

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Alex Ivan Copat

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE PEÇAS DE CONCRETO
PARA PAVIMENTAÇÃO PRODUZIDAS NO MUNICÍPIO DE
BENTO GONÇALVES**

Porto Alegre
novembro 2016

ALEX IVAN COPAT

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE PEÇAS DE CONCRETO
PARA PAVIMENTAÇÃO PRODUZIDAS NO MUNICÍPIO DE
BENTO GONÇALVES**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
novembro 2016

ALEX IVAN COPAT

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE PEÇAS DE CONCRETO
PARA PAVIMENTAÇÃO PRODUZIDAS NO MUNICÍPIO DE
BENTO GONÇALVES**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Relatora.

Porto Alegre, 04 de novembro de 2016

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante
Dra. pela UFRGS
Relatora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela UFRGS

Prof. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)
Dr. pela UFRGS

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a minha namorada Bárbara e a meus familiares, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pela ajuda e todo o comprometimento ao longo desse ano.

Agradeço aos representantes das empresas participantes pelo apoio e informações fornecidas para a construção do trabalho.

Agradeço a todos que de alguma forma ajudaram na elaboração desse trabalho.

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

RESUMO

Esse trabalho versa sobre a qualidade das peças de concreto para pavimentação (PCP) produzidas por três empresas na região do município de Bento Gonçalves. A partir da revisão da literatura que aborda desde os materiais utilizados para fabricar as PCP, todo o processo de produção até os ensaios recomendados pela NBR 9781 (ABNT, 2013), foi realizada uma análise de cada empresa. Primeiramente foram realizadas visitas a cada uma das empresas a fim de observar o processo produtivo, desde o recebimento das matérias primas até o armazenamento das PCP no pátio das empresas. Foram coletadas de cada empresa uma amostra seguindo as recomendações da NBR 9781 (ABNT, 2013) que foi submetida a ensaios de resistência à compressão, absorção de água, avaliação dimensional e inspeção visual. Os resultados indicam que as peças de concreto para pavimentação analisadas nesse trabalho não estão de acordo com as recomendações da referida norma, havendo necessidade de melhorias no processo produtivo das empresas participantes.

Palavras-chave: NBR 9781. Peças de Concreto para Pavimentação.
Análise de Qualidade de Peças de Concreto para Pavimentação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de etapas do trabalho de conclusão	18
Figura 2 – Tipos de peças de concreto para pavimentação	20
Figura 3 – Principais partes de uma máquina vibro prensa	32
Figura 4 – Corte longitudinal da gaveta	33
Figura 5 – Mecanismo de funcionamento da gaveta	34
Figura 6 – Detalhe do conjunto de agitadores da gaveta	34
Figura 7 – Detalhes da parte frontal da gaveta com raspador de forma e limpador de gavetas	35
Figura 8 – Grades com as chapas contendo as PCP	37
Figura 9 – Câmara para a cura úmida das PCP	38
Figura 10 – Paletização das PCP	39
Figura 11 – Chanfro	41
Figura 12 – Fluxograma do processo produtivo da Empresa A	44
Figura 13 – <i>Layout</i> da Empresa A.....	45
Figura 14 – Armazenamento dos agregados	46
Figura 15 – Painel de controle do misturador.....	47
Figura 16 – Misturador de concreto do tipo planetário.....	48
Figura 17 – PWR MAB 3500	48
Figura 18 – Empilhamento das chapas de madeira contendo as PCP	49
Figura 19 – Câmaras a vapor para a cura das PCP	50
Figura 20 – Peças de concreto para pavimentação do tipo III	52
Figura 21 – Fluxograma do processo produtivo da Empresa B	52
Figura 22 – <i>Layout</i> da Empresa B	51
Figura 23 – Armazenamento dos agregados.....	54
Figura 24 – PWR MAB 2000.....	55
Figura 25 – Baías umedecidas para cura das PCP	56
Figura 26 – Peças de concreto para pavimentação do tipo I	57
Figura 27 – Fluxograma do processo produtivo da Empresa C	58
Figura 28 – <i>Layout</i> da Empresa C.....	58
Figura 29 – Armazenamento dos agregados	60
Figura 30 – Marca limite para o volume de cimento	60
Figura 31 – Misturador de concreto do tipo planetário	61

Figura 32 – Storrer VPMS – 1 ano 2008	62
Figura 33 – Empilhamento das chapas de madeira contendo as PCP	63
Figura 34 – Peças de concreto para pavimentação do tipo I	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pontos importantes das empresas visitadas	67
Quadro 2 – Resultado dos resultados dos ensaios	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fabricantes com selo de qualidade ABCP para peças de concreto para pavimentação	21
Tabela 2 – Tolerâncias dimensionais das peças	40
Tabela 3 – Resistência característica à compressão	40
Tabela 4 – Amostragem para ensaio	42
Tabela 5 – Produção da máquina hidráulica PER MAB 3500.....	49
Tabela 6 – Produção da máquina hidráulica PER MAB 2000	55
Tabela 7 – Produção da máquina hidráulica Storrer VPMS – 1 ano 2008	62
Tabela 8 – Resultado dos ensaios da Empresa A	68
Tabela 9 – Resultado dos ensaios da Empresa B	68
Tabela 10 – Resultado dos ensaios da Empresa C	69

LISTA DE SIGLAS

PCP – Peças de Concreto para Pavimentação

BG – Bento Gonçalves

IF – Índice de Forma

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	17
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	17
2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA	17
2.3 PREMISSA	17
2.4 DELIMITAÇÕES	17
2.5 LIMITAÇÕES	17
2.6 DELINEAMENTO	17
3 PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO	19
3.1 INTRODUÇÃO	19
3.2 QUALIFICAÇÃO DOS FABRICANTES	20
3.3 MATERIAIS EMPREGADOS NA FABRICAÇÃO DAS PCP	22
3.3.1 CIMENTO PORTLAND	22
3.3.2 AGREGADOS	23
3.3.2.1 Agregados Graúdos	23
3.3.2.2 Agregados Miúdos	23
3.3.4 ÁGUA PARA AMASSAMENTO DO CONCRETO	24
3.3.5 ADITIVOS	25
3.3.5.1 Aditivo Incorporador de Ar	25
3.3.5.2 Pigmentos	26
3.3.6 ADIÇÕES	26
3.4 PROCESSO PRODUTIVO DAS PCP	27
3.4.1 ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA PRIMA	27
3.4.2 MÉTODO DE DOSAGEM E PROPORCIONAMENTO	28
3.4.3 MISTURA	29
3.4.4 MOLDAGEM DAS PCP	30
3.4.4.1 Processo de Vibro Prensagem	30
3.4.4.2 Equipamentos de Vibro Compressão	31
3.4.4.2.1 <i>Silo de Armazenamento</i>	33
3.4.4.2.2 <i>Gaveta</i>	33
3.4.4.2.3 <i>Sistema de Compressão</i>	35
3.4.4.2.4 <i>Forma ou Molde</i>	35
3.4.4.2.5 <i>Sistema de Vibração</i>	36

3.4.5 CURA E ARMAZENAMENTO	37
3.5 NORMATIZAÇÃO PARA PCP	39
3.5.1 ENSAIO DIMENSIONAL	39
3.5.2 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	40
3.5.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	40
3.5.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À ABRASÃO	41
3.5.5 INSPEÇÃO VISUAL	41
3.5.6 AMOSTRAGEM	42
4 ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DAS EMPRESAS	43
4.1 DIAGNÓSTICO DA EMPRESA A	43
4.1.1 Recebimento da Matéria Prima	45
4.1.2 Armazenamento da Matéria Prima	46
4.1.3 Método de Dosagem e Proporcionamento	46
4.1.4 Produção e Moldagem das PCP	47
4.1.5 Cura das PCP	50
4.1.6 Paletização e Estocagem	50
4.1.7 Amostra	51
4.2 DIAGNÓSTICO DA EMPRESA B	51
4.2.1 Recebimento da Matéria Prima.....	53
4.2.2 Armazenamento da Matéria Prima.....	53
4.2.3 Método de Dosagem e Proporcionamento.....	54
4.2.4 Produção e Moldagem das PCP	54
4.2.5 Cura das PCP	56
4.2.6 Paletização e Estocagem.....	56
4.2.7 Amostra	57
4.3 DIAGNÓSTICO DA FÁBRICA C	57
4.3.1 Recebimento da Matéria Prima	59
4.3.2 Armazenamento da Matéria Prima	59
4.3.3 Método de Dosagem e Proporcionamento	60
4.3.4 Produção e Moldagem das PCP	61
4.3.5 Cura das PCP	63
4.3.6 Paletização e Estocagem	63
4.3.7 Amostra	64

5 ANÁLISE DE RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES	65
5.1 COMENTÁRIOS SOBRE AS EMPRESAS	65
5.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS CONFORME NBR 9781:2013.....	67
5.3 COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE AS ENTREVISTAS	70
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS	73
APÊNCIDE A	75
ANEXO A	79
ANEXO B	83
ANEXO C	87

1 INTRODUÇÃO

O uso de peças de concreto para pavimentação (PCP), popularmente conhecidas como *pavers*, tem crescido expressivamente em diversas cidades devido às muitas opções de formatos, padrões, cores e possibilitar sua aplicação em praças, parques, jardins, estacionamentos, vias urbanas, depósitos, pátios, galpões industriais e outros (FIORITTI et al., 2006, p. 4109). Ferreira¹ (1991 apud OLIVEIRA 2004), cita ainda outras vantagens desse tipo de pavimento: o baixo custo de manutenção, a não necessidade de mão-de-obra especializada para assentamento, a utilização do pavimento imediatamente após a execução, baixo custo devido à fabricação industrializada e a suficiente vida útil quando bem projetada e executada.

Conforme a NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 2), a definição para pavimento intertravado de concreto é:

Pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas sem uma cama de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção.

A capacidade desse tipo de pavimento de resistir a movimentos de deslocamento individuais, seja horizontal, vertical, de rotação ou giração em relação a suas vizinhas, se deve justamente ao fato do intertravamento (FIORITTI et al., 2006, p. 4110).

Com a crescente utilização desse tipo de pavimento em todo o mundo, particularmente no Brasil, surge a oportunidade para que novos fabricantes entrem no mercado em ascensão. Entretanto, a inexistência de um setor fabril que produza blocos normalizados, com qualidade e que atenda aos requisitos do projeto, pode trazer prejuízo aos consumidores desse produto.

Frente a esse problema, se torna necessário realizar uma avaliação dos fabricantes de PCP, apontando a importância de se fornecer um produto que esteja enquadrado à NBR 9781 (ABNT, 2013) sendo produzido com a maior eficiência possível.

¹ FERREIRA JUNIOR, Sylvio. Peças de concreto para pavimentação. 25ª Reunião Anual de Pavimentação, São Paulo, Outubro, 1991, p. 837-849.

Portanto o objetivo principal deste trabalho é realizar uma análise das PCP produzidas no município de Bento Gonçalves e arredores. Primeiramente foi necessário um estudo para conhecer quais são os fabricantes de peças de concreto para pavimentação atuantes na região. Os critérios para a escolha dos fabricantes colaboradores desse estudo levam em conta a localização da fábrica, os tipos de peças fabricadas, tecnologia envolvida no processo produtivo e por fim o reconhecimento dessa empresa entre os empreiteiros do município de Bento Gonçalves. Posteriormente, foi realizado um primeiro contato requisitando uma autorização dos mesmos para que aceitem fazer parte do estudo.

Com o número exato de fabricantes que aceitaram a proposta, foi possível realizar visitas à essas empresas, analisando cada um dos itens que serão apresentados nos capítulos seguintes. Foram destacadas quais as melhorias que podem ser feitas para que o processo produtivo seja mais eficiente, informando também o que está de acordo com o recomendado pela normalização e bibliografia da área.

Por fim, foi recolhida uma amostra, constituída por 9 peças de concreto para pavimentação de cada empresa para que fosse possível realizar os ensaios requisitados pela NBR 9781 (ABNT, 2013), sendo eles: inspeção visual, ensaio dimensional, ensaio de absorção de água e ensaio de resistência à compressão.

No capítulo 2 desse trabalho, são apresentadas as diretrizes de pesquisa que incluem a questão e objetivos de pesquisa, a premissa, as delimitações, as limitações e por fim o delineamento, descrevendo as etapas em sequência. No capítulo seguinte, são apresentadas as principais características das peças de concreto para pavimentação, quais os materiais constituintes para a produção das PCP e as etapas do processo produtivo, concluindo com os ensaios exigidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013). No capítulo 4, é descrita todas as etapas da produção das PCP de cada uma das empresas visitadas, sendo destacado os pontos mais relevantes. No próximo capítulo foi realizada uma análise dos resultados e considerações, baseando-se na revisão de literatura realizada anteriormente.

2 DIRETRIZES DE PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é a seguinte: as peças de concreto para pavimentação produzidas nas empresas analisadas na região do município de Bento Gonçalves atendem aos requisitos obrigatórios exigidos pela normatização brasileira?

2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA

O objetivo principal desse trabalho é realizar uma análise da qualidade de peças de concreto para pavimentação produzidas nas empresas analisadas na região do município de Bento Gonçalves.

O objetivo secundário é elaborar o detalhamento do processo de produção das PCP.

2.3 PREMISSE

O trabalho tem por premissa que a qualidade das peças de concreto para pavimentação é de extrema importância para o desempenho satisfatório dos pavimentos que utilizam tal revestimento, devendo estar de acordo com as exigências da NBR 9781 (ABNT, 2013).

2.4 DELIMITAÇÕES

O projeto delimita-se a fabricantes situados na região do município de Bento Gonçalves, RS, incluindo outros municípios vizinhos como São Vendelino, São Valentim do Sul e Garibaldi.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações a esse trabalho as empresas que se dispuseram participar.

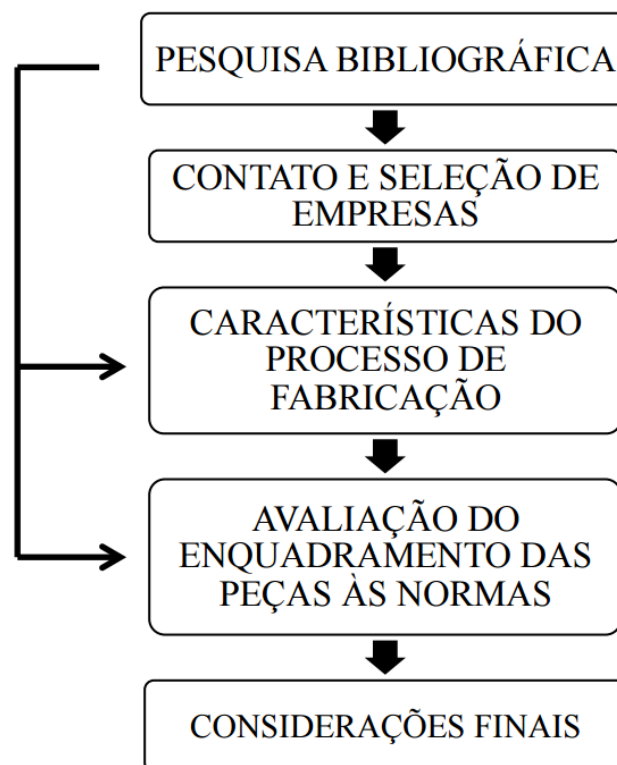
2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas a seguir, estando representadas na figura 1 e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) contato e seleção de empresas para análise do processo de fabricação;
- c) análise do processo de fabricação das empresas parceiras
- d) avaliação do enquadramento das peças às normas;

Durante toda a execução do trabalho, a **pesquisa bibliográfica** foi realizada com intuito de adquirir conhecimento sobre o processo de fabricação das peças de concreto para pavimentação. Para isso, o uso de artigos, manuais, livros, trabalhos de conclusão, teses, dissertações e periódicos científicos foi fundamental. Após essa etapa, foi feito o contato e seleção das empresas que fizeram parte do trabalho. A próxima etapa detalhou as **características do processo de fabricação** das peças de concreto para pavimentação, destacando detalhes importantes que influenciam diretamente na qualidade final do produto. Em seguida foi realizada a **avaliação do enquadramento das peças às normas**, demonstrando quais ensaios foram realizados em laboratório e a comparação com a sugestão da NBR 9781.

Figura 1 – Diagrama de etapas do trabalho de conclusão



(fonte: elaborada pelo autor)

3 PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

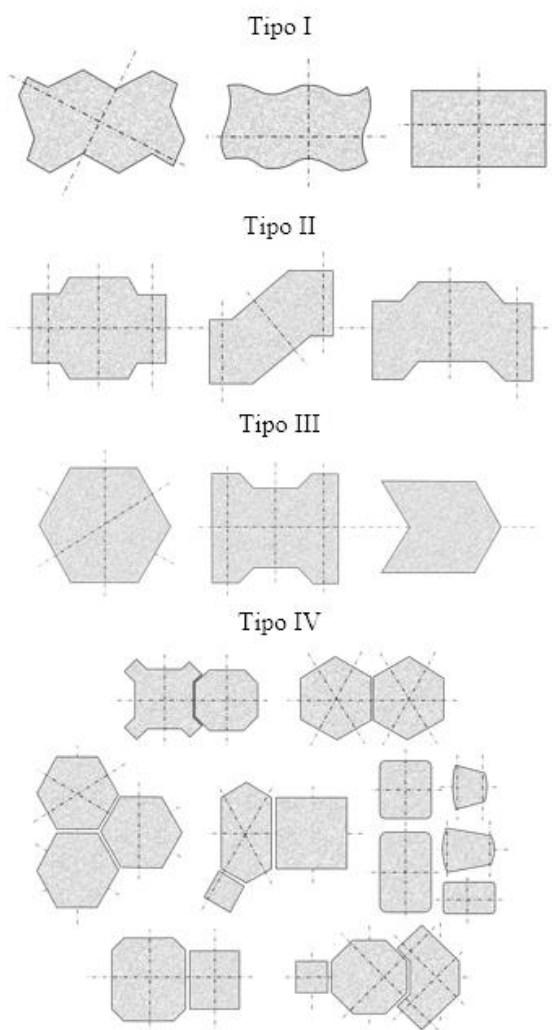
De acordo com a NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 1), a definição de peça de concreto é “Componente pré-moldado de concreto, utilizado como material de revestimento em pavimento intertravado”. É importante destacar que a referida norma não faz distinção com peças sem intertravamento.

A fabricação das PCP ganhou significativo espaço no setor da pavimentação de áreas urbanas, devido ao fato de possuir vantagens técnicas e não somente por causa do incentivo de sua utilização por meio de entidades e empresas do setor (PAGNUSSAT, 2004, p. 52).

As peças de concreto para pavimentação podem ser produzidas em diversos formatos, sendo agrupados basicamente nos tipos abaixo, conforme item 5.1 da NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 4) sendo mostradas na figura 2:

- a) Tipo I: as peças desse tipo possuem formato retangular, arranjando-se entre si nos quatro lados. Podem ser assentadas tanto em fileiras como em espinha de peixe;
- b) Tipo II: possuem formato único, diferente das peças do Tipo I, devendo ser assentadas somente em fileira;
- c) Tipo III: geralmente possuem formatos como trapézios, hexágonos, triedros entre outros. Caracterizam-se também por possuírem mais de 4 kg;
- d) Tipo IV: conjunto de peças com diferentes tamanhos, podendo utilizar um ou mais padrões de assentamento. Também se enquadram nesse tipo peças com juntas falsas.

Figura 2 – Tipos de peças de concreto para pavimentação



(fonte: elaborado pelo autor)

3.2 QUALIFICAÇÃO DOS FABRICANTES

Devido à alta demanda do mercado consumidor das PCP, houve um aumento significativo do número de fabricantes, variando desde alto grau de sofisticação e nível de conhecimento produtivo a até mesmo produção manual. Apesar do aumento do número de fábricas, não são todas que conseguem atender aos requisitos estabelecidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013), descritos no capítulo 6 desse trabalho, fornecendo muitas vezes um produto não conforme.

No Brasil, a entidade que fornece um selo de qualidade para os fabricantes de peças de concreto para pavimentação é a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que é uma entidade

sem fins lucrativos, mantida voluntariamente pela indústria brasileira de cimento. O selo de qualidade da ABCP é uma garantia de que os produtos oferecidos ao mercado por um determinado fabricante atendem às normas técnicas da própria Instituição, da ABNT ou de órgão similar de normatização técnica², sendo concedido para cada um dos dois subgrupos, ou seja, para peças de concreto para pavimentação (PCP) com resistência característica à compressão (f_{pk}) ≥ 35 MPa e ≥ 50 MPa. É importante citar que o selo de qualidade mencionado é facultativo. Na tabela 1 é mostrado o número de fabricantes que possuem o selo de qualidade no Brasil, na região Sul, no Rio Grande do Sul, e mais especificamente, na região do município de Bento Gonçalves.

Tabela 1 – Fabricantes com selo de qualidade ABCP para peças de concreto para pavimentação³

Região	Selo de Qualidade ABCP	
	35 MPa	50 MPa
Brasil	71	22
Sul	24	6
Rio Grande do Sul	5	0
Bento Gonçalves	0	0

(fonte: elaborado pelo autor)

Conforme tabela 1, observa-se que são poucos os fabricantes que possuem o selo de qualidade, havendo assim inúmeras unidades fabris fornecendo ao mercado produtos que podem não estar atendendo às características exigidas pelas normas técnicas (CORRÊA, 2013, p. 35). Conforme o referido autor, há também dificuldade por parte dos fabricantes para produzir uma peça que esteja dentro dos limites de resistência à compressão exigidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013) e com um proporcionamento econômico. Isso se dá devido à vários fatores existentes desde a aquisição de matéria-prima até o processo produtivo, envolvendo também a falta de conhecimento dos fabricantes sobre os parâmetros que influenciam na qualidade final da peça.

² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, ABCP. **Associação Brasileira de Cimento Portland**. 2009. Disponível em <http://www.abcp.org.br/conteudo/quem_somos/apresentacao/associacao-brasileira-de-cimento-portland>. Acesso em 08 de maio. 2016

³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, ABCP. **Selos da qualidade ABCP**. 2012. Disponível em <<http://www.abcp.org.br/conteudo/selos-de-qualidade/blocos/selos-de-qualidade-blocos-de-concreto>>. Acesso em 08 de maio. 2016

3.3 MATERIAIS EMPREGADOS NA FABRICAÇÃO DAS PCP

Na fabricação das peças de concreto para pavimentação, os principais materiais constituintes são o cimento Portland, agregados graúdos, agregados miúdos, água e em alguns casos, é feita a utilização de aditivos químicos e também adições minerais. A seguir, serão descritos os respectivos materiais e suas principais características, descrevendo também sua influência nas propriedades finais das peças de concreto para pavimentação.

3.3.1 CIMENTO PORTLAND

Conforme NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 3), o cimento Portland utilizado na fabricação das PCP deve obedecer suas respectivas normas, sem determinar um tipo específico de cimento. Entretanto, os cimentos mais utilizados para a produção das PCP são os que possuem alta resistência inicial (CPV-ARI e CPI-ARI-RS), pois conseguem atender a necessidade de rápido manuseio das peças e transporte.

Os demais tipos de cimento Portland disponíveis no mercado possuem a desvantagem de não alcançarem alta resistência inicial, entretanto não devem ser excluídos da produção das peças, desde que haja cuidado no processo de cura térmica e correto gerenciamento de estoques, (RODRIGUES, 1995, p. 4).

Para alcançar a resistência de 35 MPa e 50 MPa exigidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013), há um alto consumo de cimento, com traços variando de 1:4 até 1:7 em massa, tornando esse insumo um determinante no custo final do produto (OLIVEIRA, 2004, p. 21). Bergerhof⁴ (1981 apud OLIVEIRA, 2004) recomenda que para a fabricação das peças de concreto para pavimentação, o consumo de cimento esteja entre 250 e 350 kg/m³ de concreto. Entretanto, o consumo de cimento está diretamente ligado ao tipo de equipamento utilizado na produção, pois para um mesmo traço, é possível obter peças com diferentes resistências mecânicas, devido ao grau de compactação empregado.

⁴BERGERHOF, Walter. **Interlocking paving blocks** – Market potential and economic production. Precast concrete, London, p. 457-459, Oct. 1981.

3.3.2 AGREGADOS

A qualidade das peças de concreto para pavimentação depende diretamente dos agregados utilizados na produção. Medeiros (1993, p. 6) afirma que as características desses materiais podem alterar a homogeneidade e a resistência do concreto constituinte, devido ao fato de poder haver uma interferência na aderência com a pasta de cimento. O autor afirma ainda que a resistência mecânica das peças é influenciada pela resistência mecânica dos agregados, devido ao fato de que os mesmos ocupam a maior parte do volume no concreto. O grau de compactação também é influenciado de acordo com a distribuição granulométrica.

3.3.2.1 Agregados Graúdos

De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009, p. 3), a definição para agregado graúdo é a seguinte: “agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm[...]”

Os agregados graúdos britados são mais recomendados por apresentarem melhor aderência com a pasta de cimento, favorecendo a obtenção de resistência mecânica mais elevada. No que se refere à dimensão máxima característica, geralmente são empregados agregados com diâmetros inferiores a 9,5 mm, pois melhoram a textura superficial da peça e evitam possíveis danos à forma (RODRIGUES⁵, 1984 apud OLIVEIRA, 2004). Os agregados também devem cumprir os requisitos básicos de qualidade estabelecidos pela NBR 7211 (ABNT, 2009).

3.3.2.2 Agregados Miúdos

Conforme NBR 7211 (ABNT, 2009, p. 3), os agregados miúdos são aqueles “cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 4,75 mm [...]”. Para a fabricação de peças de concreto para pavimentação, são empregados os naturais (de rio ou de cava) ou artificiais (areia de britagem), provenientes do britamento de rochas estáveis. Devido à grande disponibilidade e por causa da forma arredondada que facilita a moldagem, as areias naturais são mais usadas.

⁵RODRIGUES, Públio Penna Firme. Recomendações para a fabricação de peças pré-moldadas de concreto para a pavimentação. In: Reunião Anual, São Paulo: IBRACON, 27 a 31 agosto, 1984

Rodrigues⁶ (1984 apud OLIVEIRA, 2004) faz restrições quanto ao uso de areias grossas, no que se refere à granulometria das areias, pois pode ocorrer dificuldade de compactação devido ao fenômeno de interferência entre as partículas. O autor ainda recomenda um intenso estudo sobre a granulometria das areias empregadas na produção, visto que sua influência nas propriedades reológicas do concreto no estado fresco é mais atenuada do que a granulometria do concreto graúdo.

3.3.3 ÁGUA PARA AMASSAMENTO DO CONCRETO

A qualidade da água de amassamento é de extrema importância, pois juntamente com o cimento, produz a matriz resistente que aglutina os agregados e confere compacidade à matriz para dotar as estruturas de durabilidade e vida útil (ISAIA⁷, 2011 apud CORRÊA, 2013).

A água para a produção das peças de concreto para pavimentação não deve possuir substâncias que eventualmente possam prejudicar as reações de hidratação do cimento, sendo água de abastecimento local recomendada para esse caso. Caso a água empregada não seja tratada, deve haver uma análise prévia com o intuito de evitar futuros problemas (RODRIGUES, 1984 apud OLIVEIRA, 2004). Variando o conteúdo da água ocorrerá variação na textura, cor, resistência e durabilidade das PCP (DOWSON⁸, 1998 apud CORRÊA, 2013). A NBR 15900-1 (ABNT, 2009) especifica os requisitos para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto, descrevendo os procedimentos de amostragem e os métodos para sua avaliação.

Segundo OLIVEIRA (2004, p. 23): “a quantidade de água empregada em um concreto seco gira em torno de 5 a 7,5%; valores estes inferiores, quando comparados com as quantidades utilizadas na confecção de concretos plásticos (8% a 12%)”. Entretanto, pequenas variações nessa quantidade podem ocasionar mudanças consideráveis nas propriedades das misturas, principalmente quanto à coesão e à facilidade à compactação.

⁶RODRIGUES, Públio Penna Firme. Recomendações para a fabricação de peças pré-moldadas de concreto para a pavimentação. In: Reunião Anual, São Paulo: IBRACON, 27 a 31 agosto, 1984

⁷ ISAIA, G. C. A qualidade da água no concreto. In: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: v. 2, 2011. p. 311-346.

⁸DOWSON, A. J. **A Manufacturer's perspective of variation within the production process of concrete paving blocks**. Third international Workshop on Concrete Block Paving, Cartagena de Índia, Colombia, May 10-13, 1998.

3.3.4 ADITIVOS

A definição para aditivos conforme NBR 11768 (ABNT, 2011, p. 2) é:

Produto adicionado durante o processo de preparação do concreto, em quantidade não maior que 5% da massa de material cimentício contida no concreto, com o objetivo de modificar propriedades do concreto no estado fresco e/ou no estado endurecido, exceto pigmentos inorgânicos para o preparo de concreto colorido.

De acordo com OLIVEIRA (2004, p. 23), há dois aditivos que são empregados para a fabricação das peças de concreto para pavimentação: os incorporadores de ar e os pigmentos. Sobre o último, vale ressaltar que após a atualização da NBR 11768:2011, pigmentos já não são considerados como aditivos. Atualmente se verifica o uso de outros aditivos na fabricação das PCP, como por exemplo, aditivos plastificantes.

3.3.4.1 Aditivos Incorporadores de Ar

Conforme NBR 11768 (ABNT, 2011, p. 3), os aditivos incorporadores de ar são utilizados com o propósito de produzir um sistema de bolhas de ar microscópicas que seja uniforme e estável, para concretos e argamassas. São constituídos geralmente de resinas extraídas da madeira, ácidos graxos, materiais protéicos e alguns detergentes sintéticos (MEHTA & MONTEIRO, 1994), tendo por recomendação quantidades variando de 100 a 500 ml/50 kg de cimento, dependendo de qual aditivo utilizado e da mistura.

A perda de resistência à compressão do concreto no estado endurecido devido ao ar incorporado é parcialmente amenizada pela diminuição da relação água/cimento e da porosidade do concreto, ocorrendo por causa do efeito plastificante e da diminuição do atrito interno, respectivamente (OLIVEIRA, 2004, p. 24).

De acordo com Pirola (2011, p. 62), acredita-se que o efeito desse aditivo quando empregado no concreto seco é apenas de reduzir o atrito entre as partículas, não havendo um consenso sobre como os aditivos incorporadores de ar funcionam na produção das peças de concreto para pavimentação.

3.3.4.2 Pigmentos

Os pigmentos são substâncias que adicionam cores as peças de concreto para pavimentação, tendo sua classificação definida como orgânicos e inorgânicos (SHACKEL⁹, 1990 apud MALTA, 2013). O referido autor comenta que os pigmentos inorgânicos, obtidos de materiais sintéticos ou minerais naturais, geralmente são mais utilizados na fabricação das PCP por causa de sua maior durabilidade.

Esses pigmentos não afetam a hidratação do cimento, entretanto há uma interferência considerável na trabalhabilidade das misturas, devido à elevada finura, o que acaba refletindo nas propriedades mecânicas finais (RODRIGUES, 1984 apud OLIVEIRA, 2004). Conforme Cruz (2003, p. 79), a proporção dos pigmentos dosados é geralmente de 3 a 5% sobre a massa do aglomerante, podendo variar tanto para mais como para menos, de acordo com o requerido. O referido autor comenta também que há no mercado a comercialização de pigmentos com grande variedade de cores, entretanto o uso de cada cor fica diretamente relacionado ao custo. As cores mais empregadas são o cinza, ocre, vermelho e amarelo (CRUZ, 2003, p. 79).

Cuidados quanto à dosagem dos pigmentos, quantidade de água adicionada e uniformidade dos materiais empregados devem ser tomados, devido ao fato de influenciarem significativamente na coloração das peças.

Algumas adições que são utilizadas nas misturas são consideradas inertes, pois claramente não contribuem para a resistência do concreto. É o caso dos pigmentos, sendo classificados como adições inertes (NEVILLE; BROOKS, 2010, p. 157).

3.3.5 ADIÇÕES

As adições minerais mais utilizadas pelos fabricantes de peças de concreto para pavimentação são as cinzas volantes e as escórias de alto-forno provenientes, respectivamente, da queima de carvão nas usinas termoelétricas e da fabricação de ferro fundido (OLIVEIRA, 2004, p. 26). Empregados geralmente como agregados finos ou para substituição parcial do cimento, a fim de obterem uma melhor trabalhabilidade e coesão às misturas. O efeito pozolânico é uma das

⁹SHACKEL, B. Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavement. London: Elsevier Applied Science, 1990.

principais vantagens da utilização de adições, visto que é capaz de reduzir consideravelmente a deterioração das peças quando sob ação de ácidos, reduzindo também o surgimento de eflorescências.

Dowson (1998 apud OLIVEIRA, 2004) sugere cuidado ao empregar adições minerais na fabricação das PCP, pois os referidos produtos apresentam uma variação alta de coloração, podendo afetar a tonalidade das peças, principalmente as que contém pigmentos.

3.4 PROCESSO PRODUTIVO DAS PCP

Conforme Fernandes¹⁰ (2011, apud CORRÊA, 2013), o processo produtivo das peças de concreto para pavimentação envolve diferentes modelos de equipamentos, desde máquinas manuais com produção média de 800 blocos por dia a uma máquina de vibro prensa hidráulica com produção de até 20.000 blocos por dia.

Para a fabricação das PCP, são necessários equipamentos e controle de qualidade do processo produtivo, para que o produto final atenda às exigências da NBR 9781 (ABNT, 2013). As principais etapas do processo produtivo das peças estão listadas abaixo, sendo descritas na sequência:

- a) armazenamento de matéria prima;
- b) método de dosagem e proporcionamento;
- c) mistura;
- d) moldagem;
- e) transporte, cura, armazenamento e rastreabilidade.

3.4.1 ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA PRIMA

É necessário um controle do recebimento das matérias-primas para que o produto final atenda às especificações. Para isso, é preciso verificar se o material recebido atenda ao que foi definido

¹⁰ FERNANDES. I. D. Blocos e Pavers – Produção e controle de qualidade. Jaraguá do Sul, Santa Catarina. 2ª ed. 2011. 179 p.

na formulação e havendo alterações, serão necessárias adaptações na formulação do concreto (MARCHIONI, 2012, p. 48).

Os agregados representam cerca de 75 a 85% do volume total da mistura que compõe as peças de concreto para pavimentação, portanto a sua forma de armazenamento é importante pois pode evitar eventuais contaminações. (PIRES SOBRINHO et al., 2008, p. 3). Geralmente são encontradas duas formas de armazenamento de agregados nas empresas, são elas:

- a) em montes: geralmente em contato com o solo e sem proteção contra a chuva, esse tipo de armazenagem dificulta o controle, ocupa maior área e não evita a contaminação e mistura com outros tipos de agregados (PIRES SOBRINHO et al., 2008, p. 3);
- b) em baias: com uma maior organização do canteiro, esse tipo de armazenagem geralmente tem um piso de concreto que evita a contaminação dos agregados de diferente granulometria ou até mesmo de solo e resíduos de produção (PIRES SOBRINHO et al., 2008, p. 3).

Importante ressaltar a recomendação para que os agregados sejam armazenados em locais protegidos de chuva, se possível, evitando variações bruscas de umidade.

No que se refere ao armazenamento de cimento, também há duas formas para tal: a granel ou em sacos (CORRÊA, 2013, p. 48). A primeira alternativa se faz com a utilização de silos, facilitando a operação de uso de sistemas automatizados. Em ambos os casos, o método de estocagem de cimento deve facilitar sua dosagem gravimétrica, nunca volumétrica, mesmo que a dosagem dos agregados seja em volume (PIROLA, 2011, p.39).

3.4.2 MÉTODO DE DOSAGEM E PROPORCIONAMENTO

O objetivo do estudo de dosagem consiste em encontrar a proporção mais econômica de cada um dos materiais constituintes para a produção das PCP, mantendo a qualidade necessária. O traço do concreto é a forma em que se expressa qual a quantidade desses materiais, podendo ser expresso tanto em massa como em volume, relativo à quantidade de cimento ou em valores absolutos (TANGO, 1994).

Os fabricantes de PCP dosam o concreto utilizado na fabricação buscando cumprir as exigências da NBR 9781 (ABNT, 2013), além de obter um acabamento superficial satisfatório.

Todas as metodologias têm por objetivo atingir o máximo de compactação, resultando em uma peça com resistência mecânica adequada e menos porosa, fatores que aumentam a durabilidade da mesma. Outro fator influenciável na compacidade da peça é o teor de umidade da mistura, que também depende do equipamento utilizado. Máquinas de vibro compressão com menor eficiência de compactação exigem misturas com maior quantidade de água a fim de atingir a compacidade necessária (FERNANDES¹¹, 2008 apud MARCHIONI, 2012).

Devido aos critérios de desempenho estarem diretamente relacionados ao tipo e regulagem dos equipamentos de vibro compressão utilizados, os métodos de dosagem existentes baseiam-se basicamente em testes e ajustes nos referidos equipamentos, fazendo com que sejam demorados e onerosos.

Segundo Marchioni (2013, p. 36), as metodologias mais utilizadas são:

[...] aquelas de fabricantes de equipamentos, como o método proposto por Columbia (COLUMBIA, 1969) e pela Bresser Company (PFEIFFENGERGER, 1985) e também os métodos propostos pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (FERREIRA, 1995), o método IPT/USP adaptado para concreto seco (TANGO, 1994) e o método proposto por DOWSON (1981). A metodologia proposta por Oliveira (2004) é específica para a dosagem de peças de concreto para pavimentação, sendo obtida através de ajustes e modificações da metodologia de Frasson (2000), proposta para blocos de concreto.

3.4.3 MISTURA

Determinado o método de dosagem e proporcionamento, os materiais empregados na produção do concreto necessitam ser misturados para garantir a perfeita homogeneização. No caso das PCP, a consistência seca do concreto utilizado exige a utilização de misturadores capazes de empregar tempo e energia suficiente para que a mistura fique completamente homogênea.

Os misturadores mais utilizados na fabricação das PCP são os de eixo vertical (misturadores forçados) e horizontal (por gravidade). A quantidade de material que será empregada depende

¹¹FERNANDES. I. D. Blocos e Paviers – Produção e controle de qualidade. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamento Empresariais LTDA. 2008.

do tipo de misturador utilizado, geralmente variando entre 50 a 70% da capacidade do tambor. (FERNANDES¹², 2011 apud CORRÊA, 2013).

A sequência ideal de mistura também depende do tipo de equipamento utilizado pelo fabricante. Medeiros (1993, p. 9) recomenda que a sequência possa ser feita adicionando primeiramente os agregados, depois deve ser colocado o cimento e misturar os materiais secos por aproximadamente 1 minuto. Somente após essa etapa deve-se adicionar a quantidade de água desejada e se necessário algum tipo de aditivo, misturando novamente por cerca de 2 a 4 minutos.

3.4.4 MOLDAGEM DAS PCP

Completadas as etapas anteriores, inicia-se o processo de conformação da massa nas peças de concreto utilizando o equipamento de vibro compressão, realizando prensagem e vibração simultâneas (OLIVEIRA, 2004, p. 27).

3.4.4.1 Processo de Vibro Prensagem

Conforme Albero (2000, p. 23), o processo de prensagem consiste em uma massa contida em uma matriz rígida ou molde sendo conformada através da aplicação de pressão. Essa operação tem por objetivo obter peças uniformes, seguindo as dimensões e geometria pré-estabelecidas e com microestrutura que atenda às necessidades do produto final.

No processo vibro prensado, a aplicação da carga de compressão é dada pela prensagem, visando retirar o ar aprisionado. Entretanto, para a melhor acomodação dos agregados e o fácil preenchimento da forma, é aplicada uma vibração (OLIVEIRA, 2004. p. 33). Conforme Rixner¹³ (2001 apud OLIVEIRA, 2004), essa vibração transmitida aos componentes da mistura faz com que as forças de atrito sejam reduzidas, tornando a mistura mais fluída e liberando as bolhas de ar aprisionadas.

¹² FERNANDES, I. D. Blocos e Pavers – Produção e controle de qualidade. Jaraguá do Sul, Santa Catarina. 2ª ed. 2011. 179 p.

¹³ RIXNER, S.; SCHINDELBECK, H.; WEISSIG, D. Fundamentos sobre la compactación del hormigón. Wacker. Munique, 2002.

Outro fator importante que influencia a prensagem é a umidade da mistura, na qual a água atua como plastificante dos aglomerados. Quando em excesso, aumenta o grau de saturação da mistura, reduzindo a efetividade de carga aplicada, pois parte dessa força começa a aumentar a pressão da água nos poros e não a tensão de contato entre as partículas (ALBERO, 2001, p. 17). Outra consequência do excesso de água na mistura é a dificuldade de alimentação dos moldes. Assim, é aconselhado que sempre seja utilizado um teor de umidade ótimo que satisfaça as condições de alimentação e prensagem. Caso a quantidade de água seja inferior ao necessário, a mistura pode perder até 60% de sua resistência por dificuldade de compactação, também havendo o desgaste do molde, acelerado pelo atrito excessivo entre a mistura e o molde do equipamento.

De acordo com Fernandes¹⁴ (2008 apud MARCHIONI, 2012), o tipo de equipamento interfere diretamente no teor de água, devido ao fato de serem mais potentes, os equipamentos de grande porte exigem menor teor de água para compactação das peças, enquanto equipamentos menores necessitam misturas com mais água empregada para manter compacidade adequada.

A recuperação elástica, expansão do material após a retirada da carga devido à energia elástica que ainda permanece armazenada na peça, deve ser considerada na prensagem. Essa expansão gera tensões de tração nas peças, ocasionando fissuras. A distribuição granulométrica das partículas na mistura está diretamente relacionada a esse efeito. Segundo Albero (2001, p. 15), a velocidade empregada no processo de prensagem influencia na recuperação elástica da peça, aumentando juntamente com a pressão de prensagem, devido ao maior número de pontos de contato entre as partículas por unidade de volume e o valor de deformação elástica em cada um dos pontos de contato.

3.4.4.2 Equipamentos de Vibro Compressão

As máquinas vibro prensa imprimem alto grau de compactação ao concreto seco, o que interfere diretamente nas características das peças, podendo ser de funcionamento hidráulico ou pneumático.

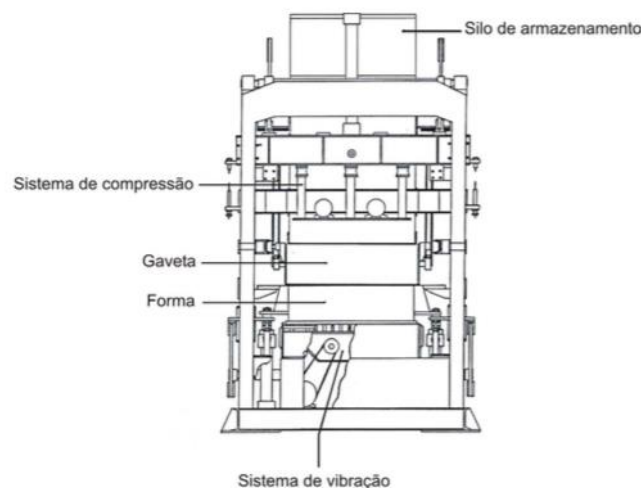
¹⁴FERNANDES. I. D. Blocos e Paviers – Produção e controle de qualidade. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamento Empresariais LTDA. 2008.

Os equipamentos com maior eficiência são as vibro prensas do tipo hidráulicas, empregando bombas e pistões a óleo, atingindo maior energia de compactação. Nesses equipamentos é possível controlar o tempo de alimentação, prensagem, acomodação e extrusão das peças, mantendo constantes as características das peças mesmo alterando matérias-primas. Já as máquinas pneumáticas empregam pistão movido a ar comprimido, apresentam maior velocidade na movimentação de bandejas, resultando em um maior número de ciclos por um determinado intervalo de tempo. Entretanto, a energia de compactação é inferior ao outro tipo de vibro prensa, o que resulta em um consumo de cimento superior para obter a mesma resistência de uma peça produzida por uma máquina hidráulica (FERNANDES, 2008 apud MARCHIONI, 2012).

Basicamente, uma máquina vibro prensa constitui-se das seguintes partes, figura 3:

- a) silo de armazenamento;
- b) gaveta;
- c) sistema de compressão;
- d) forma ou molde;
- e) sistema de vibração.

Figura 3 – Principais partes de uma máquina vibro prensa



(fonte: OLIVEIRA, 2004, p. 28)

3.4.4.2.1 Silo de Armazenamento

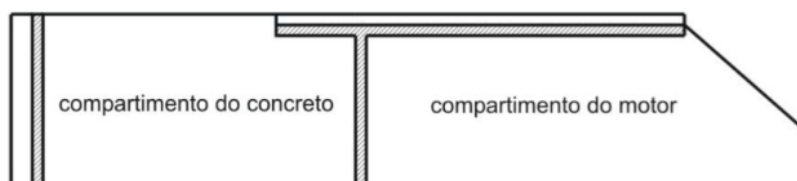
Localizado na parte superior da máquina vibro prensa, o silo de armazenamento é responsável por estocar o concreto proveniente da mistura para posterior enchimento da gaveta. A capacidade do silo depende do fabricante do equipamento.

A alimentação do silo de armazenamento pode ser feita por duas maneiras, correia transportadora ou por gravidade. Deve-se tomar cuidado em ambos os casos para que não aconteça o acúmulo de concreto em montes, ocasionando maior quantidade de agregados graúdos nas laterais e conseqüentemente maior concentração de finos no meio. Isso provoca um preenchimento não homogêneo das formas pela gaveta (PIROLA, 2011, p. 45).

3.4.4.2.2 Gaveta

A gaveta é o compartimento que realiza o transporte do concreto armazenado no silo até a forma, constituída por dois elementos principais: compartimento do concreto e compartimento do motor, havendo uma separação entre eles por uma chapa metálica, conforme figura 4.

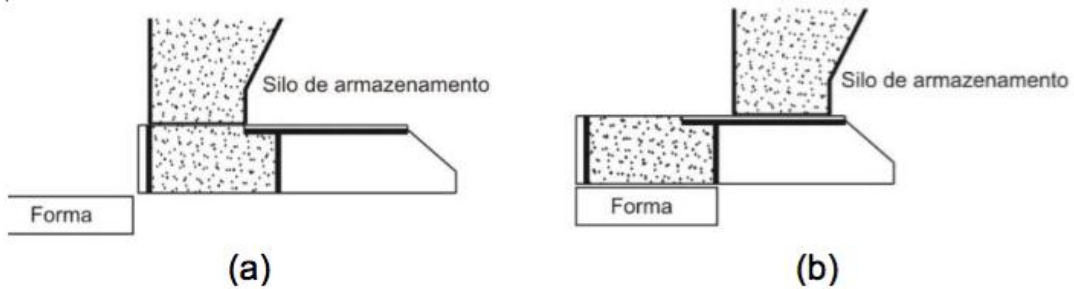
Figura 4 – Corte longitudinal da gaveta



(fonte: OLIVEIRA, 2004, p. 29)

No que se refere ao funcionamento da gaveta, há basicamente duas posições importantes durante todo o processo. Quando recuada (figura 5a), fica sob o silo de armazenamento, sendo abastecida de concreto. Ao ser acionada, movimenta-se para alimentar a forma (figura 5b), sendo que o abastecimento proveniente do silo de armazenamento fica interrompido (OLIVEIRA, 2004, p. 29).

Figura 5 – Mecanismo de funcionamento da gaveta: a) gaveta recuada; b) gaveta sobre a forma

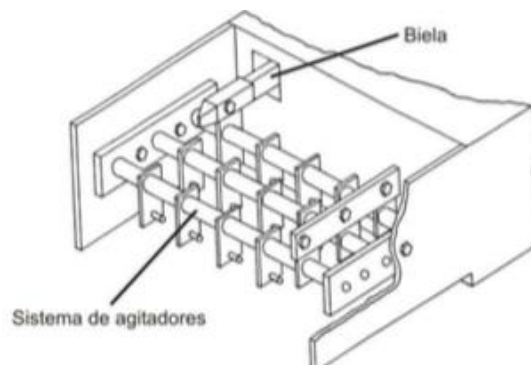


(fonte: OLIVEIRA, 2004, p. 29)

Existem ainda outros compartimentos necessários para a produção das peças de concreto para pavimentação, descritos a seguir:

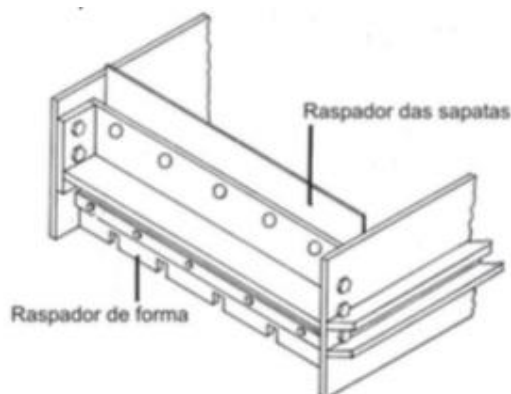
- a) Conjunto de agitadores: barras metálicas localizadas dentro da gaveta que têm por objetivo revolver o concreto, para assim facilitar o preenchimento da forma, conforme figura 6 (OLIVEIRA, 2004, p. 29);
- b) Raspador da forma: posicionado na parte frontal inferior da gaveta, consiste em uma placa de material plástico com o objetivo de raspar o excesso de concreto sobre a forma, atuando no retorno da gaveta, conforme figura 7 (OLIVEIRA, 2004, p. 30);
- c) Raspador das sapatas: posicionado na parte frontal superior da gaveta, consiste em uma placa de borracha com o objetivo de limpar as sapatas, também atuando no retorno da gaveta, conforme figura 7 (OLIVEIRA, 2004, p. 30).

Figura 6 – Detalhe do conjunto de agitadores da gaveta



(fonte: OLIVEIRA, 2004, p. 30)

Figura 7 – Detalhes da parte frontal da gaveta com raspador de forma e limpador das sapatas



(fonte: OLIVEIRA, 2004, p. 30)

3.4.4.2.3 Sistema de Compressão

A função desse sistema é aplicar uma carga de compressão no concreto durante a moldagem das peças, sendo constituído por sapatas, viga flutuante e pelo pistão hidráulico ou pneumático, dependendo do equipamento utilizado.

- a) Sapatas: responsáveis pela transmissão direta da carga da viga flutuante. Geralmente apresentam superfície tratada termicamente ou produzidas com material de maior dureza, para assim evitar o rápido desgaste por atrito lateral das formas. Equipamentos modernos podem apresentar aquecimento, dotados de controladores térmicos, tendo como objetivo principal reduzir as constantes paradas para a limpeza das sapatas, causadas pela aderência das PCP às mesmas (OLIVEIRA, 2004, p. 31);
- b) Vigas Flutuantes: geralmente compostas por dois perfis “U” solidarizados, fixados às hastes laterais da vibro prensa. Em alguns equipamentos, o único dispositivo responsável pela aplicação de carga em função do seu peso próprio é a viga flutuante (OLIVEIRA, 2004, p. 32);
- c) Pistão: a viga flutuante e as sapatas são suspensas pelo pistão hidráulico ou pneumático, sendo que em alguns equipamentos esse dispositivo auxilia na aplicação da carga de compressão ao concreto, resultando em um aumento significativo no carregamento, podendo chegar a 2,0 a 3,0 kg/cm², enquanto que em equipamentos que o esforço de compressão se deve somente pela viga flutuante, esse valor fica entre 0,5 a 1,0 kg/m² (OLIVEIRA, 2004, p. 32).

3.4.4.2.4 Forma ou molde

A forma, usualmente conhecida como molde, é responsável pelo formato e a precisão dimensional das PCP. Normalmente, as chapas metálicas utilizadas para a fabricação das

paredes laterais internas da forma recebem um tratamento térmico com o objetivo de aumentar a dureza superficial.

Quanto à durabilidade das formas, vários fatores interferem diretamente, como por exemplo, a dureza do aço empregado, se há ou não tratamento térmico e a abrasividade dos agregados. Geralmente, moldes com qualidade boa duram cerca de 60.000 ciclos (FERNANDES, 2011 apud CORRÊA, 2013).

No que se refere ao tamanho das formas, recomenda-se larguras inferiores a 50 cm (frente-fundo do equipamento), evitando assim problemas de enchimento não homogêneo da forma durante o processo (PAGE¹⁵, 1998 apud OLIVEIRA, 2004).

3.4.2.5 Sistema de vibração

Responsável diretamente pela qualidade dos artefatos e a produtividade das máquinas vibro prensa, o sistema de vibração é um dos componentes mais importantes desse equipamento. De acordo com Neville (2016, p. 242), a vibração dá mais fluidez à parte da argamassa da mistura, fazendo com que o atrito interno diminua e acomode melhor os agregados graúdos. De modo geral, a vibração mais eficaz é aquela que fornece, em um tempo mínimo, peças de qualidade homogênea (MEDEIROS, 1993, p. 7).

Conforme Bresson¹⁶ (1981 apud OLIVEIRA, 2004), os parâmetros que caracterizam a vibração são:

- a) Direção: geralmente a direção empregada em máquina vibro prensas para a produção das peças de concreto para pavimentação (PCP) é unidirecional vertical, a qual é obtida através da rotação de duas massas excêntricas, sincronizadas e em sentidos opostos, para assim neutralizar as forças horizontas centrífugas;
- b) Frequência: normalmente indicada em Hertz, a frequência de vibração se dá pelo número de ciclos na unidade de tempo. As máquinas vibro prensas trabalham com frequências na faixa de 40 e 80 Hz;
- c) Amplitude: é igual ao deslocamento máximo de um ponto em relação a sua posição média. Estima-se que o limite máximo para amplitude em vibrações

¹⁵ PAGE, G. K. Interlocking concrete paver production on small-pallet concrete block machines. Third International Workshop on Concrete Block Paving. Cartagena de Indias, Colombia, May 10-13, 1998, p. 9-1 – 9-13

¹⁶ BRESSON, J. La vibration des bétons à blocs. CERIB – publication technique n° 58, Mars, 1981.

verticais é de 2 mm, isso devido a necessidade de precisão dimensional na altura das peças;

- d) Velocidade: representa a velocidade de deslocamento, não devendo ser confundida com a velocidade de rotação dos excêntricos.

3.4.5 CURA E ARMAZENAMENTO

De acordo com Corrêa (2013, p. 58), após o processo de moldagem, as chapas contendo as peças de concreto, onde são moldados os blocos, são colocadas em grades (figura 8) e deixadas para realizar a cura. Normalmente, essas grades são constituídas de perfis metálicos, recebendo cerca de dez a vinte chapas metálicas (FRASSON, 2000, p. 20). Durante essa etapa, deve-se tomar precauções para que não haja vibrações excessivas ou impactos, comprometendo a qualidade do produto.

O método de cura das peças de concreto para pavimentação está diretamente ligado ao porte do fabricante, tendo como recomendação a cura térmica a vapor. Esse processo de cura acelera o ganho da resistência do concreto, fazendo com que as peças possam ser paletizadas em um menor tempo (CORRÊA, 2013, p. 59).

Figura 8 – Grades com as chapas contendo as PCP



(fonte: CORRÊA, 2013, p. 59)

Há diversas maneiras de realizar a cura das peças de concreto para pavimentação. A mais simples consiste na aspersão da água sobre as peças de acordo com a secagem das mesmas. Existe ainda outro método de fácil execução que se dá pelo cobrimento das peças com uma lona impermeável, evitando a evaporação da água diretamente ao meio ambiente. (CRUZ, 2003, p.89). O referido autor cita outro processo cuja execução é mais complexa, porém com maior eficiência, que é o caso de estocagem em câmaras úmidas, conforme figura 9.

Figura 9 – Câmara para cura úmida das PCP



(fonte: CORRÊA, 2013, p. 60)

As câmaras para cura mantêm a umidade relativa do ar superior a 95%, garantindo a hidratação do cimento. O tempo de cura na câmara é de aproximadamente 24 horas, sendo que a cura final é realizada nos pátios dos fabricantes, girando em torno de 7 a 28 dias, dependendo das condições industriais (ABCP, 2010, p. 12).

Frasson (2000, p. 20) comenta que as peças devem ser paletizadas (figura 10) a fim de constituir um layout favorável à identificação dos lotes e que facilite o carregamento dos mesmos por caminhões que realizarão o transporte até as obras. O referido autor afirma que a paletização faz com que o processo de carga e descarga seja muito mais fácil, evitando também a ruptura das peças.

Figura 10 – Paletização das PCP



(fonte: CORRÊA, 2013, p. 60)

3.5 NORMALIZAÇÃO PARA PCP

A NBR 9781 (ABNT, 2013) – Peças de Concreto para Pavimentação: Especificação e Métodos de Ensaio estabelece os requisitos e métodos de ensaios necessários para verificar a aceitação das peças de concreto para pavimentação, estando em vigor desde 07 de fevereiro de 2013.

3.5.1 ENSAIO DIMENSIONAL

Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 4), as peças de concreto para pavimentação devem seguir os seguintes requisitos com relação às dimensões:

- a) comprimento de, no mínimo, 250 mm;
- b) largura real de, no mínimo, 97 mm na área da peça que será aplicada a carga do ensaio de resistência à compressão;
- c) espessura mínima de 60 mm (especificada em múltiplos de 20 mm);
- d) índice de forma (IF) para peças utilizadas em vias com tráfego de veículos ou áreas de armazenamento igual ou inferior a 4;
- e) tolerâncias dimensionais, conforme tabela 2:

Tabela 2 – Tolerâncias dimensionais das peças (dimensões em mm)

Comprimento	Largura	Espessura
± 3	± 3	± 3

(fonte: NBR 9781, 2013, p. 5)

3.5.2 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

A determinação da absorção de água de uma peça de concreto para pavimentação deve seguir o processo descrito no ANEXO B da NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 14). As peças submetidas ao ensaio devem apresentar valor médio igual ou inferior a 6%, não sendo aceito nenhum valor individual acima de 7%.

3.5.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão deve ser realizado conforme ANEXO A da NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 10) e as peças de concreto para pavimentação submetidas a esse ensaio necessitam atender os requisitos apresentados na tabela 3:

Tabela 3 – Resistência característica à compressão

Solicitação	Resistência característica à compressão (f_{pk}) aos 28 dias [MPa]
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥ 50

(fonte: NBR 9781, 2013, p. 6)

No caso de resistência maior ou igual a 35 MPa, encontram-se a maioria dos tipos de pavimento, incluindo estacionamento de veículos de passeio até vias trafegadas por caminhões pesados. Já para resistência acima de 50 MPa, são empregadas em pavimentos sujeitos a solicitações extremas, no qual veículos especiais movem e estocam altas cargas (RODRIGUES, 1995, p. 14).

3.5.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À ABRASÃO

O ensaio de resistência à abrasão da amostra é facultativo, porém quando solicitado deve ser realizado conforme ANEXO C da NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 16).

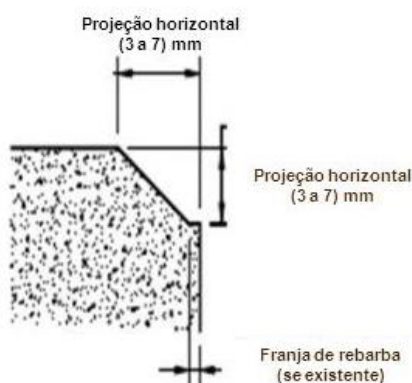
3.5.5 INSPEÇÃO VISUAL

Deve-se inspecionar visualmente as peças de concreto constituintes do lote, com o objetivo de identificar possíveis defeitos que possam prejudicar o assentamento, desempenho estrutural ou a estética do pavimento.

As peças de concreto para pavimentação devem atender os seguintes aspectos, conforme descrito no item 5.3 da NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 5):

- a) espaçador de juntas: deve-se obrigatoriamente ter espaçador incorporado nas peças de concreto, devendo atender aos requisitos da NBR 15953 no que se refere à espessura das juntas;
- b) chanfro: nas peças de concreto chanfradas, deve-se apresentar chanfros tanto na projeção horizontal como na vertical, de no mínimo 3 mm e no máximo 6 mm, conforme figura 11:

Figura 11 – Chanfro



(fonte: elaborado pelo autor)

- c) arestas: as peças de concreto devem apresentar arestas regulares em todas as faces, livre de rebarbas e de laminações;
- d) ângulo de inclinação: o ângulo de inclinação das peças de concreto deve ser igual a 90°. Para realizar a avaliação, deve-se utilizar um esquadro, com a peça apoiada em uma superfície plana.

3.5.6 AMOSTRAGEM

A amostra que será recolhida dos fabricantes deve considerar o lote de fabricação, sendo esse limitado à produção diária, utilizando-se a mesma matéria-prima e equipamentos, cabendo ao fabricante a indicação dos conjuntos que atendam a esses requisitos. Conforme NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 7), para a amostragem é necessário que sejam retiradas de cada lote, aleatoriamente, peças que constituam a amostra representativa, conforme tabela 4:

Tabela 4 – Amostragem para ensaio

Propriedade	Amostra
Inspeção visual	6
Avaliação dimensional	6
Absorção de água	3
Resistência à compressão	6
Resistência à abrasão	3

(fonte: NBR 9781, 2013, p. 8)

Conforme o item 6.2.2 da NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 7), há uma observação referente aos ensaios de inspeção visual, avaliação dimensional e resistência à compressão, afirmando que a amostra deve ter no mínimo seis peças para cada lote de fabricação com até 300 m², e uma peça adicional para cada 50 m² suplementar, atingindo o número máximo de 32 peças. As peças utilizadas nos ensaios de inspeção visual e avaliação dimensional podem ser utilizadas também para o ensaio de resistência à compressão.

De acordo com os critérios de inspeção da NBR 9781 (2013, p. 7), é necessário que os ensaios de aceitação das peças de concreto para pavimentação sejam realizados por laboratórios terceiros, preferencialmente acreditados pelo Inmetro. O lote será aceito sempre que cumprir as exigências de todos os requisitos estabelecidos na norma, sendo que na inspeção visual o lote será rejeitado se houver mais de 5% de peças defeituosas. Vale ressaltar que o ensaio de resistência à abrasão é facultativo, entretanto quando solicitado, deve cumprir as exigências do item 6.4.

4 ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DAS EMPRESAS

O trabalho foi desenvolvido através de visitas a fabricantes de peças de concreto para pavimentação localizados na região do município de Bento Gonçalves - RS. Para a realização da pesquisa, foi necessário o contato com as empresas para autorizarem o acompanhamento de todo o processo produtivo de suas fábricas. As cinco empresas existentes na região foram contatadas requisitando autorização, sendo que três delas concordaram em fazer parte da pesquisa, uma alegou que a política da empresa não permite a entrada de pessoas desconhecidas na fábrica e outra não retornou o contato.

Após definir a data de encontro, foram realizadas visitas a cada uma das unidades, utilizando o questionário apresentado no Apêndice A desse trabalho com o objetivo de padronizar as informações obtidas e comparar com as técnicas e recomendações descritas na literatura. A fim de analisar o sistema produtivo de cada empresa, o questionário tratou sobre tópicos como entrega e armazenamento dos materiais utilizados na produção das PCP, métodos de dosagem, moldagem das PCP, equipamento de vibro compressão utilizado, sistema de cura, armazenamento e estocagem. Ao fim, também foi realizada entrevista com o responsável pela produção sobre as exigências da NBR 9781 (ABNT, 2013) e o mercado consumidor.

Foi coletada uma amostra de cada empresa visitada, sendo essa composta por 9 peças de concreto para pavimentação, para a realização dos ensaios. Vale ressaltar que o item 6.2.2 da NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 7) não foi atendido completamente, devido ao fato de algumas empresas não possuírem informações referente ao lote e quantidade produzida.

Por questões de sigilo, as empresas foram identificadas como “A”, “B” e “C”.

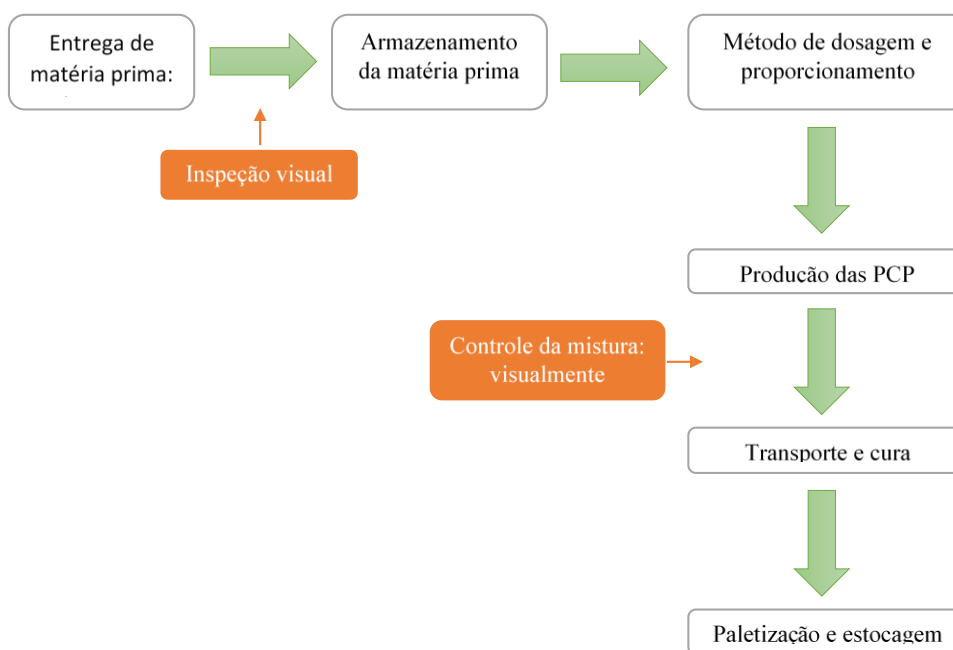
4.1 DIAGNÓSTICO DA EMPRESA A

A Empresa A atua no mercado de artefatos de concreto desde 2005, produzindo blocos para muros e cercas, pergolados, decks, pisantes, cobogós, bancos urbanos e pisos intertravados. A produção média mensal de PCP é de 5000 m², sendo produzidas somente peças com resistência de 35 MPa. A fábrica conta com um total de 50 funcionários em todas as 5 unidades, sendo que

06 estão envolvidos diretamente no processo produtivo das peças de concreto para pavimentação. Quanto ao consumidor principal, foi respondido que as vendas são realizadas 60% para o setor privado (construtoras, arquitetos, paisagistas e consumidor final) e 40% para órgãos públicos municipais.

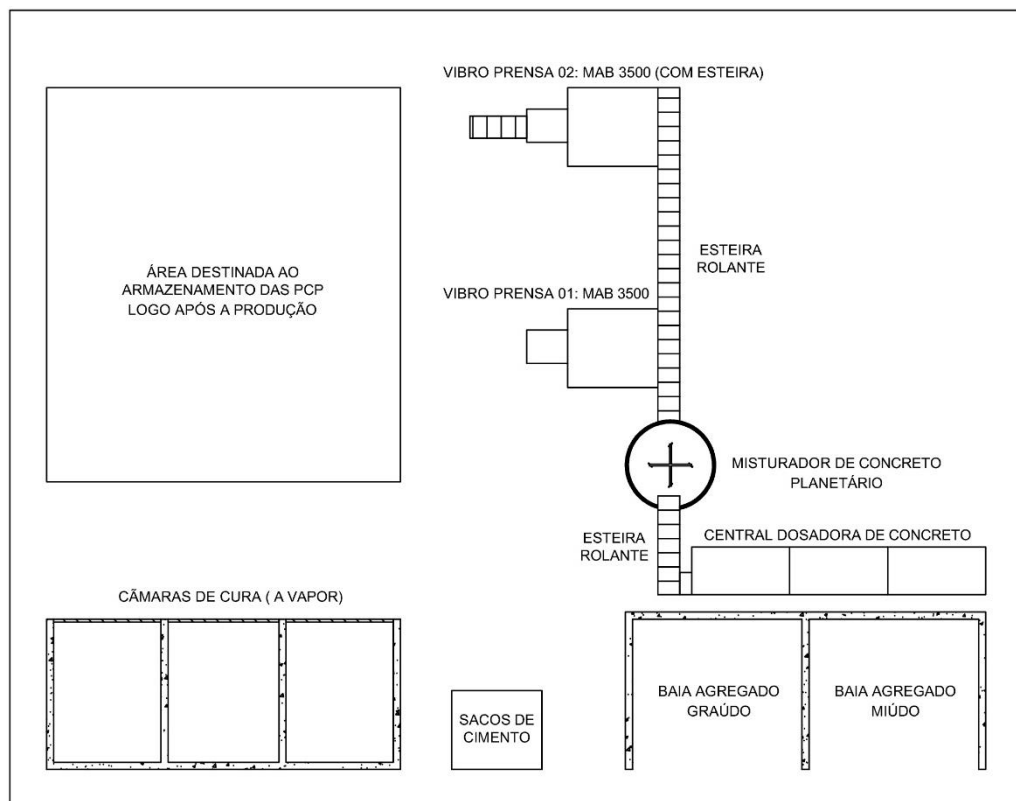
A fábrica é constituída por dois pavilhões, conhecidos como “Fábrica 1” e “Fábrica 2”. No primeiro, são fabricados itens que exigem mais detalhamento e precisão, utilizando mesas vibratórias, como cobogós, pergolados e bancos. Já no segundo estão localizadas as duas vibroprensas onde são fabricadas as peças de concreto para pavimentação. O processo produtivo das PCP e o *layout* da “Fábrica 2” são mostrados nas figuras 12 e 13, respectivamente.

Figura 12 – Fluxograma do processo produtivo da Empresa A



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 13 – Layout da Empresa A



(fonte: elaborado pelo autor)

4.1.1 Recebimento da Matéria Prima

Na produção de PCP da Empresa A, utiliza-se areia regular identificadas como média e grossa como agregado miúdo e um material identificado como granilha (dimensão: 4,5 mm a 6,0 mm) como agregado graúdo. Ao receber esses materiais, é realizada uma inspeção visual pelo funcionário responsável com o objetivo de encontrar alguma alteração, geralmente impurezas. É importante destacar que não há controle de granulometria. Estima-se que o consumo mensal de agregado graúdo seja 100 m³ e o de agregado miúdo 300 m³.

Quanto ao cimento, é utilizado o CP V ARI – RS de marca Votoran, sendo esse mantido constante na produção desde 2005. O consumo mensal na produção de PCP é aproximadamente 1500 sacos de 50 kg.

Conforme citado na revisão bibliográfica, a Empresa A utiliza outros aditivos além dos incorporadores de ar. Nesse caso, é utilizado um aditivo com duas funções, o plastificante e

densificador HagenBloco R1 da marca Hagen, tendo por finalidade inibir a absorção de água, facilitar a desmoldagem e aumentar a compacidade do concreto. Não foi informado qual o consumo na produção de PCP.

Todos os fornecedores são escolhidos levando em conta não somente o preço, mas sim a qualidade dos materiais e a disponibilidade de entrega.

4.1.2 Armazenamento da Matéria Prima

O armazenamento dos agregados miúdos é realizado em uma baia de separação parcialmente coberta. Já o agregado graúdo é armazenado em uma baia totalmente coberta, como mostra a figura 14. Referente ao cimento, o mesmo é comprado em sacos e não a granel, devido ser mais viável economicamente para a Empresa A, sendo paletizados e estocados em local seco e arejado.

Figura 14 – Armazenamento dos agregados



(fonte: elaborado pelo autor)

4.1.3 Método de Dosagem e Proporcionalamento

O traço utilizado para a fabricação de PCP é utilizado há praticamente 11 anos, tendo sido elaborado pelo engenheiro da empresa juntamente com a diretoria, entretanto não foi informado se foi utilizado algum método específico de dosagem. O método de proporcionalamento dos

materiais é realizado por massa, através de uma central dosadora de concreto que contém balanças. É importante destacar que procedimentos específicos de controle de água e umidade não são realizados.

Ajustes no traço são feitos quando após uma inspeção visual, constata-se que o concreto não está adequado para a produção de PCP. A necessidade desses ajustes depende exclusivamente do responsável pela mistura, pois nenhum teste é realizado.

A fim de saber qual traço foi utilizado em determinado dia e se houve ajustes, é realizado um registro de produção diário.

4.1.4 Produção e Moldagem das PCP

O sistema de produção da Empresa A é automatizado, contando primeiramente com um painel de controle onde o traço pode ser digitado, sendo possível realizar alterações se necessário. O painel é mostrado na figura 15:

Figura 15 – Painel de controle do misturador



(fonte: elaborado pelo autor)

Os agregados, após a pesagem, chegam ao misturador de concreto do tipo planetário através de uma esteira transportadora, conforme figura 16. Em relação ao cimento, existe um compartimento para que os sacos sejam rasgados e o mesmo transportado até o misturador.

Figura 16 – Misturador de concreto do tipo planetário



(fonte: elaborado pelo autor)

Após a mistura, o concreto é transportado por uma esteira transportadora até o equipamento de vibro compressão, o qual realiza o processo de vibro prensagem das peças. A Empresa A conta com duas máquinas de vibro compressão destinadas a produção de PCP, modelos PWR MAB 3500. Ambos equipamentos são totalmente originais de fábrica e as manutenções são realizadas pelos técnicos da empresa juntamente com a equipe da fabricante PWR.

A seguir, na figura 17, é mostrado o equipamento de vibro compressão, seguido da tabela 5 contendo os dados de produção referente ao mesmo.

Figura 17 – PWR MAB 3500



(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 5 – Produção da máquina hidráulica PWR MAB 3500

Produto	Quant./ciclo	Ciclos p/ min	Produção em 8h (90%)
Bloco 09x19x39 cm	10	2,5	10.800 blocos
Bloco 14x19x39 cm	7	2,5	7.560 blocos
Bloco 19x19x39 cm	5	2,5	5.400 blocos
Paver tipo UNI (39 uni/m ²)	20	3	665m ²
Paver tipo HOLANDA (50 uni/m ²)	25	3	648m ²
Meio Fio 12x30x100cm	2	2,5	2.160 meios fios

(fonte: <<http://www.metalurgicapwr.com.br/produtos/maquinas-de-blocos-e-pisos/mab-3500/>>)

Uma das máquinas de vibro compressão conta com uma esteira na qual os blocos recém produzidos são transportados até os funcionários responsáveis pelo empilhamento. Após o fim do ciclo, as peças de concreto para pavimentação são recolhidas pelos funcionários responsáveis e empilhadas, apoiadas em chapas de madeira, sendo liberadas para a cura, conforme figura 18. Vale ressaltar que há uma divergência em relação ao que foi pesquisado na revisão bibliográfica, pois conforme Frasson (2000, p. 20), as PCP são empilhadas em cima de chapas metálicas.

A fabricação das PCP depende diretamente do volume de vendas da empresa, portanto, o uso simultâneo dos dois equipamentos é variável.

Figura 18 – Empilhamento das chapas de madeira contendo as PCP



(fonte: elaborado pelo autor)

4.1.5 Cura das PCP

Após o empilhamento das chapas de madeira com as PCP, ocorre o transporte até as áreas cobertas destinadas ao processo de cura do concreto, mostradas na figura 19. Essas câmaras contêm um sistema a vapor, entretanto o mesmo só é ligado quando for constatado a necessidade para tal, como por exemplo, dias de frio intenso. As peças ficam armazenadas nas câmaras durante 24 horas e posteriormente são liberadas para a paletização.

Nessa etapa, é realizado o controle de qualidade através da inspeção visual das peças, não sendo realizada a comprovação do f_{pk} .

Figura 19 – Câmaras a vapor para a cura das PCP



(fonte: elaborado pelo autor)

4.1.6 Paletização e Estocagem

Ao fim das 24 horas do processo de cura, ocorre a paletização das PCP. Nessa etapa, as peças são transferidas das chapas para os paletes, os quais são etiquetados com a especificação do tipo de peça e nome da empresa e armazenados no pátio da empresa até serem vendidos.

4.1.7 Amostra

As peças constituintes da amostra coletada da Empresa A se enquadram em PCP do tipo III, denominada pela própria empresa de “Tropical”, com dimensões 20 cm x 15 cm x 5,0 cm, conforme figura 20. É importante ressaltar que a Empresa A não produz peças de concreto para pavimentação do tipo I, mais especificamente o modelo “*Unistain*”, entretanto todas as peças analisadas têm por finalidade a utilização para pavimentação, não havendo distinção em seu uso por terem formatos diferentes.

Figura 20 – Peças de concreto para pavimentação do tipo III



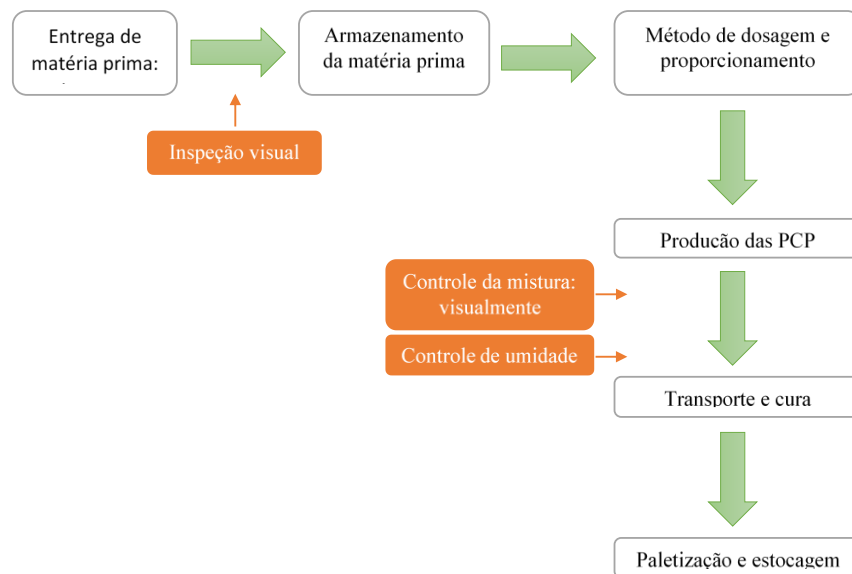
(fonte: elaborado pelo autor)

4.2 DIAGNÓSTICO DA EMPRESA B

A Empresa B atua no mercado de artefatos de concreto há 10 anos, produzindo blocos de alvenaria estrutural, blocos intertravados e lajes decorativas. A produção média mensal de PCP é de 8800 m², sendo produzidas peças com resistência de 35 MPa e 50 MPa. A fábrica conta com um total de 12 funcionários, sendo que 4 estão diretamente envolvidos na produção das peças. Quanto ao consumidor principal, foi respondido que as vendas são realizadas praticamente 50% para órgãos públicos municipais e 50% para o setor privado.

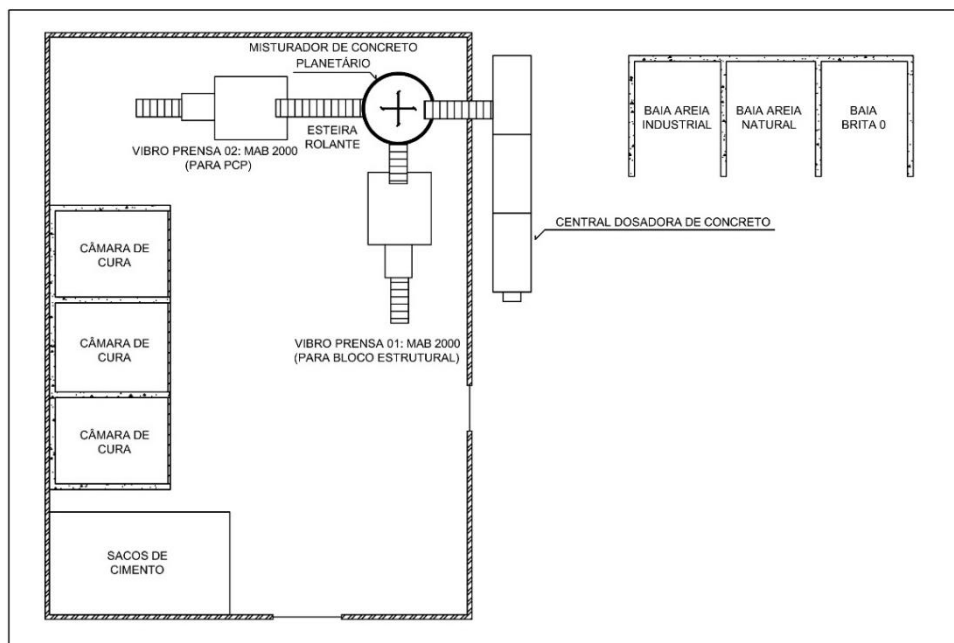
O processo produtivo das peças de concreto para pavimentação e o *layout* da Empresa B são mostrados nas figuras 21 e 22, respectivamente.

Figura 21 – Fluxograma do processo produtivo da Empresa B



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 22 – *Layout* da Empresa B



(fonte: elaborado pelo autor)

4.2.1 Recebimento da Matéria Prima

Os agregados utilizados na produção de PCP pela Empresa B são: areia natural, areia de britagem e brita identificada como “0”. No recebimento dos agregados na fábrica, é realizada uma inspeção visual pelo funcionário responsável através de uma amostra recolhida a cada carga recebida, com o objetivo de verificar alguma alteração, geralmente impurezas. O controle de granulometria atualmente não é realizado, entretanto segundo informação do responsável, irá ser implantado no processo em breve. Estima-se que o consumo mensal de areia natural é de 246 t, areia de britagem de 92 t e de brita 0 de 92 t.

Quanto ao cimento, é utilizado o CP V ARI de marca Itambé. É importante destacar que durante os primeiros 9 anos foi utilizado o cimento CP V ARI - RS de outro fabricante, entretanto optou-se por realizar a mudança de marca, resultando em aumento da qualidade das PCP. O consumo mensal na produção de PCP é aproximadamente 3600 sacos de 50 kg.

A Empresa B utiliza somente o aditivo plastificante da marca MC - Bauchemie, tendo como finalidade uma mistura mais homogênea. O consumo desse material na produção de PCP não foi informado.

Em relação a escolha dos fornecedores de matéria prima, comentou-se que esses são escolhidos preferencialmente pela qualidade dos materiais.

4.2.2 Armazenamento da Matéria Prima

O armazenamento dos agregados é realizado em baias de separação sem cobertura, expostas diretamente ao ar livre e sobre solo, conforme figura 23. Quanto ao cimento, o mesmo é estocado dentro do pavilhão da fábrica, em sacos.

Figura 23 – Armazenamento dos agregados



(fonte: elaborado pelo autor)

4.2.3 Método de Dosagem e Proporcionalamento

O traço utilizado para a fabricação de PCP foi recentemente alterado, mais precisamente em junho desse ano, por meio de consultoria com uma empresa especializada. O método de proporcionalamento dos materiais é realizado por massa, sendo feito o uso de uma central dosadora de concreto que contém balanças.

Ajustes no traço são realizados quando após uma inspeção visual, constata-se que o concreto não está adequado para a produção de PCP. É importante destacar que eventualmente é realizada a verificação do teor de umidade dos agregados por secagem ao fogo (“método da frigideira”).

É dada significativa importância ao registro de produção diário, com o intuito de ter controle das peças que foram produzidas em determinado período e suas respectivas características.

4.2.4 Produção e Moldagem das PCP

O sistema de produção da Empresa B é automatizado e muito semelhante ao da Empresa A. Após o traço ser definido, o mesmo é digitado no painel de controle, sendo possível realizar alterações se necessário.

Os agregados, após a pesagem, chegam ao misturador planetário através de uma esteira transportadora. Quanto ao cimento, existe um compartimento para que os sacos sejam rasgados e o mesmo transportado até o misturador.

Após a mistura, o concreto é transportado por uma esteira transportadora até o equipamento de vibro compressão, o qual realiza o processo de vibro prensagem das peças. A Empresa B possui duas máquinas de vibro compressão, entretanto somente uma é destinada a produção de blocos de concreto, cujo modelo é PWR MAB 2000. É importante informar que se realizou uma modificação da mesa vibratória do equipamento com finalidade de ajustar a variação dimensional das peças. Na figura 24 é mostrado o equipamento vibro prensa, seguido dos dados de produção, conforme tabela 6.

Figura 24 – PWR MAB 2000



(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 6 – Produção da máquina hidráulica PWR MAB 2000

Produto	Quant./ciclo	Ciclos p/ min	Produção em 8h (90%)
Bloco 09x19x39 cm	10	2,5	10.800 blocos
Bloco 14x19x39 cm	7	2,5	7.560 blocos
Bloco 19x19x39 cm	5	2,5	5.400 blocos
Paver tipo UNI (39 uni/m ²)	12	3	400m ²
Paver tipo HOLANDA (50 uni/m ²)	18	3	466m ²
Meio Fio 12x30x100cm	1	2,5	1.080 meios fios

(fonte: <<http://www.metalurgicapwr.com.br/produtos/maquinas-de-blocos-e-pisos/mab-2000/>>)

Após o ciclo do equipamento, as peças de concreto para pavimentação são recolhidas pelos funcionários responsáveis e empilhadas, apoiadas em chapas de madeira, sendo liberadas para o processo de cura.

4.2.5 Cura das PCP

Após o empilhamento das chapas de madeira contendo as PCP, é realizado o transporte até as áreas cobertas destinadas ao processo de cura do concreto. As peças ficam armazenadas em baias durante 24 horas, cobertas por lonas umedecidas, conforme figura 25.

Figura 25 – Baias umedecidas para cura das PCP



(fonte: elaborado pelo autor)

Nessa etapa, é realizado o controle de qualidade através de inspeção visual das peças, não sendo realizada a comprovação do f_{pk} .

4.2.6 Paletização e Estocagem

Após o processo de cura, é realizada a paletização das PCP. Nesse processo, as peças são transferidas das chapas de madeira para os paletes, aplicando sob essas etiquetas contendo especificação do tipo de peça, dia de fabricação, dia em que ocorreu a paletização e número de PCP. Os paletes são armazenados no pátio da empresa até serem vendidos.

4.2.7 Amostra

A amostra coletada da Empresa B contém peças do tipo I de formato conhecido como “Unistain”, de dimensões 24 x 10 x 8 cm, conforme figura 26. O lote foi produzido no dia 28/08/2016, contendo 400 peças.

Figura 26 – Peças de concreto para pavimentação do tipo I



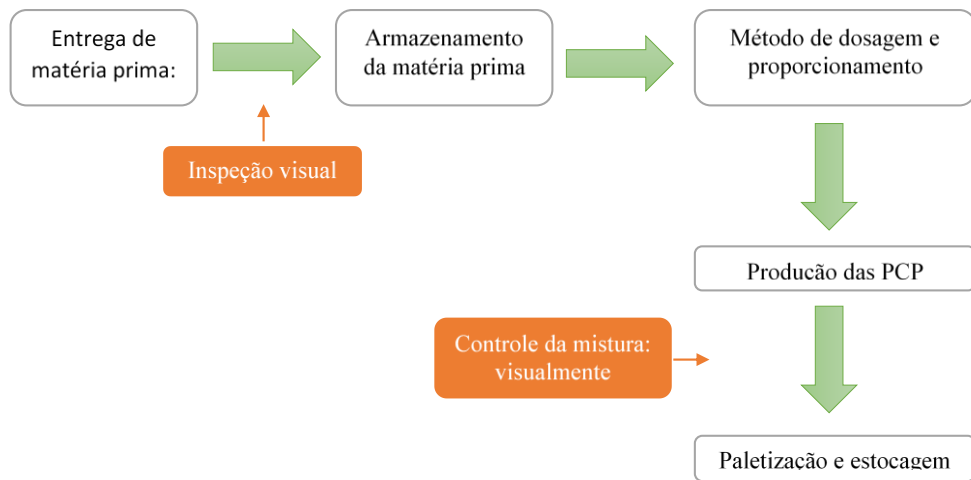
(fonte: elaborado pelo autor)

4.3 DIAGNÓSTICO DA EMPRESA C

A Empresa C atua no mercado de artefatos de concreto desde 1997, produzindo tubos de concreto, postes, blocos de alvenaria estrutural, meio fio, canaleta para drenagem e blocos intertravados. A produção média mensal de PCP é de 5000 m², sendo produzido somente peças com resistência de 35 MPa. A fábrica conta com um total de 10 funcionários, dentre eles 8 estão envolvidos diretamente no processo produtivo das PCP. Quanto ao consumidor principal, foi respondido que as vendas são realizadas em sua maioria para órgãos públicos de municípios vizinhos.

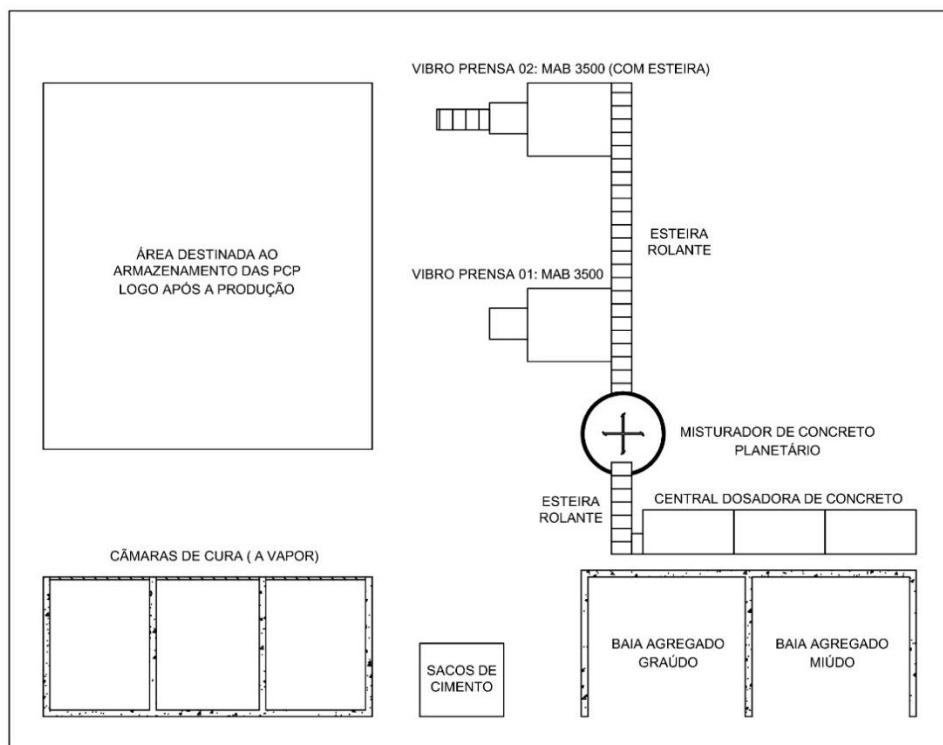
O processo produtivo das peças de concreto para pavimentação e o *layout* da Fábrica C são mostrados nas figuras 27 e 28, respectivamente.

Figura 27 – Fluxograma do processo produtivo da Empresa C



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 28 – Layout da Empresa C



(fonte: elaborado pelo autor)

4.3.1 Recebimento da Matéria Prima

Os agregados utilizados na produção de PCP pela Empresa C são denominados como: areia natural, areia de britagem e brita 0. No recebimento dos agregados na fábrica, é realizada uma inspeção visual pelo funcionário responsável, com o objetivo de verificar a existência de alguma alteração, geralmente impurezas. Não há controle de granulometria. Estima-se que o consumo mensal de areia natural é de 325 t, 150 t de areia industrial e 80 t de brita “0”.

Em relação ao cimento, é utilizado o CP V – ARI – RS de marca Cimpor, o qual é mantido constante há 4 anos.

A Empresa C utiliza somente um aditivo, o plastificante Liquiplast 1400 da TecnoMor, tendo por finalidade aumentar a resistência, reduzir a absorção de água, melhorar a textura das peças e reduzir a fissuração. O consumo na produção de PCP é de 50 ml a cada 400 kg de cimento.

Os fornecedores são escolhidos principalmente pela logística, devido à localização da fábrica. Por causa desse fator, foi informado que há constante troca de fornecedores de matéria prima, exceto cimento.

4.3.2 Armazenamento da Matéria Prima

O armazenamento dos agregados miúdos é realizado em baias de separação parcialmente cobertas, depositado diretamente sobre o solo. Já o agregado graúdo é armazenado em baia totalmente coberta, mostrado na figura 29. Referente ao cimento, o mesmo é comprado em sacos devido a viabilidade econômica para a empresa.

Figura 29 – Armazenamento dos agregados



(fonte: elaborado pelo autor)

4.3.3 Método de Dosagem e Proporcionalamento

O traço para a fabricação de PCP é utilizado há 5 anos, elaborado pelo encarregado da produção da fábrica, não sendo utilizado um método específico de dosagem. Já o proporcionalamento dos materiais é realizado por volume, através de compartimentos de armazenamento. No local destinado ao cimento, há uma marcação para que o funcionário responsável saiba a quantidade correta de material que será utilizado, conforme figura 30:

Figura 30 – Marca limite para o volume de cimento



(fonte: elaborado pelo autor)

Referente aos agregados, é utilizada uma quantidade de material correspondente a um compartimento cheio, entretanto, não há controle algum para manter a quantidade constante. Quanto ao controle de água e umidade, não há um método específico.

Ajustes no traço são feitos quando após uma inspeção visual, constata-se que o concreto não está adequado para a produção de PCP. A necessidade desses ajustes depende exclusivamente do responsável pela mistura, pois nenhum teste é realizado.

É importante destacar que a Empresa C não tem registro de produção.

4.3.4 Produção e Moldagem das PCP

O sistema de produção da Empresa C é parcialmente automatizado, pois a dosagem é realizada através de um funcionário que segue as recomendações de volume.

Os agregados chegam ao misturador de concreto do tipo planetário através de uma esteira transportadora, conforme figura 31. Quanto ao cimento, existe um compartimento para que os sacos sejam rasgados e o mesmo transportado até o misturador.

Figura 31 – Misturador de concreto do tipo planetário



(fonte: elaborado pelo autor)

Após a mistura, o concreto é transportado por uma esteira transportadora até o equipamento de vibro compressão, o qual realiza o processo de prensagem das PCP. A vibro prensa utilizada pela Empresa C é o modelo Storrer VMS-1 ano 2008, com modificações já realizadas,

entretanto sem melhora significativa, conforme relato do responsável. O mesmo cita que quando há necessidade de manutenção, ele realiza o procedimento. A seguir, na figura 32, é mostrado o equipamento de vibro compressão, seguido da tabela 7 contendo os dados de produção referente ao mesmo.

Figura 32 – Storrer VPMS-1 ano 2008



(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 7 – Produção da máquina hidráulica Storrer VPMS-1 ano 2008

PRODUTO	QUANT./CICLO	Cap. Nominal Diária
Lajota sextavada 20x60 cm	8	8800 blocos
Lajota sextavada 25x60 cm	7	5400 blocos
Lajota sextavada 30x60 cm	5	5400 blocos
Paver tipo UNI	16	17600 blocos
Paver tipo HOLANDA	16	17600 blocos
Bloco 19x19x39 cm	4	4400 blocos
Bloco 14x19x39 cm	5	5500 blocos
Bloco 09x19x39 cm	8	8800 blocos
Tabela 70x19x30 cm	10	700 blocos

(fonte: < <http://www.storrer.com.br/detalhes/4/VPMS-1-Semi-Autom%C3%A1tica>>)

Ao fim do ciclo, as peças de concreto para pavimentação são recolhidas pelos funcionários responsáveis e empilhadas, apoiadas em chapas de madeira, conforme figura 33.

Figura 33 – Empilhamento das chapas de madeira contendo as PCP



(fonte: elaborado pelo autor)

4.3.5 Cura das PCP

Após o empilhamento das chapas de madeira com as PCP, as mesmas permanecem no local de armazenagem durante 24 horas. O processo de cura das peças de concreto é realizado somente quando for constatada a necessidade para tal, por exemplo em dias muito frios, utilizando lonas para cobrir as PCP.

Ao fim do período de 24 horas, é realizado apenas o controle de qualidade através de inspeção visual, não sendo realizada a comprovação do f_{pk} das peças.

4.3.6 Paletização e Estocagem

Nessa etapa, as PCP são transferidas das chapas para os paletes, sendo o processo realizado por funcionários. Os paletes contendo as peças são armazenados no pátio da empresa para serem vendidos, entretanto é importante destacar que os mesmos não são identificados com etiquetas contendo informações sobre o lote, data de produção e quantidade de material.

4.3.7 Amostra

A amostra coletada da Empresa C contém peças do tipo I de formato conhecido como “Unistain”, de dimensões 24 x 10 x 8 cm, conforme figura 34. Não há identificação de lotes de produção;

Figura 34 – Peças de concreto para pavimentação do tipo I



(fonte: elaborado pelo autor)

5. ANÁLISE DE RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Após a realização das visitas a cada uma das empresas que aceitaram participar desse trabalho, foi possível realizar uma análise das etapas do processo produtivo tendo como base a pesquisa bibliográfica feita. Apesar das fábricas contarem com alguns itens de controle de qualidade durante o processo produtivo PCP, foi observado que há determinados pontos que podem influenciar negativamente na qualidade das peças.

Os tópicos a seguir apresentam comentários e dados sobre o processo produtivo das peças de concreto para pavimentação, destacando pontos em que há possibilidade de melhorias. Os resultados dos ensaios realizados conforme a NBR 9781:2013 também serão apresentados.

5.1 COMENTÁRIOS SOBRE AS EMPRESAS

O primeiro ponto analisado foi o recebimento das matérias primas envolvidas na produção das PCP. Foi constatado que todas as empresas realizam somente uma inspeção visual dos agregados, não sendo realizada nenhuma verificação específica para determinar a qualidade do material, nem sequer a granulometria. Na questão do armazenamento dos mesmos, notou-se um aspecto crítico que pode influenciar diretamente na mistura do concreto, ou seja, agregados sendo armazenados em baias não cobertas e com exposição direta ao solo. Nesse ponto a Empresa B se destaca negativamente, visto que não há proteção alguma para evitar o contato dos agregados com a chuva.

Referente ao método de proporcionamento dos materiais, as Empresas A e B possuem uma central dosadora de concreto que realiza a pesagem dos materiais, ou seja, a quantidade dos agregados utilizada na mistura é mais precisa, se realizada a aferição do equipamento, o que não acontece na Empresa C. Essa realiza o proporcionamento por volume, fazendo o uso de recipientes e preenchendo os mesmos com a quantidade de material determinada pelo traço. Nota-se que a maneira de como esse método é utilizado se torna suscetível a variações e pode estar influenciando negativamente a qualidade das peças, pois a quantidade dos materiais empregados na mistura do concreto não é precisa.

Sobre o traço do concreto, somente a Empresa B conta com um método específico de dosagem dos materiais, pois utilizou os serviços de uma empresa que presta consultoria na área. Os participantes restantes elaboraram o traço empiricamente, contando com a experiência dos profissionais envolvidos.

Em todas as empresas os ajustes realizados ao traço da mistura são feitos pelos encarregados da produção sem realizar procedimentos específicos, ou seja, o concreto depende exclusivamente da experiência e sensibilidade do funcionário responsável. O mesmo é quem define se há ou não a necessidade de alterar a quantidade de água, baseando-se em sua experiência. A constatação da necessidade de ajustes ao traço se dá visualmente ou utilizando o tato. Foi observado também que na Empresa A o responsável pela produção não possui treinamento específico na área, havendo um contraste com a Empresa C, cujo responsável possui pós-graduação em Engenharia Civil.

Um ponto extremamente crítico é o fato de que a Empresa C não realiza o processo de cura das PCP, ou seja, após a produção, as mesmas são empilhadas e espera-se 24 horas para serem paletizadas e armazenadas no pátio. Já na Empresa A o processo de cura das PCP é realizado em câmaras úmidas a vapor, embora somente em algumas situações, e na Empresa B é realizado em câmaras úmidas. Essa etapa é extremamente importante para a qualidade das peças que serão entregues ao consumidor.

Sobre a existência de um registro de produção diário, aspecto extremamente importante para que a empresa tenha mais conhecimento e saiba quais fatores que podem influenciar no processo produtivo das PCP, somente a Empresa C não realiza o registro de sua produção

A fim de destacar as diferenças entre as empresas, elaborou-se o Quadro 1, apresentado a seguir.

Quadro 1 – Pontos importantes em relação ao processo produtivo das empresas visitadas

Tópicos		Empresa A	Empresa B	Empresa C
Matéria prima	Recebimento	Somente inspeção visual	Somente inspeção visual	Somente inspeção visual
	Armazenamento dos agregados	Agregado miúdo em baía parcialmente coberta	Em baias totalmente descobertas	Em baias parcialmente cobertas
Produção	Método de proporcionamento	Massa; Central dosadora de concreto	Massa; Central dosadora de concreto	Volume; Enchimento de recipientes padrão sem precisão
	Controle de umidade	Não há controle de umidade; Mistura depende do responsável	Controle parcial de umidade; Mistura depende do responsável	Não há controle de umidade; Mistura depende do responsável
	Equipamento de vibro compressão	PWR 3500 20 peças / ciclo	PWR 2000 12 peças / ciclo	STORRER VPMS 1 16 peças / ciclo
	Manutenção	Realizada por funcionários da própria empresa e da PWR	Realizada por funcionários da própria empresa e da PWR	Realizada pelo encarregado da produção
	Responsável pela produção	Não tem treinamento específico; 3 anos na empresa	Possui curso com profissional da área; sem experiência anterior	Curso superior em Engenharia Civil; Pós-Graduação
	Cura	Câmara úmida e com sistema a vapor (quando necessário); 24 horas	Câmara úmida; 24 horas	É feita somente quando constatada a necessidade
	Armazenamento	Palete contendo informações sobre as peças	Palete contendo informações sobre as peças	Palete; Não há identificação das peças
Controle de qualidade	Ensaio NBR 9781:2013	Realizados pelo laboratório Concretus e Cientec	Realizados pelo laboratório da UCS com parceria do SEBRAE	Realizados pelo laboratório da UCS
	Registro de produção	Diário	Diário	Não é realizado

(fonte: elaborado pelo autor)

5.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS CONFORME NBR 9781:2013

O laboratório escolhido para realizar os ensaios conforme NBR 9781:2013 foi a Concretus Pesquisa e Tecnologia de Materiais de Construção Ltda, localizado na cidade de Porto Alegre, com início de suas atividades em 17 de julho de 2009.

Após a coleta de cada amostra, as peças foram enviadas ao laboratório para à realização dos ensaios propostos. Os relatórios técnicos emitidos pela Concretus referente a amostra de cada

empresa se encontram nos Anexos A, B e C desse trabalho. A seguir são apresentadas as tabelas 8, 9 e 10 juntamente com o quadro 2 contendo o resumo dos resultados:

Tabela 8 – Resultado dos ensaios Empresa A

Corpo de prova	Ensaio Dimensional				Ensaio de resistência à compressão				Ensaio de absorção de água	
	Dimensões			IF (c/e)	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão individual (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Resistência à compressão característica f_{pk} (MPa)	Absorção individual (%)	Absorção média (%)
	e	l	c							
C-2594	51,8	151,9	201,7	3,9	218198,0	35,4	3,1	27,9	-	-
C-2595	53,0	152,0	201,0	3,8	175244,8	28,5			-	-
C-2596	50,0	149,0	199,0	4,0	185443,8	30,0			-	-
C-2597	53,0	149,0	199,0	3,8	206528,0	33,7			-	-
C-2598	53,0	149,0	199,0	3,8	181030,8	29,5			-	-
C-2599	53,7	148,7	200,0	3,7	169360,8	27,7			-	-
C-2600	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1	5,7
C-2601	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7	
C-2602	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 9 – Resultado dos ensaios Empresa B

Corpo de prova	Ensaio Dimensional				Ensaio de resistência à compressão				Ensaio de absorção de água	
	Dimensões			IF (c/e)	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão individual (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Resistência à compressão característica f_{pk} (MPa)	Absorção individual (%)	Absorção média (%)
	e	l	c							
C-2603	76,6	105,3	243,0	3,2	194563,9	33,7	3,5	30,3	-	-
C-2604	77,8	105,5	244,7	3,1	160338,7	27,8			-	-
C-2605	76,7	105,7	244,7	3,2	184953,4	32,0			-	-
C-2606	75,5	105,7	244,5	3,2	216530,8	37,4			-	-
C-2607	78,6	105,0	244,1	3,1	188778,0	32,9			-	-
C-2608	77,7	105,5	244,7	3,1	213294,6	37,0			-	-
C-2609	-	-	-	-	-	-	-	-	8,1	7,0
C-2610	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	
C-2611	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 10 – Resultado dos ensaios Empresa C

Corpo de prova	Ensaio Dimensional				Ensaio de resistência à compressão				Ensaio de absorção de água	
	Dimensões			IF (c/e)	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão individual (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Resistência à compressão característica f _{pk} (MPa)	Absorção individual (%)	Absorção média (%)
	e	l	c							
C-2612	84,8	111,4	246,6	2,9	188189,6	33,3	2,8	32,3	-	-
C-2613	82,3	110,1	246,0	3,0	2138883,0	37,5			-	-
C-2614	84,4	111,1	247,9	2,9	212608,2	37,5			-	-
C-2615	84,4	109,3	248,2	2,9	199663,4	35,3			-	-
C-2616	83,3	111,9	245,5	2,9	204526,7	35,5			-	-
C-2617	85,4	105,5	244,6	2,9	169753,1	30,0			-	-
C-2618	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,6
C-2619	-	-	-	-	-	-	-	-	7,8	
C-2620	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7	

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 2 – Resumo dos resultados dos ensaios

Ensaio NBR9781:2013	Amostra Empresa A	Amostra Empresa B	Amostra Empresa C
Inspeção Visual	Em conformidade com as especificações	Em conformidade com as especificações	Em conformidade com as especificações
Avaliação Dimensional	Não foi possível avaliar, devido a espessura inferior ao mínimo especificado no item 5.2 da NBR9781:2013	Não está em conformidade com as especificações dimensionais	Não está em conformidade com as especificações dimensionais
Absorção de Água	Em conformidade com as especificações de absorção de água	Não está em conformidade com as especificações de absorção de água	Não está em conformidade com as especificações de absorção de água
Resistência à Compressão	Não atende as especificações de resistência à compressão para PCP da classe 35 MPa	Não atende as especificações de resistência à compressão para PCP da classe 35 MPa	Não atende as especificações de resistência à compressão para PCP da classe 35 MPa

(fonte: elaborado pelo autor)

Referente à inspeção visual das amostras, todas estão em conformidade com as especificações, não havendo defeitos que poderiam prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural e até mesmo a estética do pavimento intertravado.

Na avaliação dimensional, somente as Empresas B e C foram avaliadas, pois a amostra da Empresa A era formada por peças com espessura igual a 50 mm, não atendendo o item 5.2 da NBR 9781:2013. Após esse ensaio, chegou-se à conclusão que nenhuma das duas amostras está em conformidade com as especificações dimensionais. Os resultados da Empresa C mostram

que a mesma produz PCP com dimensões superiores ao exigido pela referida norma, visto que ultrapassam os limites de 3 mm no comprimento e largura, chegando também a atingir valores próximos a 85 mm de espessura, 5 mm a mais do que o necessário. Já na Empresa B o único problema em relação a avaliação dimensional se dá na espessura das peças, atingindo valores inferiores ao especificado, como por exemplo, 3 peças abaixo de 77 mm. A ocorrência de problemas nas dimensões das peças se dá provavelmente pelo estado das formas utilizadas nos equipamentos de vibro compressão, visto que foi relatada pelo representante da Empresa C a necessidade de troca das mesmas há bastante tempo.

Em relação aos resultados dos ensaios de absorção de água, houve problemas nas Empresas B e C em uma das três peças analisadas, pois conforme item 5.5 da NBR9781:2013, nenhum valor individual superior a 7% seria admitido.

No ensaio de resistência à compressão, nenhuma das três empresas participantes obteve resultado satisfatório para PCP de classe 35 MPa, sendo que os valores de resistência à compressão característica das Empresas A, B e C obtidos foram 27,9 MPa, 30,3 MPa e 32,3 MPa, respectivamente. Um ponto importante a ser observado são os valores de desvio padrão obtidos nesse ensaio, indicando que há variação de resistência nas peças de concreto para pavimentação produzidas por essas empresas, com destaque negativo para a Empresa B. Nota-se que a resistência à compressão é um ponto crítico e deve ser revisto por todos os fabricantes de PCP.

5.3 COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE AS ENTREVISTAS

No término de cada entrevista, questionou-se ao representante da empresa sobre temas relacionados à qualidade das peças de concreto para pavimentação, normas técnicas, entidades regulamentadoras entre outros. Também foi questionado sobre o próprio produto da empresa e sobre a validade de se obter selos de qualidade.

Verificou-se que todos os participantes têm conhecimento sobre a NBR9781:2013 e alguns já participaram de eventos e palestras ministradas por instituições ligadas ao setor, como por exemplo, Bloco Brasil e ABCP. A preocupação por adquirir conhecimento e atualizar-se é extremamente importante, pois impacta positivamente no processo produtivo da empresa, apesar disso, nenhuma das empresas participantes tem o selo de qualidade da ABCP. Foi

questionado se havia interesse das empresas em obter esse selo, entretanto mesmo os responsáveis afirmando que seria muito positivo, não era prioridade de empresa naquele momento.

Constatou-se que todas as empresas já enfrentaram problemas relacionados à qualidade das suas PCP, geralmente no início de sua atividade. A grande preocupação de todos entrevistados se dá em relação a empresas que produzem peças com péssima qualidade e vendem ao mercado, afetando a reputação desse tipo de pavimento. Foi relatado que muitos clientes comentam que o uso de PCP para pavimentação não é adequado, pois já enfrentaram problemas quanto a qualidades das peças.

Ao serem questionados sobre o que acham de seu próprio produto, a Empresa A relatou que se considera inovadora e suas PCP possuem boa qualidade, a Empresa B comentou que seu produto é qualificado mas tem consciência que pode melhorar, estando sempre aberta a opiniões, e pôr fim a Empresa C afirmou que considera seu produto muito bom.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme relatado no capítulo 2, este trabalho teve como objetivo de pesquisa a realização de uma análise da qualidade de peças de concreto para pavimentação produzidas nas empresas analisadas na região do município de Bento Gonçalves. Para tal, foi necessário realizar visitas a cada uma das empresas participantes, analisando seu processo de produção e comparando o produto final com os requisitos exigidos pela NBR 9781:2013.

A realização do trabalho mostra que o processo produtivo das empresas está em parte de acordo com as práticas descritas na bibliografia especializada. Destaca-se que a falta de base teórica por parte de algumas dessas empresas reflete diretamente na qualidade das peças que estão sendo entregues ao mercado. Nota-se ainda que a produção das PCP depende quase que exclusivamente do trabalho de profissionais sem treinamento específico na área, como é o caso dos responsáveis pela produção, mas que contam com vasta experiência profissional.

Além disso, a falta de inspeção em determinadas etapas da produção das PCP acaba afetando diretamente a qualidade final do produto. É importante destacar que nenhuma das empresas analisadas realiza o controle da granulometria dos agregados, aspecto que é extremamente importante e conta com diversos estudos para sua aplicação.

Ao realizar os ensaios exigidos pela NBR 9781:2013, constatou-se que nenhuma das três empresas produziram PCP com resistência característica à compressão igual ou superior a 35 MPa. Entretanto, é válido comentar que peças com essa resistência podem ser suficientes para usos menos agressivos, como por exemplo pavimentação de locais como calçadas, pátios residenciais e lugares onde não há carga excessiva.

Sendo assim, a resposta para questão de pesquisa desse trabalho se dá negativamente, ou seja, as peças que estão sendo produzidas pelas empresas analisadas na região do município de Bento Gonçalves não estão de acordo com as especificações da norma brasileira, nas questões referentes à resistência característica à compressão, dimensões e absorção de água.

REFERÊNCIAS

ALBERO A. J. L. A operação de Prensagem: Considerações técnicas e sua aplicação industrial – Parte I: O preenchimento das cavidades do molde. *Cerâmica Industrial*. São Carlos, v. 5, n. 1, p. 23-28. set./out. 2000.

ALBERO A. J. L. A operação de Prensagem: Considerações técnicas e sua aplicação industrial – Parte III: Variáveis do processo de compactação. *Cerâmica Industrial*. São Carlos, v. 6, n. 1, p. 15-23. mai./jun. 2001.

Associação Brasileira de Cimento Portland. Manual do Pavimento Intertravado: Passeio Público. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 36p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: execução de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: aditivos químicos para concreto de cimento Portland - requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1**: água para amassamento do concreto Parte 1: requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

CORRÊA, R. R. **Proposta de metodologia de controle de qualidade de peças de concreto para pavimentação**. 2013. 307 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CRUZ, L. O. M. **Pavimento intertravado de concreto**: estudos dos elementos e métodos de dimensionamento. 2003. 281 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

FIORITTI, C. F; AKASAKI, J. L; INO, A. **Fabricação de pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de recauchutagem de pneus**. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído: ENTAC, 2006. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_4109_4117.pdf>. Acessado em: 01 de maio. 2016.

FRASSON JUNIOR, A. **Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MARCHIONI, M. L. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MALTA, Y. G. C. **Avaliação das propriedades de peças de concreto para pavimentação utilizadas nas vias de passeio das obras do anel viário de Curitiba.** 2013. 54 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** 1993. 24 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedade e materiais.** São Paulo: PINI, 1994. 574 p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J.J. **Concrete Technology.** 2 ed. London: Longman Scientific & Technical, 2010.441 p.

OLIVEIRA, A.L. **Contribuição para a dosagem e produção de peças de concreto para pavimentação.** 2004. 296 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PAGNUSSAT, D.T. **Utilização da escória granulada de fundição (EGF) em blocos de concreto para pavimentação.** 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PIROLA F. C. **Contribuição para o estudo de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação de 50 MPa.** 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

RODRIGUES, Púlio Penna Firme. **Fabricação de blocos pré-moldados de concreto para pavimentação – Prática recomendada.** 2ª ed. São Paulo, ABCP, 1995, 20 p.

PIRES SOBRINHO, C. W. A; ARAUJO, G. P; MARQUES, L; LIMA, M. T. A; SOUSA, R. V. R. **Blocos de concreto: característica do processo de produção na região do Recife.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: ENEGEP, 2008. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes>>. Acessado em: 01 maio. 2016.

TANGO, C. E.S. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais.** 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Florianopolis, Brazil, Aug. 21-24, 1994, p.21-30.

APÊNDICE A – Questionário

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL



QUESTIONÁRIO | Análise da Qualidade das Peças de Concreto para Pavimentação

Empresa	Cidade
Supervisor	Cargo

1. Caracterização da Empresa

1.1	Atuante no mercado desde:
1.2	Quais os produtos fabricados pela empresa?
1.3	Produção mensal de PCP:
1.4	Tipos de PCP e resistências à compressão:
1.5	Consumidor principal:
1.6	Número total de funcionários:
1.7	Número de funcionários envolvidos na produção das PCP:
1.8	Descrição do layout da empresa:

2. Produção

2.1 Materiais: Cimento

2.1.1	Seleção de fornecedores leva em conta qualidade?
2.1.2	Qual o tipo de cimento utilizado?
2.1.3	Por que foi escolhido esse tipo?
2.1.4	É mantido constante?
2.1.5	Granel ou saco?
2.1.6	Qual o consumo na produção de PCP?

2.2 Materiais: Agregados

2.2.1	Seleção de fornecedores leva em conta qualidade?
2.2.2	Que tipo de agregado graúdo é utilizado?
2.2.3	Qual tipo de agregado miúdo é utilizado?
2.2.4	Qual o consumo na produção de PCP? Consumo mensal?
2.2.5	A granulometria é controlada? É especificada?
2.2.5	Existe controle de qualidade / controle de recebimento?

2.3 Materiais: Aditivos

2.3.1 Seleção de fornecedores leva em conta qualidade?

2.3.2 Algum aditivo é utilizado? Qual?

2.3.3 Qual a finalidade?

2.3.4 Adições minerais são utilizadas? Qual?

2.3.5 Qual a finalidade?

2.3.6 Qual o consumo na produção de PCP?

2.4 Materiais: Armazenamento

2.4.1 Breve descrição:

2.4.2 Layout:

2.5 Traço

2.5.1 Responsável pelo traço:

2.5.2 Algum método específico de dosagem é utilizado?

2.5.3 Há quanto tempo esse traço é utilizado?

2.5.4 O traço recebe ajustes quando necessário?

2.5.5 Como se verifica se é necessário esse ajuste?

2.5.6 Dosagem em massa ou volume?

2.5.7 Existe controle de água?

2.5.8 Existe controle de trabalhabilidade?

2.5.9 Existe registro de produção?

3. Fabricação

3.1 Equipamento vibro-prensa

3.1.1 Marca / Modelo / Ano:

3.1.2 O equipamento é original ou foram feitas modificações?

3.1.3 A manutenção é realizada? Qual a periodicidade? Quem faz?

3.1.4 Qual a capacidade? Peças / ciclo:

2.1.5 Descrição fluxo:

3.2 Processo de cura

3.2.1 É realizada a cura das peças?

3.2.2 Existe controle de qualidade?

3.2.3 Descrição do processo de cura:

3.3 Controle de qualidade (conforme NBR 9781)

3.3.1 São realizados ensaios? Quais?

3.3.2 Quem faz?

3.3.3 Quais os critérios de amostragem?

3.4 Consumidor

3.4.1 Como é realizada a venda?

3.4.2 A empresa realizada a entrega?

3.4.3 Custo / peça?

3.4.4 Satisfação dos clientes:

3.4.5 Critérios de amostragem:

2.4.6 Existe feedback dos consumidores?

4. Informações gerais

4.1 Norma e responsabilidade

4.1.1 Conhece a NBR 9781:2013?

4.1.2 Conhece o código do consumidor?

4.1.3 Já teve problemas com o consumidor?

4.1.4 Quem é o responsável pela produção?

4.1.5 Qual a experiência na área? Quanto tempo?

4.1.6 O responsável possui algum treinamento?

4.2 Opinião

4.2.1 O que acha sobre o produto da empresa?

4.2.2 Seria essencial para o mercado produzir peças com controle de qualidade?

4.2.3 Acredita que seja válido para sua empresa?

4.2.4 Conhece o selo de qualidade ABCP?

4.2.5 Investiria, se necessário, para obtê-lo?

4.2.6 Conhece a associação Bloco Brasil?

ANEXO A – Ensaio Empresa A



Porto Alegre, 19 de outubro de 2016.

À
ALEX IVAN COPAT
A/C.: Alex

RELATÓRIO DE ENSAIO
CARACTERIZAÇÃO DIMENSIONAL E DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Relatório: LT 2016/0481

Material ensaiado: 1 lote de 6 peças de concreto para pavimentação, identificados como

Objetivo: O ensaio visa a avaliação dimensional, e a determinação da resistência à compressão de peças de concreto.

Amostragem realizada por: Cliente.

Método(s): ABNT NBR 9781:2013 – Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio.

RESULTADOS

Tabela 1 – Avaliação dimensional

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de Ensaio	Dimensões (mm)			IF (c/e)
			e ¹	l ²	c ³	
C-2594		10/10/2016	51,8	151,9	201,7	3,9
C-2595			53,0	152,0	201,0	3,8
C-2596			50,0	149,0	199,0	4,0
C-2597			53,0	149,0	199,0	3,8
C-2598			53,0	149,0	199,0	3,8
C-2599			53,7	148,7	200,2	3,7

¹espessura; ² largura; ³ comprimento; * Resultados fora das especificações conforme notas abaixo.
Nota:
1. De acordo com o item 5.2 da ABNT NBR 9781/13, as peças de concreto devem apresentar medida nominal do comprimento de no máximo 250 mm, medida real da largura de no mínimo 97 mm na área da peça destinada à aplicação de carga, medida nominal da espessura de no mínimo 60 mm; especificada em múltiplos de 20 mm.
2. Conforme o item 5.2 da ABNT NBR 9781/13 as tolerâncias de comprimento, largura e espessura permitidas são de ±3 mm.
3. O índice de forma (IF) deve ser menor ou igual a 4.

- REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) -

CONCRETUS PESQUISA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
Rua Ângelo Dourado, 345 - SL 2 – Anchieta – CEP: 90200-060 – Porto Alegre / RS - BRASIL
Telefone.: (51) 3371-2267. E-mail: suporte@concretus.com.br

LT-2016/0481

FG 030 / Rev.: 01

1/3



Tabela 2 – Determinação da absorção de água

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de início dos ensaios	Data do fim dos ensaios	Absorção individual (%)	Absorção média (%)
C-2600		14/10/2016	16/10/2015	5,1	5,7
C-2601				5,7	
C-2602				6,2	
<p>Nota: De acordo com o item 5.5 da ABNT NBR 9781/13, as peças de concreto devem apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7 %.</p>					

Tabela 3 – Determinação da resistência à compressão

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de fabricação	Idade (dias)	Data do Ensaio	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão individual (MPa)	Resistência à compressão característica f_{pk} (MPa)
C-2594		06/09/2016	38	14/10/2016	218198,0	35,4	27,9
C-2595					175244,8	28,5	
C-2596					185443,8	30,0	
C-2597					206528,0	33,7	
C-2598					181030,8	29,5	
C-2599					169360,8	27,7	
<p>Área de carregamento (S) = 5728 mm² Desvio padrão (s) = 3,1 MPa</p> <p>Nota: De acordo com o item 5.4 da ABNT NBR 9781/13, a resistência característica à compressão deve ser ≥ 35 MPa aos 28 dias para tráfego de pedestre, veículos leves e veículos comerciais de linha.</p>							

CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA ENSAIADA

Classe de resistência = **35 MPa**

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –



CONDIÇÕES DO ENSAIO

Capecamento: Argamassa

Equipamento: Máquina de ensaio de compressão elétrica digital; marca Solotest, modelo: PCE - 100 D, NS: 4299 – N/C: 0-100.000kgf – Capacidade: 100.000kgf. Certificado de calibração: 41473-16; RBC: 0485; Classe 0,5.

Paquímetro analógico, marca Digimess, escala de calibração 0 – 500mm, resolução 0,02mm, certificado de calibração 06878-2015.

OBSERVAÇÕES FINAIS

- AS PEÇAS DE CONCRETO NÃO APRESENTAM DEFEITOS QUE POSSAM PREJUDICAR O ASSENTAMENTO, O DESEMPENHO ESTRUTURAL OU A ESTÉTICA DO PAVIMENTO. A INSPEÇÃO VISUAL PERMITIU VERIFICAR QUE A AMOSTRA ANALISADA ESTÁ EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES.
- NÃO FOI POSSÍVEL AVALIAR O ATENDIMENTO AS ESPECIFICAÇÕES DIMENSIONAIS, EM FUNÇÃO DO MODELO AVALIADO TER ESPESURA MENOR DO QUE O MÍNIMO ESPECIFICADO NO ITEM 5.2 DA NBR 9781:2013.
- OS ENSAIOS REALIZADOS PERMITIRAM VERIFICAR QUE AS AMOSTRAS ANALISADAS ESTÃO EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES DE ABSORÇÃO.
- A AMOSTRA NÃO ATENDE À ESPECIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO DA CLASSE 35 MPa, CONFORME DECLARADO PELO INTERESSADO.
- OS RESULTADOS REFEREM-SE SOMENTE AO(S) ITEM(NS) ENSAIADO(S).
- OS RESULTADOS AQUI APRESENTADOS NÃO PODEM SER UTILIZADOS INDISCRIMINADAMENTE E SÃO VÁLIDOS SOMENTE NO ÂMBITO DESTES DOCUMENTOS, SENDO VEDADA SUA REPRODUÇÃO PARCIAL. A GENERALIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA QUALQUER LOTE/UNIVERSO SERÁ DE RESPONSABILIDADE DO CLIENTE.

Cordialmente,

Eng. Civil Fábio André Vecili
Responsável Técnico – CREA/RS: 100089

ANEXO B – Ensaios Empresa B



Porto Alegre, 19 de outubro de 2016.

À
ALEX IVAN COPAT
A/C.: Alex

RELATÓRIO DE ENSAIO
CARACTERIZAÇÃO DIMENSIONAL E DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Relatório: LT 2016/0482

Material ensaiado: 1 lote de 6 peças de concreto para pavimentação, identificados como '

Objetivo: O ensaio visa a avaliação dimensional, e a determinação da resistência à compressão de peças de concreto.

Amostragem realizada por: Cliente.

Método(s): ABNT NBR 9781:2013 – Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio.

RESULTADOS

Tabela 1 – Avaliação dimensional

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de Ensaio	Dimensões (mm)			IF (c/e)
			e ¹	l ²	c ³	
C-2603		10/10/2016	76,6*	105,3	243,0	3,2
C-2604			77,8	105,5	244,7	3,1
C-2605			76,7*	105,7	244,7	3,2
C-2606			75,5*	105,7	244,5	3,2
C-2607			78,6	105,0	244,1	3,1
C-2608			77,7	105,5	244,7	3,1

¹espessura; ² largura; ³ comprimento; * Resultados fora das especificações conforme notas abaixo.
Nota:
1. De acordo com o item 5.2 da ABNT NBR 9781/13, as peças de concreto devem apresentar medida nominal do comprimento de no máximo 250 mm, medida real da largura de no mínimo 97 mm na área da peça destinada à aplicação de carga, medida nominal da espessura de no mínimo 60 mm; especificada em múltiplos de 20 mm.
2. Conforme o item 5.2 da ABNT NBR 9781/13 as tolerâncias de comprimento, largura e espessura permitidas são de ± 3 mm.
3. O índice de forma (IF) deve ser menor ou igual a 4.

- REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) -

CONCRETUS PESQUISA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
Rua Ângelo Dourado, 345 - SL 2 – Anchieta – CEP: 90200-060 – Porto Alegre / RS - BRASIL
Telefone.: (51) 3371-2267. E-mail: suporte@concretus.com.br

LT-2016/0482

FG 030 / Rev.: 01

1/3

Tabela 2 – Determinação da absorção de água

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de início dos ensaios	Data do fim dos ensaios	Absorção individual (%)	Absorção média (%)
C-2609		14/10/2016	16/10/2015	8,1	7,0
C-2610				6,2	
C-2611				6,8	
<p>Nota: De acordo com o item 5.5 da ABNT NBR 9781/13, as peças de concreto devem apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7 %.</p>					

Tabela 3 – Determinação da resistência à compressão

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de fabricação	Idade (dias)	Data do Ensaio	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão individual (MPa)	Resistência à compressão característica f_{pk} (MPa)
C-2603		28/08/2016	47	14/10/2016	194563,9	33,7	30,3
C-2604					160338,7	27,8	
C-2605					184953,4	32,0	
C-2606					216530,8	37,4	
C-2607					188778,0	32,9	
C-2608					213294,6	37,0	
<p>Área de carregamento (S) = 5728 mm² Desvio padrão (s) = 3,5 MPa</p> <p>Nota: De acordo com o item 5.4 da ABNT NBR 9781/13, a resistência característica à compressão deve ser ≥ 35 MPa aos 28 dias para tráfego de pedestre, veículos leves e veículos comerciais de linha.</p>							

CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA ENSAIADA

Tipo da peça = **TIPO I, conforme Figura 1**

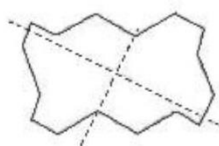


Figura 1 – Modelo da peça de concreto para pavimentação ensaiada.

Altura nominal da peça = **80 mm**

Largura nominal da peça = **106 mm**

Comprimento nominal da peça = **244 mm**

Classe de resistência = **35 MPa**

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –



CONDIÇÕES DO ENSAIO

Capeamento: Argamassa

Equipamento: Máquina de ensaio de compressão elétrica digital; marca Solotest, modelo: PCE - 100 D, NS: 4299 – N/C: 0-100.000kgf – Capacidade: 100.000kgf. Certificado de calibração: 41473-16; RBC: 0485; Classe 0,5.

Paquímetro analógico, marca Digimess, escala de calibração 0 – 500mm, resolução 0,02mm, certificado de calibração 06878-2015.

OBSERVAÇÕES FINAIS

- AS PEÇAS DE CONCRETO NÃO APRESENTAM DEFEITOS QUE POSSAM PREJUDICAR O ASSENTAMENTO, O DESEMPENHO ESTRUTURAL OU A ESTÉTICA DO PAVIMENTO. A INSPEÇÃO VISUAL PERMITIU VERIFICAR QUE A AMOSTRA ANALISADA ESTÁ EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES.
- OS ENSAIOS REALIZADOS PERMITIRAM VERIFICAR QUE AS AMOSTRAS ANALISADAS NÃO ESTÃO EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES DIMENSIONAIS.
- OS ENSAIOS REALIZADOS PERMITIRAM VERIFICAR QUE AS AMOSTRAS ANALISADAS NÃO ESTÃO EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES DE ABSORÇÃO.
- A AMOSTRA NÃO ATENDE ÀS ESPECIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO DA CLASSE 35 MPa, CONFORME DECLARADO PELO INTERESSADO.
- OS RESULTADOS REFEREM-SE SOMENTE AO(S) ITEM(NS) ENSAIADO(S).
- OS RESULTADOS AQUI APRESENTADOS NÃO PODEM SER UTILIZADOS INDISCRIMINADAMENTE E SÃO VÁLIDOS SOMENTE NO ÂMBITO DESTES DOCUMENTOS, SENDO VEDADA SUA REPRODUÇÃO PARCIAL. A GENERALIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA QUALQUER LOTE/UNIVERSO SERÁ DE RESPONSABILIDADE DO CLIENTE.

Cordialmente,

Eng. Civil Fábio André Viecili
Responsável Técnico – CREA/RS: 100089

ANEXO C – Ensaio Empresa C



Porto Alegre, 19 de outubro de 2016.

À
ALEX IVAN COPAT
A/C.: Alex

RELATÓRIO DE ENSAIO
CARACTERIZAÇÃO DIMENSIONAL E DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Relatório: LT 2016/0483

Material ensaiado: 1 lote de 6 peças de concreto para pavimentação, identificados como

Objetivo: O ensaio visa a avaliação dimensional, e a determinação da resistência à compressão de peças de concreto.

Amostragem realizada por: Cliente.

Método(s): ABNT NBR 9781:2013 – Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio.

RESULTADOS

Tabela 1 – Avaliação dimensional

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de Ensaio	Dimensões (mm)			IF (c/e)
			e ¹	l ²	c ³	
C-2612		10/10/2016	84,8*	111,4*	246,6	2,9
C-2613			82,3	110,1*	246,0	3,0
C-2614			84,4*	111,1*	247,9*	2,9
C-2615			84,4*	109,3*	248,2*	2,9
C-2616			83,3*	111,9*	245,5	2,9
C-2617			85,4*	105,5	244,6	2,9

¹espessura; ² largura; ³ comprimento; * Resultados fora das especificações conforme notas abaixo.

Nota:

- De acordo com o item 5.2 da ABNT NBR 9781/13, as peças de concreto devem apresentar medida nominal do comprimento de no máximo 250 mm, medida real da largura de no mínimo 97 mm na área da peça destinada à aplicação de carga, medida nominal da espessura de no mínimo 60 mm; especificada em múltiplos de 20 mm.
- Conforme o item 5.2 da ABNT NBR 9781/13 as tolerâncias de comprimento, largura e espessura permitidas são de ± 3 mm.
- O índice de forma (IF) deve ser menor ou igual a 4.

- REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) -

CONCRETUS PESQUISA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
Rua Ângelo Dourado, 345 - SL 2 – Anchieta – CEP: 90200-060 – Porto Alegre / RS - BRASIL
Telefone.: (51) 3371-2267. E-mail: suporte@concretus.com.br

LT-2016/0483

FG 030 / Rev.: 01

1/3

Tabela 2 – Determinação da absorção de água

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de início dos ensaios	Data do fim dos ensaios	Absorção individual (%)	Absorção média (%)
C-2618		14/10/2016	16/10/2015	6,4	6,6
C-2619				7,8	
C-2620				5,7	

Nota: De acordo com o item 5.5 da ABNT NBR 9781/13, as peças de concreto devem apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7 %.

Tabela 3 – Determinação da resistência à compressão

Identificação Concretus	Identificação Cliente	Data de fabricação	Idade (dias)	Data do Ensaio	Carga de ruptura (N)	Resistência à compressão individual (MPa)	Resistência à compressão característica f_{pk} (MPa)
C-2612				14/10/2016	188189,6	33,3	32,3
C-2613					213883,0	37,5	
C-2614					212608,2	37,5	
C-2615					199663,4	35,3	
C-2616					201526,7	35,5	
C-2617					169753,1	30,0	

Área de carregamento (S) = **5728 mm²**
 Desvio padrão (s) = **2,8 MPa**

Nota: De acordo com o item 5.4 da ABNT NBR 9781/13, a resistência característica à compressão deve ser ≥ 35 MPa aos 28 dias para tráfego de pedestre, veículos leves e veículos comerciais de linha.

CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA ENSAIADA

Tipo da peça = **TIPO I, conforme Figura 1**

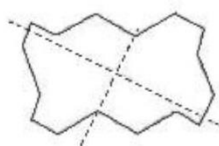


Figura 1 – Modelo da peça de concreto para pavimentação ensaiada.

Altura nominal da peça = **80 mm**

Largura nominal da peça = **106 mm**

Comprimento nominal da peça = **244 mm**

Classe de resistência = **35 MPa**

– REPRODUÇÃO PROIBIDA (Vide Observações Finais) –



CONDIÇÕES DO ENSAIO

Capecamento: Argamassa

Equipamento: Máquina de ensaio de compressão elétrica digital; marca Solotest, modelo: PCE - 100 D, NS: 4299 – N/C: 0-100.000kgf – Capacidade: 100.000kgf. Certificado de calibração: 41473-16; RBC: 0485; Classe 0,5.

Paquímetro analógico, marca Digimess, escala de calibração 0 – 500mm, resolução 0,02mm, certificado de calibração 06878-2015.

OBSERVAÇÕES FINAIS

- AS PEÇAS DE CONCRETO NÃO APRESENTAM DEFEITOS QUE POSSAM PREJUDICAR O ASSENTAMENTO, O DESEMPENHO ESTRUTURAL OU A ESTÉTICA DO PAVIMENTO. A INSPEÇÃO VISUAL PERMITIU VERIFICAR QUE A AMOSTRA ANALISADA ESTÁ EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES.
- OS ENSAIOS REALIZADOS PERMITIRAM VERIFICAR QUE AS AMOSTRAS ANALISADAS NÃO ESTÃO EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES DIMENSIONAIS.
- OS ENSAIOS REALIZADOS PERMITIRAM VERIFICAR QUE AS AMOSTRAS ANALISADAS NÃO ESTÃO EM CONFORMIDADE COM AS ESPECIFICAÇÕES DE ABSORÇÃO.
- A AMOSTRA NÃO ATENDE ÀS ESPECIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO DA CLASSE 35 MPa, CONFORME DECLARADO PELO INTERESSADO.
- OS RESULTADOS REFEREM-SE SOMENTE AO(S) ITEM(NS) ENSAIADO(S).
- OS RESULTADOS AQUI APRESENTADOS NÃO PODEM SER UTILIZADOS INDISCRIMINADAMENTE E SÃO VÁLIDOS SOMENTE NO ÂMBITO DESTES DOCUMENTOS, SENDO VEDADA SUA REPRODUÇÃO PARCIAL. A GENERALIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA QUALQUER LOTE/UNIVERSO SERÁ DE RESPONSABILIDADE DO CLIENTE.

Cordialmente,

Eng. Civil Fábio André Viecili
Responsável Técnico – CREA/RS: 100089