 1

OBRA 1 - 1º lote = pilares 3º pav.			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	7,0	31,10	27,43
2	23,0	17,39	17,94
3	20,0	23,66	22,89
4	18,0	26,88	28,54
5	9,0	21,57	22,69
6	9,0	28,39	30,15

São características do 1º lote:

- $S_c = 5,06$ MPa;
- O operador e os funcionários responsáveis pela produção do concreto eram recém contratados pela empresa;
- A equipe era formada por três funcionários;
- Como o lote era de pilares, o intervalo de tempo da mistura acabava sendo muito longo e algumas vezes a betoneira foi desligada;
- Foi utilizada brita nº 2 e areia média para a mistura.

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 2º lote da Obra 1.

Tabela 2 – Resultados obtidos no 2º lote da obra 1

OBRA 1 - 2º lote = pilares 3º pav.			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	16,0	27,95	26,66
2	14,0	25,92	27,09
3	6,0	23,37	22,96
4	11,0	23,36	26,08

São características do 2º lote:

- $S_c = 2,22$ MPa;
- Ocorreu o acréscimo de um funcionário à equipe;
- Como o lote era de pilares, o intervalo de tempo da mistura era longo;
- Foi utilizada brita nº 2 e areia média para a mistura.

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 3º lote da Obra 1.

Tabela 3 – Resultados obtidos no 3º lote da obra 1

OBRA 1 - 3º lote = laje 4º pav.			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	8,0	29,53	27,94
2	8,0	29,17	29,30
3	9,5	29,17	29,17
4	12,0	23,80	24,50

São características do 3º lote:

- $S_c = 2,46$ MPa;
- Houve aumento da equipe, que passou para dez funcionários na produção do concreto;
- Foi utilizada brita nº 1 e areia média para a mistura.

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 4º lote da Obra 1.

Tabela 4 – Resultados obtidos no 4º lote da obra 1

OBRA 1 - 4º lote = pilares 4º pav.			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	8,0	23,50	21,35
2	7,0	19,74	19,38
3	10,5	24,81	24,47
4	18,0	18,60	16,97

São características do 4º lote:

- $S_c = 3,04$ MPa;
- A equipe era formada por quatro funcionários;
- Foi utilizada brita nº 2 e areia média para a mistura.

A tabela 5 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 5º lote da Obra 1.

Tabela 5 – Resultados obtidos no 5º lote da obra 1.

OBRA 1 - 5º lote = laje 5º pav.			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	8,0	27,09	27,27
2	14,0	27,23	28,67
3	3,5	23,62	22,43
4	12,0	20,68	20,60
5	11,0	18,13	22,10
6	14,5	17,27	18,67

São características do 5º lote:

- $S_c = 4,02$ MPa;
- A equipe era formada por doze funcionários;
- Foi utilizada brita nº 1 e areia grossa para a mistura;
- Ocorreram chuvas fortes dois dias antes da concretagem.

4.3 Apresentação dos dados quantitativos obtidos na Obra 2

A tabela 6 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 1º lote da Obra 2.

Tabela 6 – Resultados obtidos no 1º lote da obra 2

OBRA 2 - 1º lote = sapatas			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	9,0	15,04	15,71
2	8,0	17,52	17,09
3	11,0	11,46	11,08
4	15,0	14,78	13,81
5	6,5	13,72	14,88

São características do 1º lote:

- $S_c = 2,18$ MPa;
- O operador e os funcionários responsáveis pela produção do concreto foram recém contratados pela empresa;
- A equipe era formada por três funcionários;
- Foi utilizada brita nº 1 e areia média para a mistura.

A tabela 7 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 2º lote da Obra 2.

Tabela 7 – Resultados obtidos no 2º lote da obra 2

OBRA 2 - 2º lote = sapatas			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	10,0	19,51	18,55
2	7,5	19,10	17,98
3	6,0	19,40	18,03
4	10,5	16,51	16,46
5	11,0	17,33	17,67

São características do 2º lote:

- $S_c = 1,05$ MPa;
- Não houve alterações na equipe;
- Foi utilizada brita nº 1 e areia média para a mistura.

A tabela 8 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 3º lote da Obra 2.

Tabela 8 – Resultados obtidos no 3º lote da obra 2

OBRA 2 - 3º lote sapatas			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	4,0	19,67	17,09
2	7,5	17,07	19,10
3	8,5	18,96	16,22
4	8,5	16,46	16,14
5	6,5	19,10	19,75

São características do 3º lote:

- $S_c = 1,14$ MPa;
- Não houve alterações na equipe;
- Foi utilizada brita nº 1 e areia média para a mistura.

A tabela 9 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 4º lote da Obra 2.

Tabela 9 – Resultados obtidos no 4º lote da obra 2

OBRA 2 - 4º lote = vigas de baldrame			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	11,5	18,25	16,36
2	18,0	12,75	13,60
3	15,5	13,80	12,56
4	11,0	16,60	16,90

São características do 4º lote:

- $S_c = 2,23\text{MPa}$;
- Não houve alterações na equipe;
- Foi utilizada brita nº1 e areia média para a mistura.
- Ocorreram chuvas fortes dois dias antes da concretagem

A tabela 10 apresenta os resultados obtidos pela realização dos ensaios no 5º lote da Obra 2.

Tabela 10 – Resultados obtidos no 5º lote da obra 2

OBRA 1 - 5º lote = vigas de baldrame			
Exemplar	Slump (cm)	Resistência à compressão axial (MPa)	
		P1	P2
1	21,0	22,35	22,54
2	20,0	20,99	20,93
3	13,0	29,21	25,95
4	11,0	25,37	25,0
5	11,0	24,58	25,55

São características do 5º lote:

- $S_c = 2,58\text{MPa}$;

- Não houve alterações na equipe;
- Foi utilizada brita nº 1 e areia média para a mistura.
- Ocorreram chuvas fortes no dia anterior à concretagem.

4.4 Resumo dos resultados obtidos

A tabela 11 apresenta um resumo dos resultados obtidos na obra 1.

Tabela 11 – Resumo dos resultados obtidos na obra 1

OBRA 1			
Lote	Data	Resist. Média aos 14 dias (MPa)	Desvio-padrão (MPa)
01	27/01/05	24,89	5,06
02	22/02/05	25,42	2,22
03	03/03/05	18,11	2,46
04	15/03/05	21,10	3,04
05	23/03/05	22,81	4,02

A tabela 12 apresenta um resumo dos resultados obtidos na obra 2.

Tabela 12 – Resumo dos resultados obtidos na obra 2

OBRA 2			
Lote	Data	Resist. Média aos 14 dias (MPa)	Desvio-padrão (MPa)
01	05/01/05	14,50	2,18
02	07/01/05	18,05	1,05
03	02/02/05	17,95	1,14
04	16/02/05	21,10	2,23
05	16/03/05	24,24	2,58

A figura 3 apresenta a variação do desvio-padrão calculado da obra 1

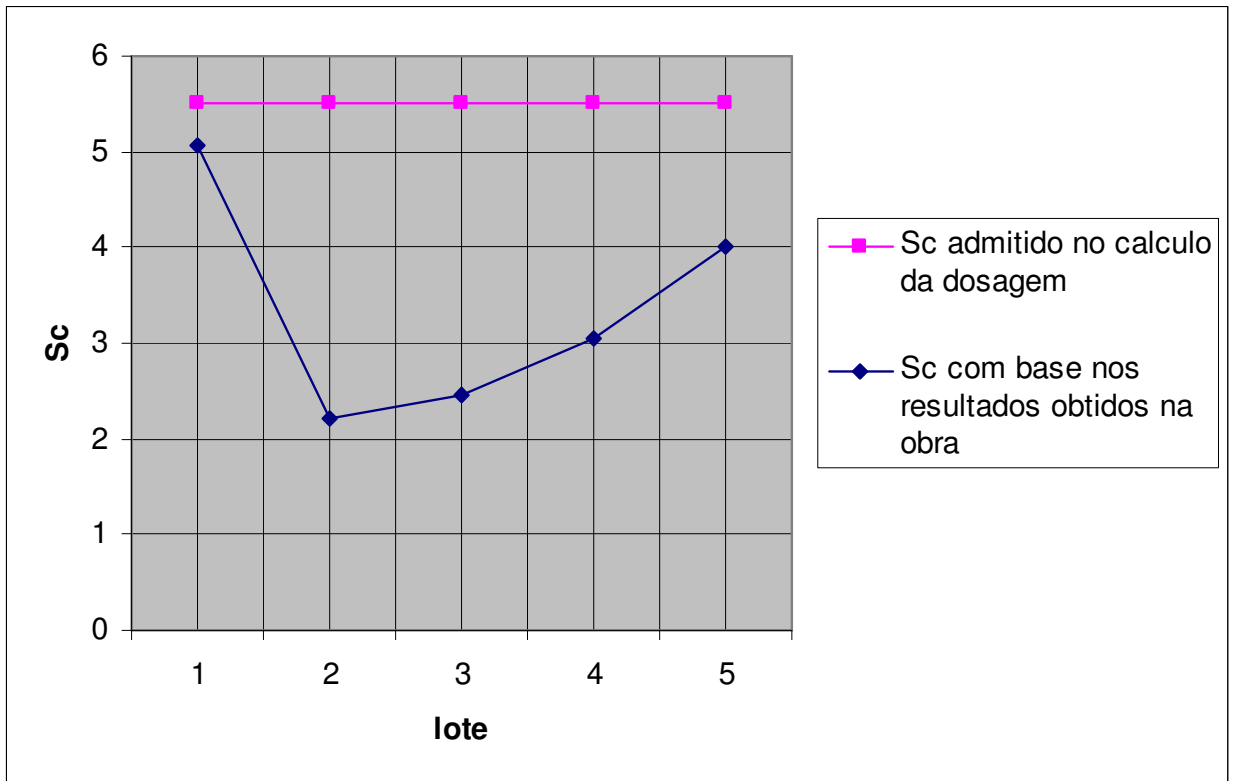


Figura 3 – Carta de controle da qualidade da produção de concreto com base no desvio-padrão do processo de produção e ensaio – OBRA 1

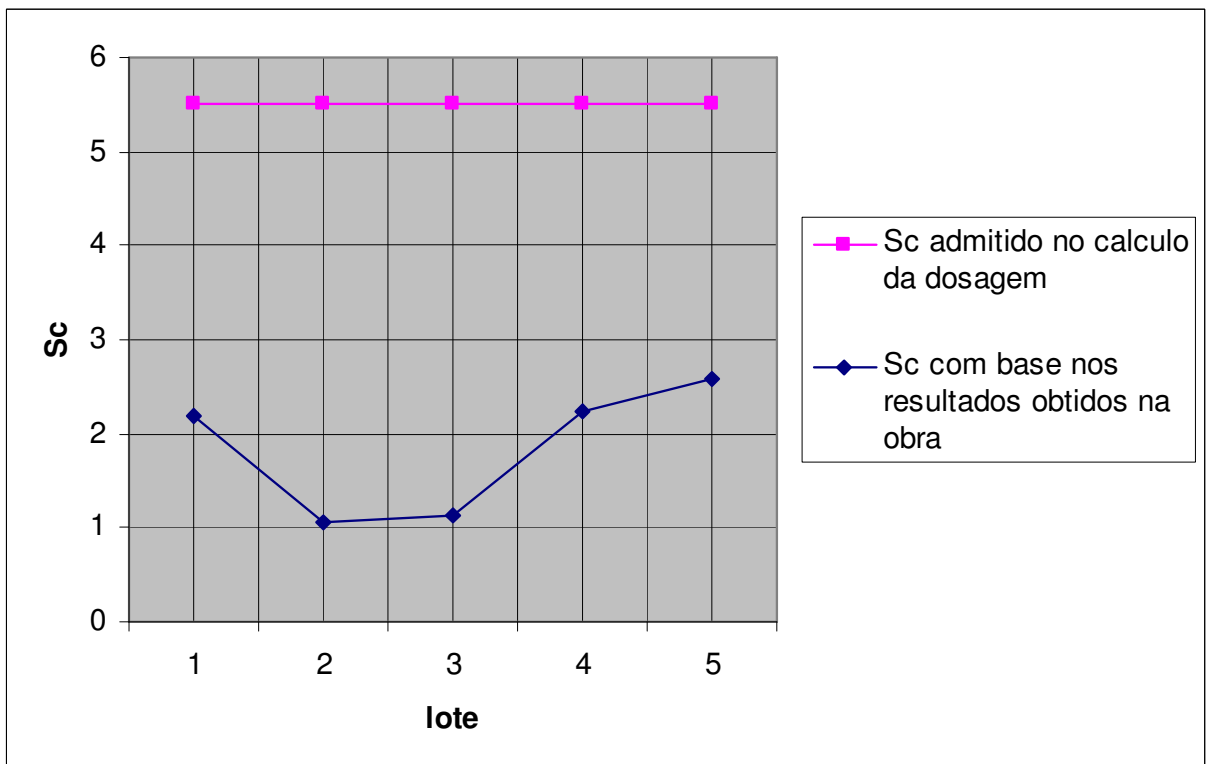


Figura 4 – Carta de controle da qualidade da produção de concreto com base no desvio-padrão do processo de produção e ensaio – OBRA 2

4.5 Análise qualitativa dos resultados obtidos

Referindo-se, primeiramente, à obra 1, observou-se boa organização do canteiro-de-obra para a produção do concreto, com pequenas distâncias para serem percorridas com as matérias primas, favorecendo a produtividade, conforme mostram as figuras 5 e 6.



Figura 5 – Disposição dos materiais constituintes para a mistura da obra 1



Figura 6 – Disposição dos materiais constituintes para a mistura da obra 1, com a utilização de duas betoneiras

Porém ocorreram algumas alterações na utilização do material admitido na dosagem, o que é um fator negativo para a uniformidade do produto final. Houve

mudanças no número de funcionários envolvidos na produção para o cumprimento do cronograma da obra. Assim, na concretagem da laje, eram utilizados mais funcionários para aumentar a produção.

Observa-se uma maior dispersão dos resultados no primeiro lote e uma maior variedade na consistência do concreto. Isso provavelmente ocorreu porque a equipe de produção do concreto era recém empregada pela construtora.

A dispersão dos resultados nos lotes 2, 3 e 4, foi considerada satisfatória. Observou-se a fixação de um único funcionário responsável pela operação da betoneira e adição de água na mistura e um controle mais rigoroso na determinação da consistência do concreto, pois sempre era feito o ensaio de abatimento nas primeiras amostras do dia, para encontrar o teor adequado de água devido a umidade dos materiais utilizados, conforme mostra a figura 7.



Figura 7 – Medição da consistência do concreto

Para a execução da 4ª laje, que deu origem ao lote 5, a empresa, para cumprir seu cronograma, utilizou mais uma betoneira para a mistura, produzindo o concreto com duas betoneiras, o que acarretou um aumento no valor do desvio-padrão em relação aos lotes anteriores, provavelmente ocasionado pela existência de dois operadores.

A organização do canteiro na obra 2 também era favorável a uma boa produtividade, com seu depósito de matérias primas situadas perto da betoneira, conforme mostram as figuras 8 e 9.



Figura 8 – Disposição dos materiais constituintes para a mistura da obra 2



Figura 9 – Utilização de caixas metálicas para a dosagem correta

A construtora executora da obra 2 é uma empresa considerada nova, com apenas 1 ano de atuação no mercado e sua equipe é formada por funcionários novos na construtora. Devido a esse motivo, aplicou-se uma supervisão constante na produção do concreto, ocasionando resultados baixos na variação das resistências dos corpos-de-prova.

Era determinada a quantidade de água nas duas primeiras misturas através do abatimento do tronco de cone. A consistência do concreto era examinada constantemente pelo supervisor, conforme indica a figura 10, prevendo possíveis

mudanças de umidade dos agregados e, conseqüentemente, redução da adição de água na mistura.



Figura 10 – Análise da consistência do concreto para aceitação

O controle e orientações dadas aos operadores eram constantes em ambas as obras, mostrando a importância de uma presença autoritária na produção, pois muitas vezes os funcionários fazem suas tarefas sem a devida atenção, desde o preenchimento correto das padiolas, a quantidade correta de cimento e, principalmente, a quantidade de água necessária para a devida consistência e plasticidade.

Outro fator a ser observado, ao produzir o concreto em obra, é a ocorrência de chuvas anteriores ao dia de concretagem, principalmente quando os agregados eram depositados em locais sem cobertura. Foi observado, nessa ocasião, que fica difícil delimitar um valor fixo para o abatimento devido às variações de umidade do próprio agregado.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, no geral, foram considerados satisfatórios, considerando que a normalização brasileira, através da NBR 12655 (ABNT 1996), classifica estas obras na condição C, indicando um S_d para dosagem de 7,0 MPa. Contudo, nas duas obras estudadas, os engenheiros responsáveis, consideraram um S_d de 5,5 MPa nas respectivas dosagens que, devido ao porte das obras, entende-se que a organização e controle na produção era esperado.

Porém, a variabilidade de produção do concreto da Obra 1 oscilou bastante, mostrando que a empresa ainda necessita destinar mais atenção para a equipe de produção e para a organização do trabalho, considerando que o desvio-padrão obtido no primeiro lote esteve próximo do aplicado no cálculo de dosagem. Já a Obra 2 apresentou uma oscilação menor em seus resultados, caracterizando assim, sua organização na produção de concreto.

Para a obtenção de resultados mais satisfatórios e uniformes, constatou-se a importância de uma supervisão eficiente à produção com a função de avaliar o concreto e conscientizar os funcionários sobre a responsabilidade e a importância da obtenção de resultados mais satisfatórios. A motivação da equipe muitas vezes é função de um acompanhamento eficiente destinado à produção.

As variações dos desvios-padrão encontradas na Obra 1, podem ter ocorrido por motivo da não uniformidade na utilização dos agregados, pois este é um fator que trabalha contra a intenção de redução da variabilidade na produção. Os ensaios de abatimento pelo tronco de cone também variaram bastante, caracterizando falta de atenção dos funcionários na adição de água à mistura, ou supervisão insuficiente à produção.

Contudo, essas variações também ocorreram na Obra 2, porém em menor escala, apresentando valores menos dispersos nos lotes analisados, caracterizando assim um controle mais eficiente aplicado à produção, considerando que os agregados utilizados para a mistura permaneceram os mesmos desde o início até o

fim do estudo. O controle da produção através da supervisão era mais intenso nessa obra, mostrando a influência deste sobre os resultados finais de produção.

Outro fator determinante da variabilidade obtida nas análises de consistência é a ocorrência de chuvas anteriores, aumentando o teor de umidade dos agregados, que eram depositados sem cobertura em ambas as obras, dificultando assim a determinação da quantidade de água acrescentada à mistura.

Quando se deseja obter uma maior produtividade na execução, como o ocorrido no lote 5 da obra 1, com a utilização de duas betoneiras, a atenção e os cuidados da supervisão têm que ser aumentados, pois houve um aumento significativo do desvio padrão em relação aos lotes anteriores.

Através dos valores obtidos e das análises realizadas, pode-se concluir que os valores previstos na norma NBR 12655 (ABNT, 1996) para o desvio-padrão de dosagem são muito elevados. Assim sendo, a proposta definida por Helene e Terzian (2001), que defendem um S_d de 5,5MPa para obras que se enquadram na classe C, parece ser razoável na medida em que todos os valores levantados neste estudo foram significativamente inferiores a ele.

Esse estudo objetivou analisar e avaliar as influências da organização do trabalho para a obtenção de melhores resultados na variabilidade da produção de concreto. Nesse sentido, os lotes considerados são pouco representativos devido ao tamanho de amostras por lote, fazendo-se necessário um estudo mais aprofundado quando se quer uma retificação no cálculo de dosagem do concreto produzido em canteiro-de-obra.

Finalmente, deve-se considerar que a consciência e a responsabilidade pela execução são sempre do proprietário ou do responsável técnico e, sendo assim, estes devem zelar pela organização do trabalho nos serviços de concretagem para garantir os resultados esperados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO Luís Otávio Cocito de et al. O microplanejamento do serviço de concretagem: análise e aplicabilidade das ferramentas da qualidade. In: II Simpósio, Fortaleza, ANTAC / UFC / Unifor / CEFET. 2001, 16p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Básico sobre cimento. Disponível em: http://www.abcp.org.br/basico_sobre_cimento/index.shtml. Acesso em 06 de abril de 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Preparo, controle e recebimento de concreto. NBR 12655: Rio de Janeiro, 1992.

_____, Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos: Método de ensaio. NBR 5739: Rio de Janeiro, 1994.

_____, Concreto – Determinação da consistência para abatimento do tronco de cone. NBR 7223: Rio de Janeiro, 1994.

_____, Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto, cilíndricos ou prismáticos. NBR 5738: Rio de Janeiro, 1994.

_____, Preparo, controle e recebimento de concreto. NBR 12655: Rio de Janeiro, 1992.

CREMONINI, Rui Alberto. A influência das condições de mistura na variabilidade da resistência do concreto. Porto Alegre, 1997, 461-368p. In: (IV Congresso Iberoamericano de Patologias das Construções e VI Congresso de Qualidade).

FIGUEIRÓ, Isabel C.W. Modelo de gerenciamento da qualidade no processo de execução da concretagem. Porto Alegre, 1997, 321-328p. In: (IV Congresso Iberoamericano de Patologias das Construções e VI Congresso de Qualidade).

GARCIA, Cilene. LIBORIO, Jefferson. A incidência de patologias geradas pela falta de controle de qualidade dos canteiros de obras. São Paulo, EPUSP, 1998. 7p. In: (Texto Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, PCC-USP).

GEOCITIES. Modelos de controle estatístico do processo. Disponível em: <http://www.geocities.com/eureka/plaza/6813/mestre/mestre.html>. Acesso em 19 de abril de 2005.

GIAMUSSO, Salvador E. Critérios de Recebimento de Concreto na Obra. Disponível em: http://www.institutodeengenharia.org.br/TT_criteriosdereceb.html. Acesso em 10 de agosto de 2004.

HELENE, Paulo. TERZIAN, Paulo. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: Pini, 2001. 349 p.

ISAIA, Geraldo C. Controle de qualidade das estruturas de concreto armado. Santa Maria: Es. Da UFSM, 1988.

KERLINGER, F. N. Metodologia da pesquisa em ciências sociais: um tratamento conceitual. [Tradução Helena Mendes Rotundo; Revisão técnica José Roberto Malufe].

LIMA, Flavio Barbosa. BARBOSA, Anderson Henrique, ASSIS J.R. Edson Costa. Análise estatística do concreto produzido em Alagoas nos últimos 4 anos. Maceió, 1999, 16p. In: (44º Congresso Brasileiro do Concreto).

MARTINELLI, Frederico Augusto. Método para a gestão da qualidade na construção de edifícios residenciais. Porto Alegre, 1997, 277-284p. In: (IV Congresso Iberoamericano de Patologias das Construções e VI Congresso de Qualidade).

NEVILLE, Adam Matthew. Propriedades do concreto. São Paulo: Pini, 1997. 828 p.

PETRUCCI, Eladio G. R. Concreto de cimento portland. São Paulo: Globo, 1998, 307 p.

PRUDÊNCIO J.R. Luiz R. GAVA, Giovanna P. LENGLER, Luciana M. Estudo da resistência à compressão de concretos estruturais produzidos em canteiros de obra. Rio de Janeiro, 1995, 705-710p. In: (Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído) ENTAC.

RUDIO, F.V. Introdução ao projeto de pesquisa científica. Petrópolis: Vozes, 1983.

SHUMIZO, J.Y., CARDOSO, F.F. Caracterização e estudo dos processos internos de empresas subempreiteiras. Trabalho da disciplina de Pós-Graduação do Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP): Tópicos de Racionalização da Produção na Construção Civil II. São Paulo, 2000.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.