

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**PROCESSO PRODUTIVO EM UMA  
INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE CONCRETO**

**FILIPE DE CASTRO CLEMENTINO  
GUILHERME REZENDE BARROS  
PEDRO GUILHERME DIAS E SANTOS**

**GOIÂNIA  
2014**

Filipe de Castro Clementino  
Guilherme Rezende Barros  
Pedro Guilherme Dias e Santos

# **PROCESSO PRODUTIVO EM UMA INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE CONCRETO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal de Goiás para obtenção do título de Engenheiro Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Enio Pazini Figueiredo.

**GOIÂNIA**

**2014**

**Filipe de Castro Clementino  
Guilherme Rezende Barros  
Pedro Guilherme Dias e Santos**

**Processo produtivo em uma indústria de artefatos de concreto**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade

Federal de Goiás para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Enio Pazini Figueiredo.

Aprovada em \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_.

---

Prof. Dr. Enio Pazini Figueiredo

Universidade Federal de Goiás

---

Examinador Dr. Edgar Bacarji

Universidade Federal de Goiás

---

Examinador Eng. Gilberto Pimenta

Representante da Indústria Estudada

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

---

Orientador

Em: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

## RESUMO

Nos últimos anos a utilização dos artefatos de concreto vem crescendo de uma forma muito rápida. Isso estimulou o surgimento de várias indústrias de forma muito rápida. No entanto isso não refletiu na qualidade dos produtos oferecidos. Daí surge o desafio de descrever as rotinas de uma indústria e identificar os seus pontos fortes e fracos. O presente estudo tem como objetivo identificar e descrever as rotinas do processo produtivo em uma indústria de artefatos de concreto. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental acerca do tema e um estudo de caso em uma indústria localizada em Goiânia, Goiás. Com o intuito de servir de base teórica foram pesquisados o concreto e seus materiais constituintes, as características e processos produtivos dos artefatos de concreto, dando ênfase ao pavimento intertravado (*paver*), e aos blocos. Também foram estudadas as normas aplicáveis ao tema. A metodologia adotada consistiu na coleta de dados por meio do acompanhamento das rotinas adotadas na referida indústria, levantamento fotográfico, estudo dos equipamentos utilizados, entrevistas e análise de documentos da empresa. Os estudos resultaram na elaboração de um *layout* com a divisão dos setores dentro da indústria, e um fluxograma das etapas do processo produtivo, bem como a descrição detalhada das etapas, desde o recebimento dos insumos até a estocagem em *pallets* para expedição. Com base no referencial teórico adquirido foi possível sugerir melhorias nas rotinas da indústria, como por exemplo, nos procedimentos de cura.

**Palavras chave:** Artefatos de concreto. Processo produtivo em uma indústria. Pré moldados de concreto. Fluxograma. *Layout*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Silo para Armazenamento de Cimento (www.bekengenharia.com.br).....	19
Figura 2- Faixas Granulométricas para Blocos e Pavers (FERNANDES, 2013). .....	23
Figura 3 - Inchamento do agregado miúdo (BAUER, 2001). .....	23
Figura 4 - Seção Transversal típica do pavimento intertravado (BITTENCOURT, 2012). .....	37
Figura 5 - Arranjo de assentamento: a) espinha-de-peixe; b) fileira e c) trama (FIOROTTI, 2007 apud Franco, 2011). .....	37
Figura 6 - Alguns modelos de pavers (FERNANDES, 2013). .....	38
Figura 7 - Ensaio de resistência à compressão (SIEMENSKOSKI, 2010). ....	40
Figura 8 - Forma de plástico utilizada no processo dormido (PEC FORMAS, 2013).42	42
Figura 9 - Mesa Vibratória (PEC FORMAS, 2013). .....	42
Figura 10 - Bloco vazado de concreto (Fonte: ABNT, 2014). ....	44
Figura 11 - Coordenação modular (CAMACHO, 2006). .....	45
Figura 12 - Vibrocompressão do concreto (LIMA; IWAKIRI, 2011).....	50
Figura 13 - Setores Funcionais.....	56
Figura 14 - Baias de agregados. ....	56
Figura 15 - Silo para cimento à granel. ....	57
Figura 16 - Reservatório de água metálico. ....	57
Figura 17 - Setor de Produção.....	58
Figura 18 - Usina Dosadora. ....	58
Figura 19 - Agregados em usina dosadora. ....	59

Figura 20 - Vibroprensa.....	59
Figura 21 - Central de Comando.....	60
Figura 22 – Setor de Cura.....	61
Figura 23 - Setor de Estocagem.....	61
Figura 24 - Fluxos Externos do processo produtivos.....	62
Figura 25 - Fluxograma das etapas do Processo Produtivo de Artefatos de Concreto.	63
Figura 26 – Detalhe da areia natural.....	67
Figura 27 - Recebimento de cimento: lacre de segurança.....	68
Figura 28 - Recebimento de cimento: descarga.....	68
Figura 29 - Reservatório de aditivo.....	69
Figura 30 - Reservatórios de aditivo diluído.....	70
Figura 31 - Corante vermelho óxido de ferro.....	70
Figura 32 - Computador e balanças.....	72
Figura 33 - Quadro de comando.....	73
Figura 34 - Rampa de acesso aos silos da central dosadora.....	73
Figura 35 - Silos sobre a esteira/balança.....	74
Figura 36 - Célula de carga sob a esteira.....	74
Figura 37 - Dosagem da areia - abertura do silo.....	75
Figura 38 - Visores das balanças da usina dosadora.....	75
Figura 39 - Descarga dos agregados no skip.....	76
Figura 40 - Subida do skip até o misturador.....	76

Figura 41 - Ligação do silo de cimento à rosca helicoidal.....	77
Figura 42 - Balança de cimento. ....	78
Figura 43 - Balança de água.....	79
Figura 44 - Balança de cimento. ....	80
Figura 45 - Misturador. ....	80
Figura 46 - Vibroprensa e seus componentes. ....	81
Figura 47 - Preenchimento da gaveta alimentadora. ....	82
Figura 48 - Alimentação do estoque de bandejas.....	82
Figura 49 - Gaveta preenchendo a forma de pavers de 6 cm. ....	83
Figura 50 - Fôrma superior de unistein sobre bandeja de madeira e forma inferior....	83
Figura 51 - Fôrma inferior de blocos. ....	84
Figura 52 - Momento da vibrocompactação de pavers de 6 cm. ....	84
Figura 53 - Extrusão/desforma das peças.....	85
Figura 54 - Extrusão/desforma das peças.....	85
Figura 55 - Escova rotativa. ....	86
Figura 56 - Disco giratório e retirada das bandejas.....	86
Figura 57 - Câmara de cura (canaletas).....	87
Figura 58 – Aferição da altura com uso de paquímetro. ....	88
Figura 59 – Filme plástico <i>stretch</i> e detalhe para a retenção da umidade.....	90
Figura 60 - Pátio de estocagem com galpão ao fundo. ....	90
Figura 61 - Caminhão com <i>munck</i> , no pátio da indústria. ....	91



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cimentos Fabricados no Brasil - Tipos e composições (ABCP, 2013).....	17
Tabela 2 - Exigências para a classificação dos cimentos Portland (ABCP, 2003).....	18
Tabela 3 - Classificação dos agregados quanto ao tamanho das partículas (BAUER, 2001). .....	21
Tabela 4 - Classificação comercial das Britas (BAUER, 2001).....	21
Tabela 5 - Dimensões reais das famílias de bloco (ABNT, 2014).....	47
Tabela 6 - Tolerâncias dimensionais máximas de fabricação dos blocos de concreto (MARTINS, 2001).....	48
Tabela 7 - Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração (NBR 6136, ABNT, 2014).....	48
Tabela 8: Traços base.....	72
Tabela 9 - Resumo da paletização por tipo de artefato.....	89

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>CONCRETO</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>MATERIAIS CONSTITUINTES</b>	<b>16</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Cimento</b>	<b>16</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Agregados</b>	<b>20</b>
3.1.2.1	Ensaios	21
<b>3.1.3</b>	<b>Água</b>	<b>24</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Aditivos</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>PROCESSO DE PRODUÇÃO DO CONCRETO</b>	<b>25</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Seleção e caracterização dos materiais</b>	<b>25</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Dosagem</b>	<b>25</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Mistura</b>	<b>26</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Transporte</b>	<b>27</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Lançamento</b>	<b>27</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Adensamento</b>	<b>27</b>
<b>3.2.7</b>	<b>Cura</b>	<b>28</b>
3.2.7.1	Cura Química	28
3.2.7.2	Cura por Aspersão de água (Cura a vapor)	29
3.2.7.3	Elétrica	29
3.2.7.4	Com manta	29
<b>3.3</b>	<b>PARÂMETROS DE QUALIDADE DO CONCRETO</b>	<b>30</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Relação água/cimento (a/c)</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Resistência característica do concreto à compressão (fck)</b>	<b>31</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Resistência de dosagem (fcj)</b>	<b>32</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Teor de argamassa (k%)</b>	<b>32</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Consumo de água (h%)</b>	<b>32</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Coesão da mistura</b>	<b>33</b>
<b>3.4</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DO CONCRETO</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>ARTEFATOS DE CONCRETO</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>PAVER</b>	<b>36</b>
<b>4.1.1</b>	<b>O pavimento intertravado</b>	<b>36</b>

4.1.2	Formato das peças.....	38
4.1.3	Prescrições normativas.....	39
4.1.4	Fabricação das peças .....	41
4.2	<b>BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO.....</b>	<b>43</b>
4.2.1	Alvenaria com blocos de concreto .....	44
4.2.2	Linhas e famílias .....	46
4.2.3	Prescrições normativas.....	47
4.2.4	Fabricação das peças .....	49
5	<b>PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDÚSTRIA .....</b>	<b>51</b>
6	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>53</b>
7	<b>APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
7.1	<b>VISÃO GERAL.....</b>	<b>55</b>
7.1.1	Layout .....	55
7.1.1.1	Setor de Insumos.....	56
7.1.1.2	Setor de Produção .....	58
7.1.1.3	Setor de cura .....	60
7.1.1.4	Setor de Estocagem.....	61
7.1.1.5	Setor de Administração.....	61
7.1.2	Fluxos .....	62
7.2	<b>ETAPAS ADMINISTRATIVAS .....</b>	<b>63</b>
7.2.1	Propaganda e Venda.....	63
7.2.2	Solicitação de produção.....	64
7.2.3	Aquisição de insumos.....	65
7.3	<b>RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DE INSUMOS.....</b>	<b>66</b>
7.3.1	Agregados .....	66
7.3.2	Cimento.....	67
7.3.3	Água .....	69
7.3.4	Aditivos .....	69
7.4	<b>DEFINIÇÃO DO TRAÇO .....</b>	<b>71</b>
7.5	<b>DOSAGEM.....</b>	<b>72</b>
7.5.1	CLP – Controlador Lógico Programável .....	72
7.5.2	Agregados .....	73
7.5.3	Cimento.....	77
7.5.4	Água .....	78

<b>7.5.5</b>	<b>Aditivos .....</b>	<b>79</b>
<b>7.6</b>	<b>MISTURA.....</b>	<b>80</b>
<b>7.7</b>	<b>VIBROPRENSA .....</b>	<b>81</b>
<b>7.8</b>	<b>CURA .....</b>	<b>87</b>
<b>7.9</b>	<b>CONTROLE DE QUALIDADE.....</b>	<b>87</b>
<b>7.10</b>	<b>PALETIZAÇÃO .....</b>	<b>89</b>
<b>7.11</b>	<b>ESTOCAGEM.....</b>	<b>90</b>
<b>7.12</b>	<b>expedição.....</b>	<b>91</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>93</b>
<b>9</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>95</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>96</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Por milhares de anos o homem construiu suas edificações utilizando o empilhamento de pedras, com dimensões precisas para um maior conforto e proteção. O antecessor ao piso intertravado de concreto surgiu na Grécia, mais precisamente na Ilha de Creta, cerca de 3000 anos a.C. Outro famoso exemplo do uso primitivo desse tipo de pavimentação é a Via Ápia, famoso caminho com início em Roma até a cidade de Brindisi também na Itália.

No litoral Brasileiro, inúmeros fortes foram construídos colocando-se pedra sobre pedra, talhadas de acordo com a necessidade, trazidas como lastro nos navios da corte portuguesa. Os índios brasileiros utilizaram o pavimento feito a partir de pedras justapostas nos caminhos de *Peaberu de São Thomé*, que compunham um emaranhado de trilhas indígenas que interligavam diversas aldeias do litoral sul do Brasil a povos andinos.

Com a mistura de cimento, pedra, areia e água, inúmeros usos e técnicas foram criados para o concreto. Isso fez com que surgissem além das estruturas de concreto armado, artefatos de concreto, como blocos e *pavers*, objetos de estudo desse trabalho.

O bloco de concreto maciço para alvenaria foi inventado em 1832 pelos ingleses. O bloco vazado, como é comumente visto hoje, foi patenteado em 1850, também pelos ingleses, com o intuito de diminuir o peso próprio.

No Brasil, a utilização de blocos de concreto com o intuito estrutural iniciou-se na década de 60, principalmente para atender o programa habitacional do extinto Banco Nacional da Habitação (BNH). No entanto, a utilização dos blocos como vedação pode ter sido iniciada anteriormente. Com o passar do tempo a utilização não se deu apenas em habitações populares, como também em sobrados e prédios com até mais de 20 pavimentos.

Atualmente, os países que mais se destacam no desenvolvimento, produção e utilização dos blocos de concreto são Estados Unidos, Alemanha, Itália e Japão. Tratando-se de desenvolvimento, o Brasil também tem feito sua parte, através da divulgação de propaganda sobre o tema, seminários, revistas e uma associação nacional dos fabricantes de artefatos de concreto que contribui para o fortalecimento do segmento.

Na última década surgiram várias pequenas indústrias de artefatos de concreto. Isso aconteceu devido ao relativamente baixo investimento que uma pequena indústria requer para ser implantada, juntamente com o desenvolvimento e surgimento de vários fabricantes nacionais de equipamentos e máquinas, aliadas à simplicidade do processo produtivo.

No entanto, essa maior quantidade de indústrias não reflete necessariamente qualidade nos produtos oferecidos à sociedade. A escassez de profissionais especializados e bibliografias sobre o assunto, aliado ao baixo interesse de pesquisas deste tema dificulta o desenvolvimento das indústrias de artefatos.

Os blocos e os *pavers* são os artefatos de concreto mais produzidos. Normalmente os requisitos normativos que menos são cumpridos, principalmente nas indústrias informais, são resistência à compressão, absorção de água e as dimensões geométricas.

Essas falhas na produção geram problemas para os consumidores como risco a integridade estrutural da edificação, perdas por quebra e aumento de mão de obra e argamassa de assentamento. Tais falhas levam a maiores custos para a unidade produtora e denigrem a imagem do sistema construtivo.

Desta forma tem-se como desafio contribuir com o desenvolvimento das indústrias de artefatos de concreto buscando a padronização e melhoria em seu processo produtivo, foram essas as motivações para o desenvolvimento dessa pesquisa.

## **2 OBJETIVOS**

O presente estudo tem como objetivo geral identificar e descrever as rotinas do processo produtivo em uma indústria de artefatos de concreto, localizada em Goiânia, Goiás.

Os objetivos específicos serão:

- Identificar a configuração do *layout* da indústria;
- Elaborar um fluxograma das etapas do processo;
- Descrever detalhadamente cada etapa da produção.

Os objetivos específicos foram realizados de maneira sequencial de forma a compreender o caminho percorrido pelo produto no arranjo físico da indústria e a inter-relação entre as etapas do processo desde o recebimento dos insumos até a estocagem em *pallets* para expedição.

### 3 CONCRETO

O concreto é o material de construção resultante da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante, agregados e água. De uma forma geral, o aglomerante mais usado é o cimento Portland, e os agregados são a areia (agregado miúdo) e a brita (agregado graúdo) (ALMEIDA LUIZ, 2009).

Logo após a mistura o concreto deve possuir plasticidade, o suficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento em fôrmas. Adquirindo assim, coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre aglomerante e água.

Os aditivos modificam as características físicas e químicas do concreto, e têm sido cada vez mais empregados, podendo ser considerados como o quinto constituinte do concreto atual. Eles são utilizados para atribuir ao concreto características desejáveis às suas inúmeras aplicações (ALMEIDA LUIZ, 2009).

#### 3.1 MATERIAIS CONSTITUINTES

##### 3.1.1 Cimento

O cimento Portland composto é o aglomerante mais usado para a produção dos mais diversos tipos de concreto. A NBR 11578 (ABNT, 1991) o define como aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, nos teores especificados pela norma.

Uma das melhores maneiras de conhecer as características e propriedades dos seus diversos tipos é estudar sua composição. O cimento Portland é composto de clínquer e de adições. O clínquer é o principal componente, e está presente em todos os tipos de cimento Portland. Já as adições podem variar de um tipo de cimento para outro e são principalmente elas que definem os diferentes tipos de cimento.

No Brasil são produzidos vários tipos de cimento, cada um com propriedades aplicáveis a cada tipo de situação. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013) apresenta na Tabela 1 os principais tipos de cimento e suas composições.

**Tabela 1 - Cimentos Fabricados no Brasil - Tipos e composições (ABCP, 2013).**

Tipo de Cimento	Adições	Sigla	Norma
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana ou filer (até 5%)	CP I-S 32 CP I-S 40	5732
Cimento Portland Composto	Escória (6-34%)	CP II-E 32 CP II-E 40	11578
	Pozolana (6-14%)	CP II-Z 32	
	Filer (6-10%)	CP II-F 32 CP II-F 40	
Cimento Portland de Alto-Forno	Escória (35-70%)	CP III 32 CP III 40	5735
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV 32	5736
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Materiais carbonáticos (até 5%)	CP V-ARI	5733
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos	Estes cimentos são designados pela sigla RS. Ex.: CP III-40 RS, CP V-ARI RS		5737

Atualmente os cimentos Portland compostos são os mais encontrados no mercado, respondendo por aproximadamente 75% da produção. A disponibilidade de cada tipo irá depender da quantidade da adição predominante em cada região do país (ABCP, 2003).

As siglas correspondem ao prefixo CP acrescido dos algarismos romanos de I a V, conforme a composição do cimento. E as classes de resistência são indicadas pelos números 32 e 40. As classes de resistência apontam os valores mínimos de resistência à compressão garantida pelo fabricante, após 28 dias de cura. A determinação da resistência à compressão deve ser feita por um método de ensaio normalizado pela NBR 7215 (ABNT, 1996).

A Tabela 2 mostra o quadro de exigências de finura, tempos de pega, expansibilidade e resistência à compressão para a classificação dos cimentos.

**Tabela 2 - Exigências para a classificação dos cimentos Portland (ABCP, 2003).**

Tipo de cimento portland	Classe	Finura		Tempos de pega		Expansibilidade		Resistência à compressão				
		Resíduo na peneira 75 mm (%)	Área específica (m <sup>2</sup> /kg)	Início (h)	Fim (h)	A frio (mm)	A quente (mm)	1 dia (MPa)	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	91 dias (MPa)
CP I	25	≤ 12,0	≥ 240	≥ 1	≤ 10 <sup>(1)</sup>	≤ 5 <sup>(1)</sup>	≤ 5	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	-
	32	≤ 10,0	≥ 260						≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	
CP I-S	40	≤ 10,0	≥ 280	-	-	-	-	-	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0	-
	25	≤ 12,0	≥ 240						≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	
CP II-E	25	≤ 12,0	≥ 240	≥ 1	≤ 10 <sup>(1)</sup>	≤ 5 <sup>(1)</sup>	≤ 5	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	-
	32	≤ 10,0	≥ 260						≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40,0	
CP II-Z	40	≤ 10,0	≥ 280	-	-	-	-	-	≥ 12,0	≥ 23,0	≥ 40,0	≥ 48,0 <sup>(1)</sup>
	25	≤ 8,0	-						≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	
CP III <sup>(2)</sup>	32	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12 <sup>(1)</sup>	≤ 5 <sup>(1)</sup>	≤ 5	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	≥ 40,0 <sup>(1)</sup>
	40	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12 <sup>(1)</sup>	≤ 5 <sup>(1)</sup>	≤ 5	-	≥ 12,0	≥ 23,0	≥ 40,0	≥ 48,0 <sup>(1)</sup>
CP IV <sup>(2)</sup>	25	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12 <sup>(1)</sup>	≤ 5 <sup>(1)</sup>	≤ 5	-	≥ 8,0	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 32,0 <sup>(1)</sup>
	32	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12 <sup>(1)</sup>	≤ 5 <sup>(1)</sup>	≤ 5	-	≥ 10,0	≥ 20,0	≥ 32,0	≥ 40,0 <sup>(1)</sup>
CP V-ARI		≤ 6,0	≥ 300	≥ 1	≤ 10 <sup>(1)</sup>	≤ 5 <sup>(1)</sup>	≤ 5	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	-	-

(1) Ensaio facultativo.

(2) Outras características podem ser exigidas, como calor de hidratação, inibição da expansão devida à relação álcali-agregado, resistência a meios agressivos, tempo máximo de início de pega.

O desconhecimento das características desse insumo pode levar ao maior consumo de cimento, menor produtividade e maior custo de produção. Há uma enorme diferença em se utilizar um cimento CP II e, por exemplo, um cimento CP V-ARI que, nas idades iniciais pode ter o dobro da resistência do CP II.

Em razão da necessidade de manuseio no dia seguinte à fabricação o concreto produzido com CP V-ARI é o mais usado para a produção dos artefatos de concreto. Isso irá diminuir o número de quebras no manuseio das peças. (FERNANDES, 2013).

Porém analisar somente a resistência inicial do cimento pode ocasionar falhas na dosagem do concreto. A escolha do material adequado a sua aplicação deve levar em conta também outros aspectos como acabamento final das peças e o tempo de pega. (FERNANDES, 2013).

Segundo a NBR NM 65 (ABNT, 2002), tempo de pega é o intervalo transcorrido desde a adição de água até que a pasta de cimento tenha consistência para impedir a penetração de uma Agulha de Vicat sob as condições prescritas nessa norma. Para a produção de artefatos de concreto é necessário que o tempo de pega do cimento seja suficiente para as

operações de moldagem. Porém esse tempo não pode ser grande o suficiente para atrapalhar a continuidade do processo produtivo (FERNANDES, 2013).

Na indústria de concreto usinado ou de pré-moldados de concreto, o armazenamento do cimento é um fator importante para a qualidade do produto final. Prazos de validade e condições de armazenamento devidamente monitorados irão garantir a qualidade do produto até sua utilização (ABCP, 2006).

Se o cimento entrar em contato com a água durante o transporte inadequado, sem proteção da chuva, por exemplo, ou durante a estocagem, ele vai se hidratar antes do tempo, inviabilizando sua utilização na obra, fábricas de pré-moldados e artefatos de concreto, entre outros (BATTAGIN, 2013).

Por esse motivo, o cimento deve ser estocado em local seco, coberto e fechado, bem como afastado do chão, do piso e das paredes externas ou úmidas, longe de tanques, torneiras e encanamentos, ou pelo menos separado deles.

Existem duas formas distintas de fornecimento de cimento, o ensacado e o à granel. Na forma ensacada, recomenda-se que os sacos devem estar em uma pilha sobre um tablado de madeira, montado a mais de 30 cm do chão ou piso, e não formar pilhas maiores do que 10 sacos. Na forma à granel, o cimento destina-se a consumidores de grande porte. Normalmente esses consumidores industriais são as empresas produtoras de artefatos e concreteiras, os quais possuem instalações dotadas de silos como o modelo da Figura 1.



**Figura 1- Silo para Armazenamento de Cimento ([www.bekengenaria.com.br](http://www.bekengenaria.com.br)).**

### **3.1.2 Agregados**

Segundo a NBR 9935 (ABNT, 2011), agregado é o material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para a produção de argamassa e concreto.

Além de desempenhar a função econômica, reduzindo o custo por unidade de volume de concreto, os agregados tem a função técnica de conferir aumento da resistência ao desgaste (abrasão e erosão) e aumentar a estabilidade dimensional do concreto, diminuindo os efeitos da retração. Praticamente todos os agregados empregados para a produção do concreto convencional são utilizados para a fabricação dos artefatos de concreto (BAUER, 2001; FERNANDES, 2013).

Os agregados podem ser classificados quanto a sua origem, quanto ao diâmetro dos grãos, e quanto ao tamanho das partículas. Quanto à origem, segundo Bauer (2001), eles são classificados em:

**Naturais:** São aqueles que são encontrados na natureza sob a forma de agregados, como por exemplo, a areia de mina, areia de seixo, seixo rolado, pedregulho, entre outros;

**Artificiais:** São aqueles resultantes de processo industrial para chegar à condição apropriada para o uso, como a areia artificial e a brita oriunda da britagem de rocha;

Segundo o mesmo autor, quanto ao diâmetro médio dos grãos, os agregados são divididos conforme a seguinte classificação:

**Miúdo:** É o produto que passa pela peneira de 4,8mm e fica retido na peneira de 0,075 mm. As características das peneiras utilizadas nesse processo estão presentes na NBR NM ISO 3310-2 (ABNT, 2010).

**Graúdo:** Material granular cujos grãos passam na peneira de malha quadrada, com abertura nominal de 152 mm, e ficam retidos na peneira 4,8 mm.

A classificação dos agregados quanto tamanho das partículas pode ser apresentada da seguinte forma da Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação dos agregados quanto ao tamanho das partículas (BAUER, 2001).

CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS QUANTO AO TAMANHO DAS PARTÍCULAS	
CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
FILER	Material granular que passa na peneira 0,150 mm (#100);
AREIA	Agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rocha;
PEDRISCO AREIA ARTIFICIAL	Mistura nas mais variadas proporções de brita de graduação 0 com areia artificial;
PEDREGULHO (cascalho, seixo rolado)	Agregado graúdo que pode ser utilizado em concreto na forma que é encontrado na natureza.
BRITA	Agregado graúdo originado da fragmentação artificial de rocha.

A Brita é o agregado graúdo mais utilizado para a produção de concreto. E existe ainda, uma classificação comercial para a brita, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação comercial das Britas (BAUER, 2001).

CLASSIFICAÇÃO COMERCIAL DAS BRITAS	
CLASSIFICAÇÃO	FAIXA DE TAMANHO DAS PARTÍCULAS
BRITA 0	4,8 / 9,5 mm
BRITA 1	9,5 / 19,0 mm
BRITA 2	19,0 / 25,0 mm
BRITA 3	25,0 / 38,0 mm
BRITA 4	38,0 / 76,0 mm
BRITA 5	76,0 / 100 mm

### 3.1.2.1 Ensaios

Para o procedimento de dosagem do concreto é necessário conhecer as características físicas dos agregados observando as regras de amostragem presentes na NBR NM 26 (ABNT, 2001) e NBR NM 27 (ABNT, 2003).

Dentre os vários ensaios aplicáveis a esses materiais existem as verificações mínimas para a especificação. Esses ensaios estão contidos na NBR 7211 (ABNT, 2005), que descreve todos os procedimentos a serem realizados com o agregado visando à determinação das suas características. Dentre eles os mais importantes para o procedimento de determinação da dosagem são:

### *I. Determinação da umidade em agregados por secagem.*

A determinação da umidade presente no agregado é importante para a correção da água a ser adicionada no traço de concreto. A presença de água no agregado pode afetar a relação água cimento e levar a erros no cálculo da dosagem. Os procedimentos para a determinação da umidade estão presentes na NBR 9939 (ABNT, 2011).

### *II. Determinação da massa unitária e do volume de vazios.*

Segundo a NBR NM 45 (ABNT, 2006), a determinação da massa unitária consiste na relação entre a massa do agregado e o volume do recipiente que o contém. Determinar esse parâmetro do agregado é de fundamental importância para o cálculo da dosagem em volume.

### *III. Determinação da composição granulométrica.*

O procedimento de laboratório que estabelece a composição granulométrica dos agregados está presente na NBR NM 248 (ABNT, 2003).

A determinação da curva granulométrica é importante para a trabalhabilidade do concreto, para o consumo de água de amassamento e traz melhorias na tendência de segregação no lançamento. Segundo BAUER (2001), a granulometria dos agregados pode ser classificada em:

- Granulometria contínua: Confere maior trabalhabilidade e menor consumo de água;
- Granulometria descontínua: Essa forma de distribuição granulométrica gera maior resistência ao concreto;
- Granulometria uniforme: maior consumo de água.

A *Columbia Machine*, um dos maiores fabricantes mundiais de equipamento para a produção de blocos e *pavers*, juntamente com consultorias prestadas aos médios e grandes fabricantes de blocos no Brasil, recomendam a curva granulométrica mostrada na Figura 2 (FERNANDES, 2013).

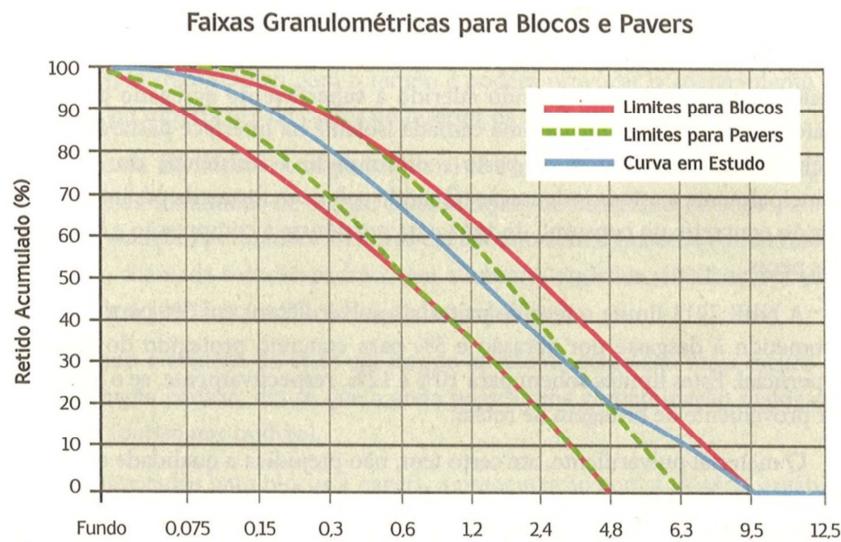


Figura 2- Faixas Granulométricas para Blocos e Pavers (FERNANDES, 2013).

#### IV. Determinação do inchamento de agregado miúdo.

A determinação do inchamento do agregado miúdo tem como parâmetro de medição o fenômeno que provoca o aumento do número de vazios. Ao aumentar os teores de umidade o volume do agregado miúdo aumenta de forma significativa, e determinar o inchamento pode influenciar na correção do traço em volume (padiolas) e na compra de materiais em volume. A curva de inchamento do material é obtida conforme a NBR 6467 (ABNT, 2006), e pode ser ilustrada como na Figura 3.

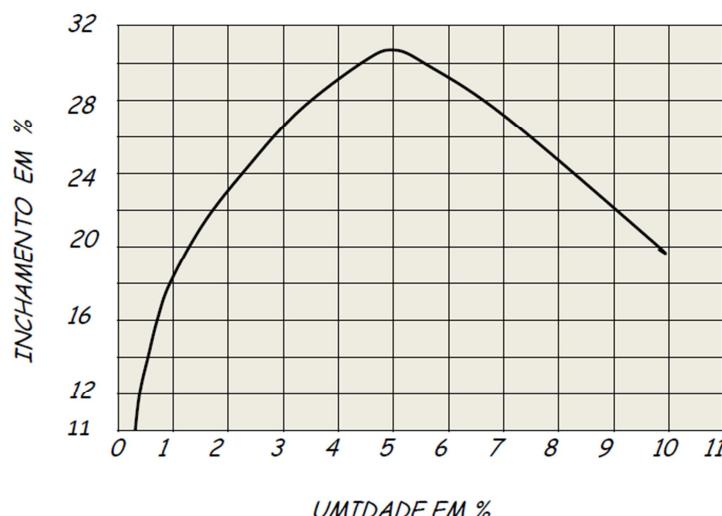


Figura 3 - Inchamento do agregado miúdo (BAUER, 2001).

### 3.1.3 Água

A água é um dos principais componentes do concreto que lhe confere as propriedades requeridas para cumprir com sua função de resistência e de durabilidade. Por outro lado, pode atuar também como um agente de degradação física ou química (ISAIA, 2011).

Geralmente a água potável, fornecida pela rede de abastecimento pode considerada de boa qualidade para a produção de concreto. Caso seja necessária a utilização de água não tratada, é recomendada a análise para verificação da qualidade (PIROLA, 2011).

Impurezas contidas na água podem influenciar negativamente na resistência do concreto ou causar manchas na sua superfície. A água de amassamento não deve conter matérias orgânicas indesejáveis e nem substâncias inorgânicas em teores excessivos (ISAIA, 2011).

### 3.1.4 Aditivos

NBR 11768 (ABNT, 2011) define os aditivos como produtos que são adicionados em pequenas quantidades a concretos e argamassas de cimento Portland, que modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.

Os aditivos para concreto podem ser classificados em nove tipos pelas suas funções: plastificante, retardador, acelerador, plastificante retardador, plastificante acelerador, incorporador de ar, superplastificante, superplastificante retardador e superplastificante acelerador. Essas classificações podem ser encontradas na NBR 11768 (ABNT, 2011).

Existe um *checklist* a ser verificado com os aspectos críticos da utilização de aditivos (Tango, 2005):

- Compatibilidade com o cimento e outros aditivos utilizados no traço;
- Prazo de validade e correto armazenamento dos produtos;
- Definição da dose correta a ser aplicada. Ensaios devem atestar essa condição;
- Aplicação no momento correto. Os aditivos superplastificantes, por exemplo, normalmente são introduzidos à massa já no canteiro;
- Homogeneização apropriada da mistura;

Isso comprova o fato de que se usados corretamente os aditivos podem ser grandes aliados na produção do concreto, aumentando ainda mais as suas inúmeras aplicações.

### **3.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO CONCRETO**

#### ***3.2.1 Seleção e caracterização dos materiais***

Para a obtenção de um concreto de boa qualidade é necessário conhecer as características dos seus materiais constituintes. Nesta etapa do processo de produção do concreto devem-se seguir as recomendações preconizadas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) citadas anteriormente, que caracterizam e regulamentam os requisitos de desempenhos dos materiais.

#### ***3.2.2 Dosagem***

São os procedimentos necessários para obtenção da proporção mais adequada dos materiais constitutivos do concreto como cimento, água, agregados, e eventualmente os aditivos. O produto final deve atender os requisitos necessários tanto no estado fresco quanto endurecido e deve-se sempre buscar expressar em massa seca de materiais (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

No Brasil, ainda não há uma normatização de como deve ser feita a dosagem, com isso existem diversos métodos de dosagem propostos por vários pesquisadores.

Na maioria dos casos esses métodos recebem o nome dos institutos nos quais os pesquisadores trabalham, como é o caso do método de dosagem IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), de Ary Frederico Torres (1927), Simão Priszkulnik (1977) e Carlos Tango (1986); do método de dosagem INT (Instituto Nacional de Tecnologia) proposto por Fernando Luiz Lobo Carneiro (1937); do método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), inicialmente proposto por Ary Torres e Carlos Rosman (1956) e que atualmente adaptou-se ao método americano ACI (*American Concrete Institute*); entre outros vários métodos existentes (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

Segundo Tutikian e Helene (2011), os métodos existentes diferem entre si, no entanto algumas rotinas são comuns a todos, como, por exemplo, o cálculo da resistência média de

dosagem (fcj), a correlação entre fator água/cimento e a resistência à compressão para determinado tipo e classe de cimento, não esquecendo os fatores econômicos e sustentáveis.

Em resumo, os requisitos básicos normalmente buscados em uma dosagem são: resistência mecânica, trabalhabilidade, durabilidade, deformabilidade e sustentabilidade.

Como resultado da dosagem obtém-se o traço, que é a indicação das proporções de cimento, sendo unitária, e as proporções de agregados, podendo ser dado em massa ou volume, a serem empregados na confecção de concreto ou argamassa (EVANGELISTA, 2003).

Geralmente, esta apresentação é feita da seguinte forma:

CIMENTO (1) : AGREGADO MIÚDO : AGREGADO GRAÚDO : RELAÇÃO a/c

### ***3.2.3 Mistura***

O processo de mistura tem como objetivo o contato íntimo entre os materiais componentes do concreto, garantindo o recobrimento de pasta de cimento sobre as partículas dos agregados resultando na mistura geral dos materiais. O principal requisito de qualidade da mistura é a homogeneidade (FIORATTI, 2013).

A NBR 6118 (ABNT, 2007) classifica dois tipos de mistura, a manual e a mecanizada. A mistura manual é recomendada apenas para obra de pequena importância e é feita com ferramentas manuais. A mistura mecanizada é indicada para todos os tipos de aplicações e é feita através de máquinas especiais conhecidas como betoneiras ou misturadores.

O tempo mínimo de mistura é contado a partir do instante em que todos os materiais tenham sido lançados na cuba. A NBR 6118 (ABNT, 2007), estabelece que, para concretos plásticos, o tempo deve ser de  $120\sqrt{d}$  para betoneiras com eixo inclinado. E  $60\sqrt{d}$  para as que contêm o eixo horizontal, sendo o que para ambas d é o diâmetro do misturador em metros e o tempo em segundos.

Recomenda-se que a ordem de colocação dos materiais seja feita da seguinte forma: Primeiramente adiciona-se parte do agregado graúdo e parte da água do amassamento. Logo

depois é colocado o cimento, o restante da água e a areia. E por fim o restante do agregado graúdo (FIORATTI, 2013).

### **3.2.4 *Transporte***

O transporte do concreto deve ser o mais rápido possível, mantendo a homogeneidade, a fim de evitar a segregação dos materiais. O transporte pode ser na direção horizontal, vertical e oblíqua. Na direção horizontal é geralmente feito com vagonetes, carrinhos, caminhões e bombas. Já na direção vertical pode ser realizado através de caçambas, guinchos e também por bombas. E finalmente, o transporte oblíquo, que pode ser feito com correias transportadoras e calhas. (FIORATTI, 2013).

Segundo Fioratti (2013), o transporte do concreto pode também ser classificado em contínuo e descontínuo. O transporte na forma contínua acontece nas calhas, correias transportadoras e bombas. Na forma descontínua acontece em vagonetes, carrinhos de mão, caçambas, caminhões que interrompem o fluxo de fornecimento do material.

### **3.2.5 *Lançamento***

Nessa fase do processo deve-se atentar para a altura de lançamento, não podendo ser superior a 2 m, segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), a fim de evitar a segregação dos materiais constituintes.

O concreto deve ser lançado logo após a mistura. Não se admite o uso de concreto remisturado. Assim, a velocidade de lançamento deve ser compatível com a velocidade de produção, para que não ocorra ociosidade na produção nem estoque de concreto junto ao local de lançamento (FIORATTI, 2013).

### **3.2.6 *Adensamento***

O objetivo do adensamento é deslocar com esforço os elementos que compõem o concreto, e orientá-los para se obter maior massa em um determinado volume, obrigando as partículas a ocupar os vazios e desalojar o ar aprisionado na massa. (FIORATTI, 2013)

Existem vários processos de adensamento do concreto como, por exemplo, o adensamento manual e o mecânico. O adensamento manual consiste no socamento e apiloamento do concreto visando à diminuição dos vazios. Já o método mecânico utiliza vibração e centrifugação através de máquinas aumentando a produtividade e a eficiência do processo.

Para o processo de fabricação de artefatos de concreto o adensamento mecânico vibroprensado é o mais utilizado (FERNANDES, 2013).

### **3.2.7 *Cura***

Cura é o nome que se dá ao conjunto de medidas com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento (FIORATTI, 2013).

A velocidade de hidratação, por sua vez, depende da composição e finura do cimento, da presença ou não de aditivos e de condições externas, como temperatura e umidade relativa do ar. A hidratação teoricamente cessa quando esse concreto apresentar tal diminuição de porosidade que impeça a penetração de água extra proveniente do ambiente (ABATTE, 2003).

Quando a relação água-aglomerante é suficientemente alta, a hidratação completa acontece, teoricamente, em tempo infinito. No entanto, na prática, quanto mais fino o cimento, mais rapidamente se atingirá um grau de hidratação próximo a 100%. Atualmente, como os cimentos têm finura muito maior, será praticamente desprezível o aumento de resistência após cinco anos nas mesmas condições (ABATTE, 2003).

Em ambientes permanentemente secos, a hidratação total jamais poderá ser alcançada, caso ocorra à evaporação da água de constituição do traço (ABATTE, 2003).

Sendo assim tem-se a importância das medidas de cura que podem ser divididas nos seguintes tipos:

#### **3.2.7.1 *Cura Química***

Os líquidos de cura química à base de água devem ser aplicados sobre o concreto logo após o acabamento, desde que não apresente exsudação. Após a secagem, uma barreira

impermeável evitará a perda de água de hidratação. Já os produtos à base de solvente, normalmente borrachas tipo neoprene em solução ou parafinados, deverão ser aplicados logo após o desaparecimento do brilho superficial do concreto e, ao secar, também formarão uma barreira impermeável (ABATTE, 2003).

### *3.2.7.2 Cura por Aspersão de água (Cura à vapor)*

A cura por aspersão é iniciada imediatamente após o inicio da pega do concreto, mediante a utilização de um aspersor. A aspersão forma uma névoa d'água, fazendo com que a superfície do concreto permaneça 100% úmida, sem apresentar, no entanto, a formação de poças de água. Esse tipo de cura é mantido do início ao fim da construção, para todas as camadas de concreto que forem lançadas (ABATTE, 2003).

### *3.2.7.3 Elétrica*

A elevação da temperatura aumenta a velocidade de crescimento da resistência do concreto. Para acelerar o processo podem ser utilizados condutores do lado externo das fôrmas que, por sua vez, transmitem o calor ao concreto, ou podem ser colocados no interior da massa de concreto, distribuindo o calor uniformemente pelo interior do material (ABATTE, 2003).

### *3.2.7.4 Com manta*

A manta é desenrolada sobre a área desejada com a parte plástica para baixo, isso é feito após o tempo necessário para a pega do cimento. Em seguida, esguicha-se água sobre a manta até que ela fique bem encharcada. Sob temperaturas elevadas, pode-se aguardar até 8 horas antes de uma nova umidificação. As mantas podem ser reaproveitadas (ABATTE, 2003).

Levando em consideração as condições de clima no Brasil, pode-se garantir que a manutenção dos procedimentos de cura por dez dias satisfazem as necessidades da maioria dos concretos nacionais. No entanto, existem aspectos fundamentais e periféricos que influenciam o estabelecimento de prazos de cura. Os principais são a relação água-cimento, o grau de hidratação do concreto e o tipo de cimento. Outro fator são as condições locais de

temperatura, vento e umidade relativa do ar seguida pelas características geométricas das peças de concreto, ou seja, relação área de exposição e volume da peça (ABATTE, 2003).

Para o caso específico dos artefatos de concreto, a cura é feita pelos processos convencionais de aspersão de água através de sistemas de irrigação de jardim, cobertura com lona plástica, saturação da umidade por meio de bicos do tipo *spinklers* ou ventiladores pressurizados (FERNANDES, 2013).

### **3.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DO CONCRETO**

Alguns parâmetros são importantes para o melhor entendimento das propriedades do concreto.

#### **3.3.1 Relação água/cimento (a/c)**

A água juntamente com o cimento forma a matriz resistente do concreto e permite a aglutinação dos agregados, além de conferir durabilidade e vida útil às estruturas como previstas em projeto (ISAIA, 2011).

Segundo Fernandes (2013), as reações químicas de endurecimento do cimento (hidratação) necessitam de 25% da massa de cimento em água para serem desenvolvidas. No entanto, em presença do agregado miúdo, essa quantidade de água não é suficiente para fornecer as características desejáveis dos concretos durante suas etapas de mistura, transporte, lançamento, consolidação e acabamento. Sendo então necessário acrescentar mais água na composição do concreto.

A relação água/cimento também conhecida como fator água/cimento foi um termo criado por Duff Abrams, pesquisador norte-americano que relacionou a quantidade de água e de cimento (a/c) com a resistência a compressão. Essa formulação (3.1) foi publicada há mais de 90 anos e desde então vem sendo um dos principais fatores para mensurar a qualidade do concreto em todo o mundo. Os estudos concluíram que para concretos perfeitamente adensados a resistência é inversamente proporcional à relação a/c (Neville 2003, *apud* ISAIA, 2011).

$$fcj = \frac{k_1}{k_2^{a/c}} \quad (3.1)$$

Onde:  $k_1$  e  $k_2$  são constantes empíricas obtidas através de ensaios em condições pré determinadas;

$a/c$ : relação água/cimento do concreto;

$fcj$ : resistência do concreto na idade de  $j$  dias.

A diminuição da resistência se dá quando a água não necessária para a hidratação do cimento aumenta a quantidade de poros na pasta e também pela formação de canalículos formados pela saída da água durante o processo de secagem do concreto. Essa quantidade de água acima do ideal além de diminuir a resistência do concreto contribui para o aumento da permeabilidade e diminuição da vida útil da estrutura.

### 3.3.2 Resistência característica do concreto à compressão ( $fck$ )

A resistência à compressão é a característica mecânica mais importante do concreto. Basicamente é a resistência à compressão, definida em projeto, que pode ser garantida pelo concreto após serem aplicadas ao valor da resistência média ( $fcj$ ) as reduções em decorrência do processo de produção do concreto em questão (FERNANDES, 2013). Como mostrado na Equação 3.2.

$$Fck = fcj - 1,65 \times Sd \quad (3.2)$$

$Fcj$ : Resistência média dos corpos de prova ensaiados

$Fck$ : Resistência característica;

1,65: Coeficiente proveniente de uma distribuição de Gauss com 95% de confiabilidade;

$Sd$ : Desvio padrão em torno da média.

### 3.3.3 Resistência de dosagem ( $f_{cj}$ )

Segundo Fernandes (2013), a resistência de dosagem é o valor médio que os corpos de prova deverão apresentar quando submetidos aos ensaios de compressão em laboratório. Como mostrado na Equação 3.3:

$$F_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times S_d \quad (3.3)$$

$F_{cj}$ : Resistência média dos corpos de prova ensaiados

$f_{ck}$ : Resistência característica;

1,65: Coeficiente proveniente de uma distribuição de Gauss com 95% de confiabilidade;

$S_d$ : Desvio padrão em torno da média.

### 3.3.4 Teor de argamassa ( $\alpha$ )

O concreto é utilizado para diversas aplicações e cada uma delas requerem diferentes teores de areia e cimento (finos) proporcionando diferentes trabalhabilidades (FERNANDES, 2013). A quantidade de finos é regulada pelo teor de argamassa “ $\alpha$ ”, dada pela seguinte Equação 3.4.

$$\alpha = \frac{1 + A}{1 + M} \quad (3.4)$$

Onde:  $\alpha$ : Teor de argamassa;

$A$ : Agregados finos;

$M$ : Agregado total.

### 3.3.5 Consumo de água (h%)

Segundo Pirola (2011), a utilização de cimentos e areias com diferente finuras geram concretos com diferentes necessidades de água para proporcionar a plasticidade desejada. Este consumo de água é fixado pelo fator “ $h\%$ ”, como mostrado na Equação 3.5:

$$(3.5)$$

$$h = \frac{a/c}{1 + M}$$

Onde: a/c = relação água cimento;

M = proporção do agregado em relação ao cimento.

### 3.3.6 Coesão da mistura

A coesão da mistura é a característica responsável por permitir que a peça de concreto mantenha sua forma após a moldagem e seguinte desforma. Essa propriedade é propiciada pela combinação adequada e proporcional dos agregados, aglomerante em uma umidade ótima da pasta, tudo isso através de um bom processo de mistura e adensamento (FERNANDES, 2013).

## 3.4 CLASSIFICAÇÃO DO CONCRETO

Existem diversos tipos de concreto, que variam segundo a forma de classificação adotada para o concreto e seus elementos constituintes. A norma NBR 12655 (ABNT, 2006), classifica o concreto em três categorias, segundo sua massa específica no estado endurecido, podendo ser (FONSECA, 2010):

- Concreto normal: massa específica entre 2.000 kg/m<sup>3</sup> e 2.800 kg/m<sup>3</sup>;
- Concreto leve: massa específica entre 800 kg/m<sup>3</sup> e 2.000 kg/m<sup>3</sup>;
- Concreto pesado: massa específica maior que 2.800 kg/m<sup>3</sup>.

Outra forma de classificação do concreto é a partir da resistência à compressão, dividindo o concreto em outras três categorias, segundo Metha e Monteiro (1997 *apud* FONSECA, 2010):

- Concreto de baixa resistência: resistência à compressão menor que 20 MPa;
- Concreto de resistência moderada: resistência à compressão entre 20 e 40 MPa;
- Concreto de alta resistência: resistência à compressão superior a 40 MPa;

Quando se trata dos artefatos de concreto a classificação mais utilizada é a divisão em concreto “seco” e concretos plásticos (OLIVEIRA, 2004 *apud* PIROLA, 2011). Para

diferenciar estes dois grupos de concreto existem diversos fatores como a forma com que o ar aprisionado às misturas é removido, a trabalhabilidade, o abatimento, a granulometria final, a relação água/cimento e os processos de produção. No entanto, segundo Fernandes (2013), a principal diferença entre os concretos plásticos e “secos” é que o primeiro necessita permanecer no molde até o dia seguinte para ser desmoldado, ao contrário do concreto “seco” que tem sua desforma logo após sua moldagem.

Os concretos plásticos são caracterizados pelo elevado consumo de água para hidratação do cimento e obtenção de boa trabalhabilidade. Essa característica, juntamente com a fácil retirada de ar, através de equipamentos simples, como os vibradores, permitem que esses concretos sejam amplamente utilizados. Nos concretos plásticos a quantidade de pasta supre a necessidades de preenchimento dos vazios, acabamento e trabalhabilidade, tendo sua resistência proporcional à relação água/cimento (FERNANDES, 2013). Como exemplo de concreto plástico é válido destacar o convencional, utilizado na maioria das obras de concreto armado e o concreto graute (OLIVEIRA, 2004).

Os concretos “secos” apresentam uma maior consistência em comparação aos concretos plásticos, pois consomem menor quantidade de água empregada na sua composição (Marchand, 1996 *apud* PIROLA, 2011).

Ainda sobre o concreto “seco”, tem-se a necessidade da diminuição ao máximo do uso de pasta resultando na grande importância em se ter uma granulometria muito bem definida, com os finos ocupando os vazios dos agregados (FERNANDES, 2013). Esse fato torna o concreto levemente umedecido, sendo necessária a utilização de equipamentos especiais para compactação, como as vibroprensas no caso da produção de blocos e *pavers*. Além de artefatos de cimento é válido destacar o emprego deste tipo de concreto para o CCR (Concreto Compactado a Rolo) (PIROLA, 2011).

Os concretos “secos” diferentemente dos concretos plásticos não seguem a risca a “Lei de Abrams”. Nesses concretos, quanto maior a quantidade de água adicionada a mistura melhor será a resistência mecânica final (PIROLA, 2011). Este ganho de resistência ocorre, pois quanto mais úmida a mistura mais fácil é a compactação devido a diminuição do atrito entre os grãos, resultando em uma menor quantidade de vazios no concreto (FERNANDES,

2013). No entanto, a quantidade de água é limitada no caso da produção de blocos e *pavers*, por dificultar a desforma devido à aderência do concreto aos moldes (TANGO, 1994).

## 4 ARTEFATOS DE CONCRETO

### 4.1 PAVER

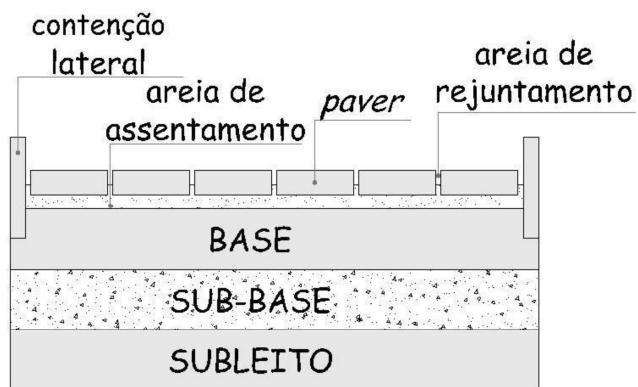
Definidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013) como peças de concreto para pavimentação, os *pavers* são peças pré-moldadas que são usadas como material de revestimento no sistema de pavimento intertravado, uma eficaz solução para uso em ruas, calçadas e praças largamente difundida no Brasil (BITTENCOURT, 2012).

A camada superficial das peças apresenta acabamento confortável para o trânsito de pessoas e sua estrutura permite suportar o trânsito de veículos leves ou pesados, conforme a categoria e aplicação (FERNANDES, 2013). Ainda, segundo Bittencourt (2012, p. 9) “as formas, cores e texturas das peças e os padrões de assentamento são extraordinariamente variados, permitindo explorar harmonicamente estas características do ponto de vista arquitetônico e paisagístico”.

#### 4.1.1 *O pavimento intertravado*

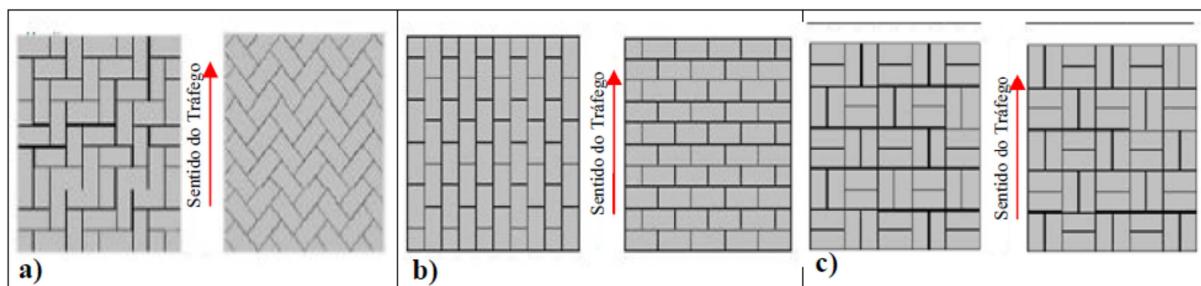
A pavimentação intertravada é caracterizada pelo *paver* simplesmente assentado sobre uma camada fina de areia que serve de regularização da base e na distribuição de cargas e acomodação das peças. Neste pavimento as peças são dispostas de forma a transmitir parte da carga de uma peça para a outra através do atrito lateral entre elas, conferindo a qualidade de intertravamento ao pavimento. (FERNANDES, 2008).

A Figura 4 apresenta uma seção típica de um pavimento intertravado, com indicação dos elementos que o compõem.



**Figura 4 - Seção Transversal típica do pavimento intertravado (BITTENCOURT, 2012).**

A Figura 5 apresenta os três tipos de arranjos mais utilizados para o assentamento dos pavimentos intertravados. Segundo Cruz (2003 apud FRANCO, 2011) “a forma de arranjo escolhido para o assentamento, define a aparência estética do pavimento, não havendo um consenso sobre a interferência no formato de assentamento e o desempenho do pavimento, tendo em vista que para o boletim técnico do *Interlocking Concrete Pavement Institute* (ICPI), para áreas com tráfego veicular é recomendada a tipologia de arranjo de espinha-de-peixe pelo seu desempenho na estrutura do intertravamento das peças.”



**Figura 5 - Arranjo de assentamento: a) espinha-de-peixe; b) fileira e c) trama (FIOROTTI, 2007 apud Franco, 2011).**

Bittencourt (2012) cita como qualidades deste tipo de pavimento:

- Apresenta grande capacidade estrutural e alta resistência a abrasão por serem produzidos com concreto de boa qualidade;
- Possui facilidade de manutenção através da simples retirada das peças e posterior reacomodação, o que facilita o acesso às instalações de serviços subterrâneos, como redes de água, esgoto e elétrica;

- Quando comparados a pavimentos asfálticos possuem baixo consumo de energia e baixo custo na produção e apresentam maior uniformidade dimensional quando produzidas em máquinas vibrocompressoras adequadas;
- Na sua instalação utiliza ferramentas simples de pedreiro, equipamento de corte e uma vibrocompactadora. Não necessita de mão-de-obra especializada, apenas uma equipe treinada executa o trabalho. As peças são de fácil estocagem, com utilização imediata e permitem a liberação do tráfego logo após sua instalação.

#### 4.1.2 Formato das peças

Os *pavers* possuem uma diversificada gama de formas. Independente do formato das peças todas são elementos constituintes do sistema de pavimento intertravado com as mesmas características e forma de assentamento.

Existem no mundo mais de 40 modelos de *pavers*, no Brasil são mais comuns os modelos prisma (também denominado *holland*, holandês, retangular), 16 faces, Raquete, Ossinho, *Paviesse*, Estrela e Sextavado (FERNANDES, 2008). A Figura 6 apresenta diferentes modelos disponíveis no mercado:



Figura 6 - Alguns modelos de *pavers* (FERNANDES, 2013).

A mudança nas formas interfere tanto na aparência do pavimento como nas propriedades estruturais, como acontece com o *paver* 16 faces. As 16 faces laterais desse tipo de artefato resultam numa área lateral relativamente grande, o que acaba por aumentar o atrito com as peças vizinhas. É justamente esse atrito um dos responsáveis pelo intertravamento entre as peças. Logo, o *paver* com 16 faces apresenta boa distribuição de cargas para a base. O formato, por sua vez, garante travamento no sentido horizontal. Por isso, embora não haja restrição ao uso em pátios, calçadas e estacionamentos, é particularmente indicado em situações de carga acentuada, como terminais de contêineres e portos e depósitos de cargas pesadas (CICHINELLI, 2012).

#### **4.1.3 Prescrições normativas**

No Brasil a norma vigente que auxilia a verificar os requisitos mínimos de qualidade necessários ao bom desempenho do *paver* é a NBR 9781 (ABNT, 2013). Segundo a ABNT essa norma estabelece os requisitos e métodos de ensaio exigíveis para aceitação das peças de concreto para pavimentação intertravada sujeita ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos.

A NBR 9781 (ABNT, 2013) estabelece como critérios de qualidade os requisitos gerais de materiais, unidade de compra, requisitos específicos de formatos, dimensões, de aspectos gerais, de resistência característica à compressão, absorção de água, resistência à abrasão e inspeção visual.

Sobre o concreto e seus materiais a NBR 9781 (ABNT, 2013) determina que ele seja constituído de cimento Portland de qualquer tipo ou classe e agregados naturais, industriais ou reciclados que obedeçam as normas vigentes previstas. A água de amassamento deve atender à norma NBR 15900-1 (ABNT, 2009) e é permitido o uso de aditivos que atendam à NBR 11768 (ABNT, 2011), inclusive pigmentos, desde que não provoquem efeitos prejudiciais ao concreto e atendam à ASTM C 979/C 979M.

A unidade de compra deve ser o metro quadrado, devendo-se especificar o número de peças por metro quadrado. Sobre os formatos a norma divide as peças em 4 tipos conforme o seu formato e massa.

Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013), a largura, o comprimento e a espessura das peças não devem diferir de 3mm das medidas especificadas. Sobre as dimensões a norma também estabelece limites máximos e mínimos para as dimensões das peças assim como um valor de índice de forma máximo (4).

Sobre os aspectos gerais a norma trata da obrigatoriedade do espaçador de juntas, especificação do chanfro, regularidade das arestas e do ângulo de inclinação (obrigatoriamente 90º).

Segundo Pirola (2011), a resistência característica estimada à compressão é o principal parâmetro de controle de qualidade das peças. A NBR 9781 (ABNT, 2013) determina que a resistência deve ser maior ou igual a 35 MPa para as solicitações de pedestres, veículos leves e comerciais de linha e maior ou igual a 50 MPa quando houver tráfego de veículos especiais ou situações especiais capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão.

O método para determinação da resistência à compressão, preconizado na NBR 9780 (ABNT, 2013), consiste em fazer um carregamento parcial da peça por meio de pastilhas auxiliares (circulares) colocadas em contato com as duas faces da peça, perfeitamente alinhadas, simulando um “punctionamento duplo”. A Figura 7 mostra uma peça sendo rompida durante o ensaio de determinação da resistência à compressão:



Figura 7 - Ensaio de resistência à compressão (SIEMENSKOSKI, 2010).

Também são estabelecidos limites para a absorção de água e resistência à abrasão, este último, porém não sendo obrigatório.

Quanto aos aspectos visuais das peças, segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013) elas “devem ser inspecionadas visualmente objetivando a identificação de peças com defeitos que possam vir a prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento”. As peças devem apresentar aspecto homogêneo, arestas regulares e ângulos retos e devem ser livres de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação. Pequenas variações de cores são admitidas.

A norma inclui anexos contendo as diretrizes para os ensaios de avaliação de cada quesito citado.

#### **4.1.4 Fabricação das peças**

Segundo Bittencourt (2012), a fabricação dos *pavers* é classificada em três tipos distintos, as peças dormidas, as peças viradas e as peças vibroprensadas.

As peças dormidas são produzidas de forma manual. Neste processo o concreto plástico é lançado nas formas onde fica de um dia para o outro, procedendo a desmoldagem no dia seguinte. Como os moldes são de plástico, aço ou fibra este processo gera peças com um acabamento superficial mais liso, resultando em uma aparência estética mais agradável (FERNANDES, 2013).

Segundo Fernandes (2013), este processo resulta em menor consumo de cimento em virtude da facilidade de produção em duas camadas: uma externa fina para acabamento e uma interna com bastante agregado graúdo. O seu ponto fraco é a baixa produtividade e o formato cônico do molde para facilitar a desforma do concreto depois de endurecido. A Figura 8 mostra fôrmas utilizadas na produção do *paver* pelo processo dormido:



**Figura 8 - Forma de plástico utilizada no processo dormido (PEC FORMAS, 2013).**

As peças viradas também são produzidas de fôrma manual. Nesta forma de processo produtivo é usado o concreto em fôrmulas conjuntas ou individuais, adensadas em mesa vibratória e desmoldada logo após a moldagem em uma base plana e impermeável (Bittencourt, 2012).

Neste método o consumo de cimento também é baixo, devido à possibilidade do emprego de duas camadas. Também como ponto positivo tem-se a obrigatoriedade de trabalhar com o concreto na umidade ótima, uma vez que, se a mistura ficar muito seca, esfarela, e se ficar mole, perde a forma ao desmoldar. Como ponto negativo a peça pode ter o acabamento prejudicado pelo fato da desforma acontecer com o concreto ainda no estado fresco. Além disso, a produtividade é ainda menor que a do processo dormido (FERNANDES, 2013).

A Figura 9 mostra a mesa vibratória utilizada na produção do *paver* pelo processo virado:



**Figura 9 - Mesa Vibratória (PEC FORMAS, 2013).**

O processo vibroprensado é altamente mecanizado e o que proporciona a mais alta produtividade com baixíssimo consumo de mão de obra (FERNANDES, 2013).

Neste processo o *paver* é produzido em vibroprensas, equipamentos multifuncionais que podem ser utilizados na produção de uma grande família de produtos de artefatos de cimento, tais como: blocos de concreto, tijolos, meios-fios, grelhas, *pavers* e placas (BITTENCOURT, 2012).

Também chamada de máquina de vibrocompressão esta máquina é o principal componente do *layout* e o coração do processo produtivo em uma indústria fabricante de artefatos de concreto no sistema vibroprensado (PIROLA, 2011).

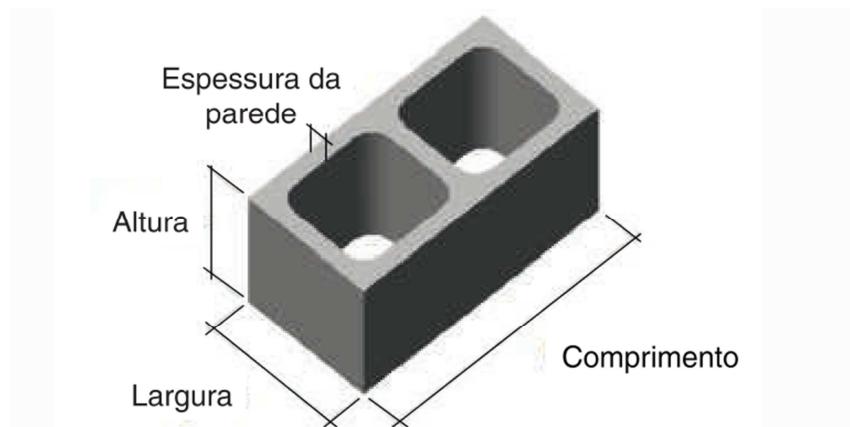
A vibroprensa recebe tal denominação em razão do mecanismo de funcionamento empregado durante o processo de moldagem dos *pavers*: vibração associada à prensagem. A primeira função é responsável pelo preenchimento do molde e pelo adensamento da mistura; a segunda função influencia o adensamento e o acabamento dos blocos (SOUSA, 2001 apud LIMA; IWAKIRI, 2011).

Por se trabalhar com concreto seco e utilizar agregados mais finos para permitir bom acabamento superficial das peças, é o processo que requer maiores cuidados na produção. Apresenta também maior possibilidade de aparecimento de manifestações patológicas se não forem tomados os devidos cuidados na produção (FERNANDES, 2013).

O maior desafio da produção do *paver* prensado é utilizar de bons equipamentos e controlar o processo de forma a eliminar ao máximo os vazios da mistura na fase de adensamento, recurso que permite obter a máxima resistência das peças (FERNANDES, 2013).

## 4.2 BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO

Denominados pela NBR 6136 (ABNT, 2014) como blocos vazados de concreto simples para alvenaria os blocos de concreto são componentes usados para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural. São vazados nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta. Caso esta condição não seja satisfeita o bloco será considerado maciço. A Figura 10 representa um bloco vazado.



**Figura 10 - Bloco vazado de concreto (Fonte: ABNT, 2014).**

O bloco normatizado é produzido nas categorias estrutural e de vedação, de acordo com a aplicação, para fins estruturais ou apenas de fechamento. Possuem formatos e dimensões padronizadas que, quando aplicados dentro da boa técnica, proporcionam um sistema construtivo limpo, prático, rápido, econômico e eficiente. (FERNANDES, 2013).

#### **4.2.1 Alvenaria com blocos de concreto**

A alvenaria estrutural deve ser entendida como um sistema em que a estrutura trabalha dentro da alvenaria, as paredes atuam simultaneamente como elemento estrutural e de vedação (JÚNIOR, 1992).

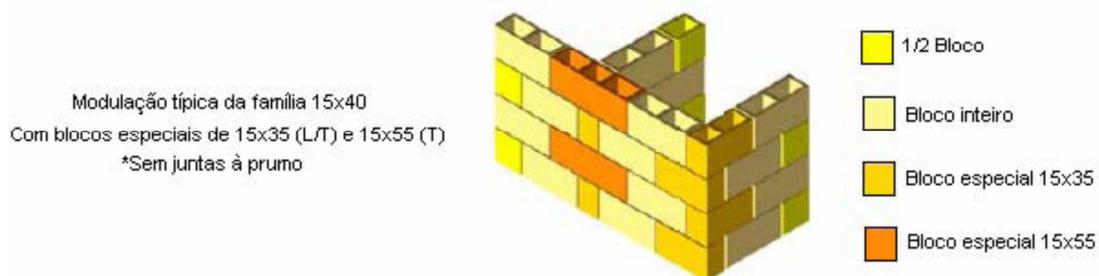
Os principais componentes empregados na execução de edifícios de alvenaria estrutural são as unidades (tijolos ou blocos), a argamassa, o graute e as armaduras (construtivas ou de cálculo). É comum também a presença de elementos pré-fabricados como: vergas, contravergas, coxins, entre outros (CAMACHO, 2006).

As unidades (blocos e tijolos) são os componentes mais importantes que compõem a alvenaria estrutural, uma vez que são eles que comandam a resistência à compressão e determinam os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos (CAMACHO, 2006).

O fato dos blocos serem produzidos em dimensões previstas em norma permite com que se aplique a técnica de coordenação modular, que consiste no ajuste de todas as dimensões da obra, horizontais e verticais, como múltiplo da dimensão básica da unidade.

Seu objetivo principal é evitar cortes e desperdícios na fase de execução (FERNANDES, 2013).

A Figura 11 mostra a modulação típica da família 15x40 com quatro tipos de blocos diferentes:



**Figura 11 - Coordenação modular (CAMACHO, 2006).**

A alvenaria estrutural como sistema construtivo traz como principais vantagens técnicas e econômicas a velocidade de execução e a redução de custos.

A velocidade de execução é a mais notável vantagem da alvenaria estrutural. O sistema permite um grande ganho nesse sentido quando se tem uma mão-de-obra treinada e um adequado planejamento das etapas de construção (BASTOS, 1993).

A redução de custos é evidenciada na economia da mão-de-obra especializada de armadores e carpinteiros e nos materiais gastos nas etapas de forma e armação, uma vez que as alvenarias dispensam fôrmas e as lajes podem ser pré-moldadas. Outro diferencial deste sistema é o fato de quando se tem blocos de boa qualidade e um controle rigoroso na execução, há uma grande economia ou até eliminação de camadas de revestimento (JUNIOR, 1992).

Segundo Camacho (2006), as desvantagens deste sistema são a limitação do projeto arquitetônico pela concepção estrutural, que não permite a construção de obras arrojadas. Outra desvantagem é a impossibilidade de adaptação da arquitetura para um novo uso.

A alvenaria de vedação com blocos vazados de concreto utiliza blocos com mesma dimensão dos blocos utilizados na alvenaria estrutural, porém com menor exigência de

resistência a compressão. Este sistema possui método construtivo semelhante ao da alvenaria estrutural e é muito utilizado em fechamentos de galpões e construção de muros.

#### **4.2.2 Linhas e famílias**

Objetivando a utilização da técnica de coordenação modular a norma NBR 6136 (ABNT, 2014) preconiza a divisão dos blocos em famílias que define como o conjunto de componentes de alvenaria que interagem entre si e com outros elementos construtivos.

Em cada família o bloco dominante (bloco inteiro) representa a linha a que ela pertence. A linha determina as dimensões de largura e comprimento da peça dominante, como por exemplo, as linhas 10x40, 15x30 e 15x40. A linha mais conhecida e utilizada é a 15x40, nela a peça principal com dois furos vazados, possui 39 cm de comprimento, 19 cm de altura e 14 de largura (FERNANDES, 2013).

Além do bloco dominante, para permitir a coordenação modular, as famílias são compostas pelos elementos complementares. Os elementos incluídos na NBR 6136 (ABNT, 2006) são os blocos de amarração L e T (blocos para encontro de paredes), blocos compensadores A e B (blocos para ajustes de modulação) e blocos tipo canaleta. A Tabela 5 mostra as dimensões dos blocos de cada família e linha de blocos:

**Tabela 5 - Dimensões reais das famílias de bloco (ABNT, 2014).**

Famílias de blocos										
Designação	Nominal	20	15		12,5			10		7,5
	Módulo	M-20	M-15		M-12,5			M-10		M-7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
	Linha	20 X 40	15 X 40	15 X 30	12,5 X 40	12,5 X 25	12,5 X 37,5	10 X 40	10 X 30	10 X 30
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40

#### 4.2.3 Prescrições normativas

No Brasil, o bloco de concreto para alvenaria, estrutural ou de vedação, é normatizado pela NBR 6136 (ABNT, 2014) e pela NBR 12118 (ABNT, 2013). A NBR 6136 (ABNT, 2014) estabelece os requisitos mínimos para produção e aceitação dos blocos de concreto simples para alvenaria estrutural e não estrutural. A NBR 12118 (ABNT, 2013) especifica os métodos de ensaio para análise dos requisitos estabelecidos pela NBR 6136 (ABNT, 2014).

Como critérios de qualidade a NBR 6136 (ABNT, 2014) estabelece como requisitos gerais condições aos materiais de produção do concreto e outros requisitos. Como requisitos específicos a norma condiciona as dimensões, os aspectos visuais das peças e os requisitos físicos mecânicos.

Sobre “outros requisitos” a norma determina que o concreto e seus materiais devem obedecer as mesmos requisitos preconizados na NBR 9781 - Peças de Concreto para Pavimentação (ABNT, 2013).

Os defeitos como trincas, quebras e superfícies irregulares devem ser verificados de forma visual conforme especificado na NBR 6136 (ABNT, 2014).

A NBR 6136 (ABNT, 2014) determina as dimensões dos blocos para cada família (Tabela 5) e os limites para as dimensões das paredes e dos furos. A forma de coleta das medidas é descrita na NBR 12118 (ABNT, 2013). As tolerâncias máximas das dimensões externas dos blocos estão apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6 - Tolerâncias dimensionais máximas de fabricação dos blocos de concreto (MARTINS, 2001).**

Dimensão	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	Desvio em relação ao esquadro (D)	Flecha (F)
Tolerância (mm) NBR 6136	± 2	± 3	± 3	± 3	± 3

Os blocos normatizados devem atender aos limites de resistência, absorção e retração linear por secagem estabelecidos na Tabela 7 disponível na NBR 6136 (ABNT, 2014).

**Tabela 7 - Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração (NBR 6136, ABNT, 2014).**

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial Mpa	Absorção %				Retração%	
			Agregado normal		Agregado leve			
			Individual	Média	Individual	Média		
Com função estrutural	A	$fbk \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 16,0\%$	$\leq 13,0\%$	$\leq 0,065\%$	
	B	$4,0 \leq fbk < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$				
Com ou sem função estrutural	C	$fbk \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$				

Os limites de resistência à compressão, absorção de água, retração linear por secagem são determinados pelos ensaios descritos na NBR 12118 (ABNT, 2013).

#### 4.2.4 Fabricação das peças

A fabricação dos blocos ocorre basicamente por duas formas: manual e mecanizada por meio de vibroprensas.

No processo manual utiliza-se fôrmas plásticas, metálicas ou de madeira preenchidas com concreto, na maioria das vezes rodado em betoneira. Em seguida é feita a compactação com um equipamento concebido para tal (GREGORIO, 2012).

Os blocos de concreto produzidos manualmente possuem um padrão de qualidade significativamente inferior aos blocos prensados por máquinas hidráulicas ou pneumáticas, o que faz com que seja recomendada sua utilização como alvenaria de vedação, e não como alvenaria estrutural (GREGORIO, 2012).

Como para os *pavers*, o processo mais recomendado e utilizado para a produção de blocos de concreto normatizados é através das vibroprensas, que não só vibram o concreto e moldam o bloco, como também comprimem o concreto (compactação), por meio de prensas acionadas por pistões, garantindo as características especificadas para o bloco (FERNANDES, 2013).

O processo é o mesmo utilizado para a produção de *pavers*, fazendo-se a troca dos moldes adequados para cada modelo de artefato. A Figura 12 mostra a etapa de vibrocompressão do concreto durante a produção de blocos pelo processo vibroprensado.



**Figura 12 - Vibrocompressão do concreto (LIMA; IWAKIRI, 2011).**

## 5 PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDÚSTRIA

Para compreender as diversas rotinas de uma indústria é necessário conhecer os elementos que a compõe e a função de cada um deles no processo produtivo. Uma das formas usadas para compreender o processo produtivo é o *layout* industrial.

A elaboração de um *layout* industrial consiste na representação espacial de todos os fatores e processos que ocorrem para a produção de um determinado produto. Nele é mostrado o papel de cada elemento e suas interações, envolvendo homens, materiais e equipamentos (CAMAROTTO, 1997).

No processo geral de elaboração de um *layout* industrial é necessário representar:

1. Volume atual e previsto de componentes;
2. Quantidade atual e prevista de equipamentos;
3. Áreas de estoques;
4. Áreas dos Centros de produção;
5. Áreas auxiliares de produção;
6. Áreas de serviços de pessoal;
7. Áreas administrativas e gerais;
8. Pré definição de áreas construídas;
9. Princípios de ocupação do terreno;
10. Princípios de operação do conjunto;
11. Arranjo prévio;
12. *Layout* final.

Outra ferramenta bastante útil para o entendimento é o fluxograma. Fluxograma é uma representação de um processo que utiliza símbolos gráficos para ilustrar a natureza e o fluxo deste processo. O objetivo principal da elaboração de um fluxograma é mostrar de forma descomplicada o fluxo das informações e elementos, além da sequência operacional que caracteriza o trabalho que está sendo executado (SILVEIRA, 2012).

Com a elaboração de um fluxograma é possível maior entendimento com relação aos seguintes itens:

1. Quais são os principais passos de uma sequência;
2. Quem é responsável por uma atividade;
3. Quais são os principais momentos de decisão;
4. Quais são as entradas e saídas do processo;
5. Como flui a matéria prima;
6. Quais recursos envolvidos no processo;
7. Qual é o volume de trabalho;
8. Identificar os atrasos e gargalos do processo;
9. Identificar os pontos fortes e fracos do processo;
10. Identificar desperdícios;
11. Permite uma visão ampla.

Ao elaborar um fluxograma visando identificar melhorias de um processo, deve-se ter a preocupação de mostrar o processo exatamente como ele é e não como ele deveria ser. A ilustração de um cenário realista possibilita a identificação dos pontos de melhoria. Com a visualização de todo o processo, a empresa poderá evitar complexidades desnecessárias, identificar gargalos ou simplicidade de procedimentos, simplificando e racionalizando o trabalho e facilitando a melhoria da empresa (SILVEIRA, 2012).

## 6 METODOLOGIA

A pesquisa científica consiste na busca do aprendizado sobre determinado assunto, com a finalidade de encontrar respostas ou soluções para determinada indagação (STRACHOSKI, 2011).

Quanto aos objetivos, este estudo caracteriza-se como descritivo, pois descreve as etapas do processo produtivo em uma indústria de artefatos de concreto. No que tange a tipologia da pesquisa, o trabalho é um estudo de caso, pois busca analisar as etapas da produção de uma indústria dentro do contexto real.

A indústria está localizada em Goiânia, Goiás. Está instalada em uma planta de 12.000 m<sup>2</sup>, constituída de 2.000 m<sup>2</sup> para a parte administrativa, vivência e áreas verdes e os outros 10.000 m<sup>2</sup> destinados à produção, cura e estocagem.

Na indústria os artefatos são produzidos pelo processo vibroprensado em uma máquina *Storner VPMS-5*. Sua capacidade produtiva é de 7000 blocos ou 600 m<sup>2</sup> de piso intertravado por turno de 8 horas.

São produzidos blocos da família 15 x 40 cm com resistências de 2,5 a 16 MPa. Os modelos de piso intertravado produzidos são os prismáticos e de 16 faces com alturas de 4, 6 e 8 cm e resistências alcançando 40 MPa.

Os meios de investigação serão pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e pesquisa documental.

A pesquisa bibliográfica tem como base a análise de várias publicações e o aprofundamento sobre o assunto estudado ou que o complementam, a fim de antecipar os conhecimentos sobre o mesmo. Esta etapa permite que seja feito um mapeamento do caminho a ser seguido durante a pesquisa e, desta forma, esclarecer os rumos das etapas seguintes.

A pesquisa de campo será utilizada em todas as etapas do estudo. Os dados serão coletados durante visitas técnicas onde serão feitas entrevistas com o engenheiro responsável pela empresa, o encarregado da produção e a equipe administrativa. Também serão feitos registros fotográficos de cada etapa do processo.

A pesquisa documental visa complementar a pesquisa de campo. Ela auxiliará na caracterização dos equipamentos, na identificação dos procedimentos praticados e no entendimento de etapas administrativas importantes para a compreensão completa do processo.

Os dados coletados serão confrontados ao fim da pesquisa para que sejam apresentadas a configuração do *layout* da indústria, o fluxograma das etapas do processo e a descrição detalhada de cada etapa da produção dos artefatos de concreto.

## 7 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

### 7.1 VISÃO GERAL

A indústria do presente estudo está no mercado há cerca de 3 anos produzindo artefatos pré-moldados de concreto como blocos, canaletas, *pavers*, meiofios, pingadeiras e concregrama. Possui um parque industrial com cerca de 12.000,00 m<sup>2</sup> dos quais aproximadamente 10.000,00 m<sup>2</sup> são destinados à produção e estocagem e os outros 2.000,00 m<sup>2</sup> aplicados às áreas de vivência, administração e áreas verdes.

A região de implantação destaca-se pela proximidade das vias de escoamento da produção, do mercado consumidor e dos concorrentes do ramo. Por estar no distrito industrial tem acesso a poucos serviços de infraestrutura urbana sendo eles: energia elétrica, rede de dados e internet. O terreno escolhido possui pouca inclinação e recebeu terraplanagem para facilitar a movimentação de caminhões e máquinas no pátio.

Muitos são os tipos de processos e equipamentos empregados na produção de blocos e *pavers*. O processo utilizado pela empresa é o vibroprensado, um sistema automatizado com alta eficiência e poucos empregados.

A automatização, aliada ao bom planejamento do *layout* permitiu com que o espaço usado para a produção pudesse ser reduzido a um pequeno galpão.

Do ponto de vista organizacional, a empresa está com uma estrutura funcional bem definida. Em alguns casos o mesmo funcionário é encarregado para desempenhar diferentes funções na rotina de trabalho, o que gera economia dos custos com mão de obra.

#### 7.1.1 *Layout*

O *layout* da empresa foi formulado para a integração das funções de cada parte da instalação, de forma a otimizar todas atividades ali desenvolvidas. A planta da indústria é dividida em cinco setores funcionais, como mostra a Figura 13, que desempenham diferentes papéis no processo produtivo.



**Figura 13 - Setores Funcionais.**

#### 7.1.1.1 Setor de Insumos

No setor de insumos encontramos a estrutura destinada a receber e armazenar os insumos usados pelo setor de produção. Essas estruturas são:

##### I. Baias de agregados

As baias de agregados têm como objetivo evitar a contaminação (mistura) dos materiais. Elas estão localizadas próximas à área de produção facilitando o abastecimento de agregados na usina dosadora. São no total quatro baias com área de 208 m<sup>2</sup>, cada qual destinada a armazenar um tipo de produto como podemos ver na Figura 14.



**Figura 14 - Baias de agregados.**

## II. Silo de Cimento

O cimento é armazenado à granel em um silo cilíndrico que tem capacidade de 85 toneladas como na Figura 15. Na forma à granel, o cimento é mais barato que o ensacado e as operações de carga e descarga passam a ser automatizadas aumentando a produtividade da indústria. Ele está localizado próximo à área de produção diminuindo a distância a ser percorrida pelo insumo até o misturador. Também, devido a esta posição, as operações de carga do silo acontecem no fluxo contrário à linha de produção facilitando o recebimento de materiais.



**Figura 15 - Silo para cimento à granel.**

## III. Reservatório de Água

Um dos componentes mais importantes do concreto é a água. O reservatório fica localizado a lado do silo de cimento e tem capacidade de 10.000 litros como mostra a Figura 16.



**Figura 16 - Reservatório de água metálico.**

### 7.1.1.2 Setor de Produção

Esse setor possui os equipamentos e o espaço necessário para produção da indústria ocupando um papel de destaque. Com uma área de 600 m<sup>2</sup> o galpão com pé direito de 6 metros está entre o setor de insumos e o de cura e fornece abrigo para diversas estruturas como mostrado na Figura 17.

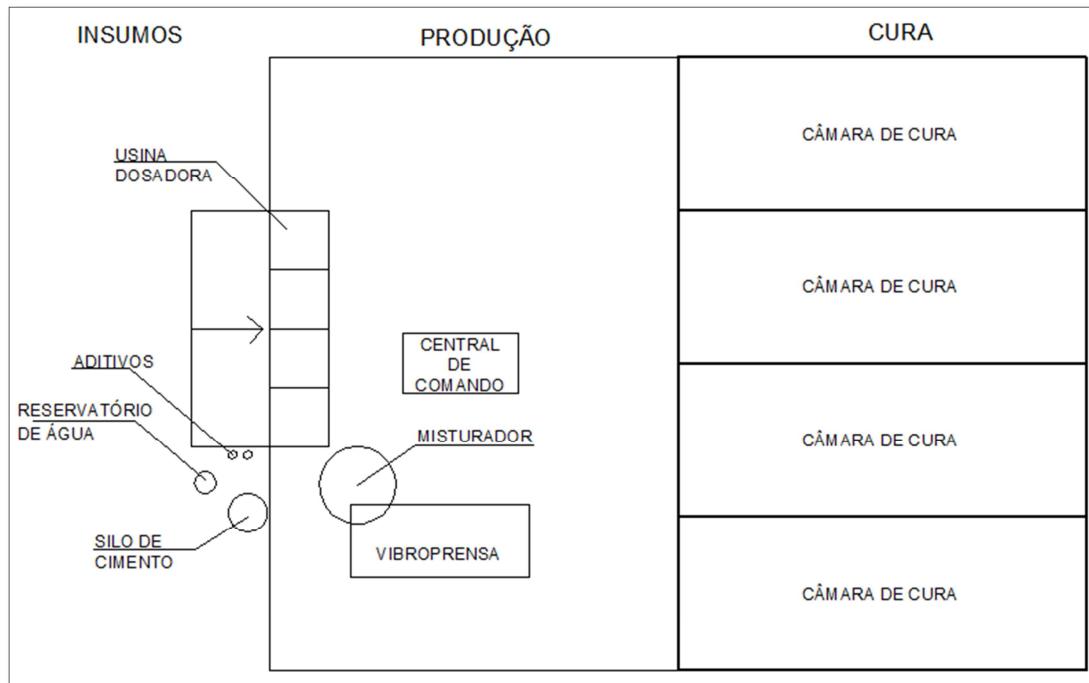


Figura 17 - Setor de Produção.

#### I. Usina Dosadora

A usina dosadora, ilustrada nas Figuras 18 e 19, é do tipo gravimétrica provida de balança controlada por CLP (Controlador Lógico Programável).

Esse equipamento faz a medição dos materiais em peso permitindo a dosagem de materiais em massa.



Figura 18 - Usina Dosadora.



**Figura 19 - Agregados em usina dosadora.**

## *II. Misturador*

O misturador está localizado acima da vibroprensa, Figura 20, e recebe os materiais constituintes do concreto. O fato de estar localizado próximo a vibroprensa facilita o transporte do material para a próxima etapa do processo.



**Figura 20 - Vibroprensa.**

## *III. Central de Comando*

O CLP (Controlador Lógico Programável) é um computador central que comanda todos os equipamentos utilizados na dosagem dos materiais. A infraestrutura necessária para abrigar esse equipamento está localizada em uma cabine denominada Central de Comando no meio da área de produção. Ela é construída em painéis com isolamento acústico e vidros em

todo o perímetro, o que permite que o operador tenha visão clara de todo o processo como visto na Figura 21.



**Figura 21 - Central de Comando.**

#### *IV. Vibroprensa*

A vibroprensa é o equipamento no qual se processam as operações de lançamento, moldagem, adensamento e desforma dos artefatos de concreto. Devido a sua grande importância ela fica localizada ao final da linha de produção próximo ao setor de cura.

##### *7.1.1.3 Setor de cura*

O setor de cura fica anexo ao setor de produção. Nele estão localizadas as Câmaras de Cura como visto na Figura 22. Elas recebem os produtos que saem da vibroprensa. As câmaras tem pé direito de 3 metros. No total são cerca 425 m<sup>2</sup> divididos em quatro partes, sendo que, esse espaço é dimensionado para receber toda a produção de um dia em apenas uma das quatro partes.



**Figura 22 – Setor de Cura.**

#### 7.1.1.4 Setor de Estocagem

O setor de estocagem conta com pátio aberto em terreno natural plano por terraplanagem, Figura 23. Nesse espaço são colocados os *pallets* dos produtos que ficam estocados para a etapa de expedição.



**Figura 23 - Setor de Estocagem.**

#### 7.1.1.5 Setor de Administração

Essa parte do *layout* conta com sala de escritório, diretoria, refeitório, copa, banheiros e casa de apoio onde reside um funcionário. Sendo assim esse espaço serve de apoio e coordenação do funcionamento da fábrica.

### 7.1.2 Fluxos

Para integrar os setores produtivos o *layout* foi elaborado de forma que os fluxos externos de insumos, clientes e colaboradores, e entrega de produtos sejam variados propiciando o melhor aproveitamento do terreno como ilustrado na Figura 24.



**Figura 24 - Fluxos Externos do processo produtivo.**

Existem também os fluxos internos ao processo produtivo que fazem parte do sistema escolhido. Eles representam a sequência dos procedimentos necessários para o funcionamento da indústria. Quanto menor o tempo gasto para executá-los, maior será a eficiência e a lucratividade.

Por isso o fluxograma das etapas do processo produtivo, Figura 25, foi aperfeiçoado usando as tecnologias disponíveis para a produção do concreto e dos artefatos visando à diminuição de movimentos desnecessários.



Figura 25 - Fluxograma das etapas do Processo Produtivo de Artefatos de Concreto.

## 7.2 ETAPAS ADMINISTRATIVAS

A parte administrativa na indústria estudada é composta por um número reduzido de colaboradores. Isso ocorre devido à simplicidade e a pequena quantidade de tarefas necessárias para a produção dos artefatos de concreto. Além disso, a informatização existente auxilia no controle dos níveis de insumo bem como controle do estoque e logística de entrega.

### 7.2.1 Propaganda e Venda

O *marketing* da indústria é basicamente direto, ou seja, os vendedores visitam as obras da região de Goiânia, Aparecida de Goiânia e interior do estado de Goiás, divulgando os produtos e a marca através de conversa com os responsáveis pelas obras, distribuição de material impresso e artefatos de concreto de mostruário. Outra forma de *marketing* é o indireto, que ocorre em decorrência de serviços já realizados, os clientes divulgam para outros em potencial.

Os vendedores são treinados e capacitados pelo engenheiro responsável pela produção através de treinamentos periódicos nos quais termos técnicos, processo de produção, tipos de artefatos de cimento, uso adequado de cada tipo de artefato e processo executivo são

explicados. Periodicamente também são realizados treinamentos para ensinar técnicas de venda.

As vendas são realizadas pelos vendedores pessoalmente nas obras ou por telefone. Após a venda o vendedor preenche uma ficha com todas as informações da venda e do comprador e a mesma é entregue ao escritório. Em posse desses dados o escritório realiza o cadastro do cliente bem como a análise de crédito para compras faturadas. Quando o pagamento é feito no cartão ou dinheiro essa etapa da análise de crédito do comprador não se faz necessária.

O departamento jurídico, o qual é terceirizado para um escritório de advocacia, providencia o contrato e o mesmo deve ser assinado em 2 (duas) vias com assinaturas reconhecidas em cartório. Uma via fica com o cliente e outra com a empresa. Nesse contrato constam todas as informações da venda como quantidade, especificações dos artefatos, data da entrega, valor da venda, forma de pagamento entre outras informações como responsabilidades das partes. Qualquer outro assunto jurídico como quebra de contrato, processos trabalhistas ou civis também são realizados pelo mesmo escritório.

A parte contábil completa a parte administrativa da indústria e é realizada por uma empresa de contabilidade terceirizada. A mesma é responsável por realização de balanços, documentos tributários e acompanhamento da situação fiscal da empresa.

### **7.2.2 *Solicitação de produção***

Após a venda ter sido realizada, o engenheiro de produção é informado e inicia o planejamento da produção levando em consideração a quantidade de peças a serem produzidas, a equipe e os insumos necessários baseado no prazo até a entrega e no traço escolhido.

O vendedor tem papel importante para analisar a necessidade real do cliente em relação ao prazo de entrega. Normalmente os clientes querem que a entrega seja o mais rápido possível, no entanto em alguns casos, nem mesmo o local para estocagem dos artefatos no canteiro de obra está liberado. Em outros casos a utilização só se dará após algum tempo, pois os serviços predecessores ainda não foram realizados. Para essa análise é necessário um

acompanhamento periódico dos vendedores ao canteiro para ajustar o prazo de acordo com a necessidade do cliente.

A logística de produção na fábrica é diária, pois a troca do molde leva um tempo para ser efetuada, ou seja, produz-se um tipo de artefato por dia. Essa troca ocorre normalmente ao final do expediente após a limpeza dos equipamentos, fôrma e da fábrica como um todo. Claro que exceções podem existir devido a imprevistos ou em caso de extrema urgência em que as fôrmas podem ser trocadas durante o expediente para a produção de mais de um tipo de artefato por dia.

### ***7.2.3 Aquisição de insumos***

Os insumos utilizados na produção de artefatos de concreto como já citado são basicamente: areia lavada, areia artificial, brita zero, pedrisco, cimento e aditivos. A aquisição é realizada pelo escritório e o momento do pedido é feito através de um controle diário do consumo no qual é coletado a quantidade de insumos utilizados em cada traço.

Essa planilha diária é preenchida manualmente pelo encarregado da produção e entregue ao final do dia ao escritório. Em posse desse documento uma planilha digital é alimentada, e o total em estoque de cada insumo é subtraído do consumo diário obtendo o nível (em toneladas) de cada insumo em estoque.

O acompanhamento da quantidade dos insumos é de extrema importância, pois não se pode deixar a indústria parar por falta de materiais. O pedido deve ser feito com certa antecedência, evitando imprevistos que possam surgir nas jazidas, pedreiras, indústria de cimento ou no transporte.

A indústria já tem os fornecedores definidos, o preço não é negociado a cada compra e sim quando os fornecedores avisam, com antecedência, sobre reajustes nos valores. Na indústria estudada existem basicamente três fornecedores, um fornece areia lavada, outro é responsável pelo fornecimento de areia artificial, brita e pedrisco, ambos localizados no município de Guapó (GO), e por último o fornecedor de cimento do município de Cezarina (GO).

O valor de venda dos insumos é basicamente o mesmo em toda a região próxima à indústria, a escolha do fornecedor se dá, normalmente, pelo preço cobrado pelo frete. A distância entre o município de Guapó e Cezarina à indústria é de aproximadamente 25 km e 59 km, respectivamente.

### **7.3 RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DE INSUMOS**

Feita a compra dos insumos faz-se necessário o controle de recebimento dos mesmos. A padronização dos fornecedores, além de gerar benefícios na etapa de aquisição dos materiais, simplifica algumas etapas do recebimento.

#### **7.3.1 Agregados**

Os agregados utilizados na indústria são os agregados graúdos brita zero e pedrisco e os agregados miúdos areia natural e areia artificial. Estes são armazenados em 4 baías de blocos de concreto de 4 x 13 metros cada. Cada baia armazena um tipo de agregado e tem capacidade de 6 caminhões de 12 m<sup>3</sup> cada.

A verificação da qualidade dos agregados é feita de forma visual, tátil e olfativa. É verificada a granulometria, cor, cheiro, existência de impurezas, matérias orgânicas, torrões de argila ou qualquer outro tipo de contaminação. A cor escura e cheiro forte, por exemplo, caracterizam presença de matéria orgânica em excesso. A padronização dos fornecedores colabora para a uniformidade da qualidade dos agregados e diminui a possibilidade de reprovação das cargas por quesitos de qualidade. A areia natural é a mais suscetível a variações, mas mesmo assim não ocorrem com frequência. Na Figura 26, é mostrado o areia natural em detalhe.



**Figura 26 – Detalhe da areia natural.**

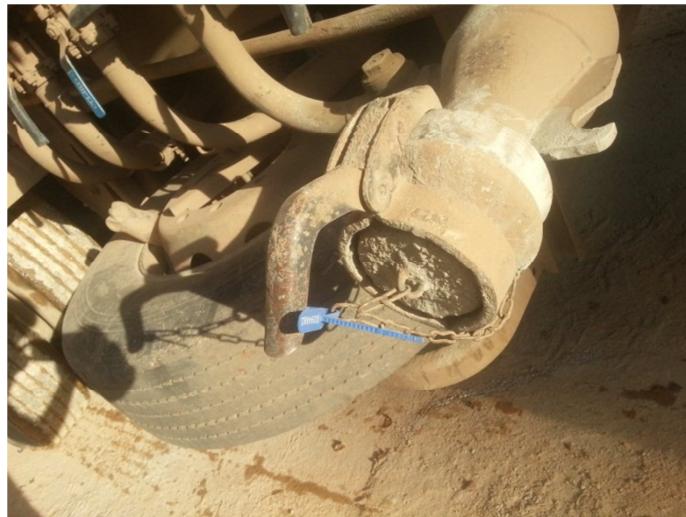
Na indústria é utilizada a areia natural “grossa” (entre 0,6 mm e 2,0 mm), que tem a quantidade recebida controlada por volume. Antes da descarga são feitas 5 medições (nos quatro cantos e no centro da caçamba) usando uma barra de ferro e uma trena para determinar a altura média da carga (média aritmética das alturas obtidas). Esta altura é multiplicada pela largura e pelo comprimento da caçamba para determinar o volume em  $m^3$  de areia. O volume obtido é comparado com o valor da nota fiscal e é liberada a descarga. A largura da baia permite que o caminhão basculante entre de ré e descarregue no local exato, sem necessidade de remanejamento de material.

A brita zero, a areia artificial e o pedrisco tem a quantidade recebida controlada por peso. O caminhão carregado é pesado, em uma balança de uma indústria vizinha, na chegada. A qualidade é verificada e então é liberada a descarga. O caminhão é pesado descarregado, a diferença entre os pesos obtidos é comparada com o valor da nota fiscal e então é assinado o canhoto de recebimento.

### 7.3.2 *Cimento*

O cimento utilizado na indústria é o CP II F 40, comprado à granel. A entrega é feita em caminhões específicos para o transporte de cimento à granel, com descarga pressurizada, em cargas de 27,5 toneladas. Assim como os agregados britados, o caminhão de cimento é pesado na entrada e na saída da indústria para conferência do peso descarregado. O caminhão

é protegido por um lacre numerado que só é retirado após conferência pelo encarregado de produção. Este sistema garante que o cimento chegue com a mesma qualidade e quantidade que saiu da cimenteira e é um controle adicional à pesagem. A Figura 27, mostra o detalhe do lacre de segurança.



**Figura 27 - Recebimento de cimento: lacre de segurança.**

Para a descarga no silo vertical, é interligado um mangote da válvula de saída do caminhão até um duto metálico fixo, que encaminha o cimento até a parte superior do silo. Feito isso o ar é comprimido no caminhão a uma pressão que varia de 1 a 2 Kg/cm<sup>2</sup>. Ao mesmo tempo injeta-se ar na válvula de saída do caminhão para que o cimento misturado ao ar vença a altura do silo vertical. A Figura 28 mostra o mangote que interliga o caminhão ao duto metálico.



**Figura 28 - Recebimento de cimento: descarga.**

### 7.3.3 Água

Nessa indústria utiliza-se água retirada de um poço artesiano no local, que fornece água potável e de boa qualidade para a produção do concreto. O armazenamento é feito em uma caixa d'água metálica até ser utilizada.

### 7.3.4 Aditivos

A indústria trabalha com o aditivo *Hagen DTplus*, tanto para a produção de blocos como para a produção de *pavers*. Este é um aditivo próprio para a produção de artefatos com concreto seco. Tem função plastificante e densificadora do concreto. Segundo o fabricante o aditivo auxilia no aumento da resistência dos artefatos, melhora a aparência (acabamento), reduz a permeabilidade e o risco de fissuras além de facilitar a desmoldagem.

O aditivo é recebido em tambores de 50 litros e armazenados em um reservatório de 200 litros como mostra a Figura 29.



**Figura 29 - Reservatório de aditivo.**

Para o uso, o aditivo é diluído em água em outros dois reservatórios (Figura 30) a uma proporção de 1:50 e permanece armazenado nos mesmos até ser destinado ao misturador.



**Figura 30 - Reservatórios de aditivo diluído.**

Além do aditivo também são utilizados corantes em pedidos especiais de pavimentos coloridos. Os corantes são recebidos em pó, em ascos de 20 Kg, e são estocados em *pallets* protegidos por lona e em local coberto. As cores mais comuns são preto, marrom, vermelho e amarelo. A Figura 31 mostra a embalagem de um corante vermelho, constituído de óxido de Ferro.



**Figura 31 - Corante vermelho óxido de ferro.**

## **7.4 DEFINIÇÃO DO TRAÇO**

O traço para cada produto e resistência é previamente calculado em massa pelo engenheiro de produção. O traço é rodado, fabrica-se um lote teste e são aferidos os seus quesitos de qualidade.

Em laboratório é feito o ensaio de resistência à compressão. A indústria não possui laboratório próprio, desta forma os ensaios são feitos em um laboratório terceirizado. Além dos testes de laboratório são verificados na própria indústria os requisitos dimensionais e os aspectos visuais de textura e defeitos de acabamento.

Os resultados dos ensaios são analisados, fazem-se pequenos ajustes no traço calculado inicialmente e então fabrica-se um novo lote teste a fim de atingir os requisitos de qualidade não atendidos. Esses ajustes ocorrem de forma cíclica até a obtenção do traço final.

Paralelamente ao traço, ajustes no misturador e na vibroprensa, assim como em todas as etapas da produção, também interferem na qualidade final dos artefatos. Durante a produção dos lotes testes também são alterados tempos do misturador, de vibração, de cura, entre outros. Todos estes fatores, em conjunto, colaboram para obtenção do artefato com a qualidade e resistência necessárias, com menor gasto de cimento e menor tempo de produção.

Um exemplo de ajuste no traço que ocorre na indústria é a alteração da granulometria da mistura. O aumento no teor de finos, ou seja, aumentar a fração de areia artificial em detrimento dos outros agregados colabora para o melhor acabamento superficial das peças. Porém isto requer um aumento na fração de cimento do traço para manter a resistência, uma vez que ocorre um aumento na área de superfície dos grãos a ser envolvida pela cauda de cimento. Neste caso, o ideal é obter a granulometria com finos suficientes para obter acabamento satisfatório para a peça e material grosso importante para obter a resistência com um traço economicamente viável.

Os traços base para os principais produtos da indústria estão apresentados na tabela 08.

**Tabela 8: Traços base.**

Artefato	Resistência	Cimento	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo	Relação A/C
<b>Pavimento</b>	22 MPa	1	6,3	2,2	0,4
<b>Pavimento</b>	35 Mpa	1	3,3	1,1	0,25
<b>Blocos e Canaletas</b>	2,5 Mpa	1	9	5	0,6

A obtenção do traço final de maneira experimental é necessária, pois para o concreto seco existe uma variação muito grande na densidade/qualidade das peças, provocada pela diferença dos equipamentos utilizados na sua compactação. Essa etapa da produção aliada às variáveis de fornecedores de materiais, eficiência na mistura, situação de cura, entre outras dificulta a obtenção de um traço exato via cálculo lógico.

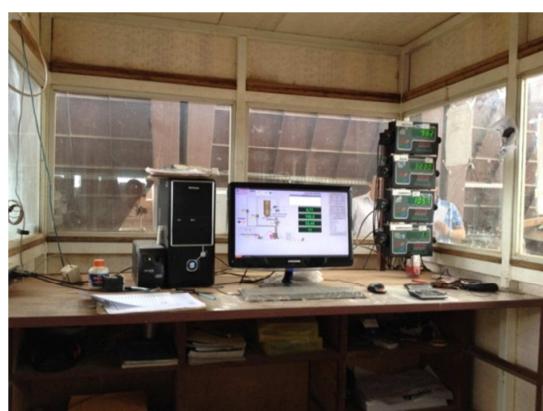
## 7.5 DOSAGEM

Definido o traço é possível fazer a dosagem dos materiais em massa.

### 7.5.1 CLP – Controlador Lógico Programável

A partir da definição do traço, a sequência do processo é controlada e automatizada pelo CLP, desde a dosagem até a mistura do concreto e alimentação da vibroprensa.

As informações são enviadas ao computador por sensores presentes no maquinário e são interpretadas por um programa que permite o controle centralizado de quase todas as etapas de produção do concreto. A Figura 32 e a Figura 33 mostram o CLP e seus componentes.

**Figura 32 - Computador e balanças.**



**Figura 33 - Quadro de comando.**

As funções do controlador serão detalhadas em cada etapa do processo produtivo em que ele está presente.

### 7.5.2 Agregados

Primeiramente os agregados são transportados das baías de armazenamento para os 4 silos que compõem a usina dosadora gravimétrica provida de balança. O transporte é feito com o auxílio de uma pá mecânica pela rampa representada na Figura 34.



**Figura 34 - Rampa de acesso aos silos da central dosadora.**

Cada silo armazena um tipo de agregado e possui o fundo afunilado em V, fechado por uma comporta. Ao ser aberta cada comporta descarrega o agregado sobre uma esteira, lisa e sem inclinação. Esta esteira está alocada sobre uma balança, que afere, em massa, a quantidade de agregado despejada. A Figura 35 mostra os silos sobre a esteira.



**Figura 35 - Silos sobre a esteira/balança.**

Em detalhe a Figura 36 mostra uma célula de carga sob a esteira.



**Figura 36 - Célula de carga sob a esteira.**

Este processo é controlado pela CLP. Nela são previamente inseridos os dados em massa do traço a ser rodado de forma que cada produto tenha um respectivo traço registrado no sistema. O operador dá a ordem para pesagem dos agregados e se inicia o processo de “rodagem do traço”. O primeiro silo é aberto até que se atinja a massa desejada. A Figura 37 ilustra esse momento.



**Figura 37 - Dosagem da areia - abertura do silo.**

Feito isso se abre a segunda comporta e, por acumulação de massa, permanece aberta até que se obtenha o valor desejado. Os dois agregados restantes são pesados da mesma forma. A Figura 38 mostra os visores das balanças de aditivo, água, cimento e agregados. No momento da foto a balança de agregados não estava carregada.



**Figura 38 - Visores das balanças da usina dosadora.**

Dosados os agregados a esteira os transporta até o *skip* que os levará até o nível do misturador. A Figura 39 mostra a esteira descarregando os agregados no *skip*.



**Figura 39 - Descarga dos agregados no skip.**

Dosados os agregados o CLP controla a subida do *skip* até o misturador, como pode ser visto na Figura 40.



**Figura 40 - Subida do skip até o misturador.**

A quantidade de agregados pode mudar ligeiramente em relação ao traço pré-estabelecido e cadastrado no CLP. Essa mudança é decorrente das diferenças nos

carregamentos de agregado recebidos. Por exemplo, se uma carga de areia natural tiver um maior teor de finos do que o esperado, é necessário aumentar a quantidade de areia natural em detrimento da areia artificial para manter a trabalhabilidade e resistência estabelecidos no traço inicial.

Geralmente as mudanças na dosagem de agregados acontecem no início do consumo de uma nova carga. Como controle, sempre é mantida a massa total de agregados prevista inicialmente. Se a quantidade de areia natural aumenta 10 Kg, um outro agregado tem sua quantidade decrescida no mesmo valor. Essas alterações são inseridas diretamente no CLP.

### 7.5.3 Cimento

O silo de cimento tem a base afunilada interligada a uma rosca transportadora helicoidal ilustrada pela Figura 41.



**Figura 41 - Ligação do silo de cimento à rosca helicoidal.**

Ao ser acionada pelo CLP a rosca transportadora leva o cimento até uma balança (Figura 42) que está alocada imediatamente acima do misturador. O processo é automático e o transporte permanece até que o peso determinado pela CLP, de cada traço, seja atingido.



**Figura 42 - Balança de cimento.**

Já pesado, uma comporta se abre ao comando do CLP e o cimento cai por gravidade no misturador.

#### **7.5.4 Água**

A quantidade de água determinada pelo traço inicial normalmente é alterada algumas vezes ao dia devido às variações nas umidades dos agregados, principalmente os miúdos. Há mudança de umidade com a variação da hora do dia, nível de insolação e a cada reposição de material no silo dosador, por exemplo.

Na determinação do traço inicial considera-se a soma da água utilizada para diluir o aditivo e a água adicionada pura. A quantidade de água adicionada com o aditivo permanece fixa, porém a água adicionada pura pode ser variada consideravelmente. Para um traço para canaletas, por exemplo, onde são adicionados 10 l de água com aditivo, a água pura pode variar de 25 l a 40 l em um dia.

O controle de umidade é feito táctil e visualmente pela equipe que trabalha diretamente na vibroprensa. A textura e aparência da mistura são avaliadas constantemente antes da prensagem e após a saída do produto da máquina e as alterações necessárias na quantidade de água são informadas ao operador do CLP. A formação de estrias nas faces das

peças recém-saídas da vibroprensa, por exemplo, indicam que a mistura foi bem adensada e que a umidade está ótima.

Assim como o cimento a água é transportada do reservatório até uma balança alocada imediatamente acima do misturador, representada pela Figura 43. Este transporte é feito por uma bomba hidráulica.



**Figura 43 - Balança de água.**

Já pesada, a água é despejada por gravidade no misturador. Como controle adicional ao peso, uma válvula instalada na saída da balança de água que também informa a quantidade de água adicionada à mistura em volume. Esta informação porém não é utilizada pelo CLP .

### 7.5.5 Aditivos

Já diluído a uma proporção de 1:50 o aditivo é bombeado do tambor onde fica armazenado até a balança de aditivos, logo acima do misturador. Assim como para a água o CLP ordena o início de funcionamento da bomba com a balança vazia e a mantém ligada até que o peso desejado seja atingido. Esta balança também é provida de uma válvula de controle de volume que não é considerada pelo CLP. A Figura 44 mostra a balança de aditivos. Em média são adicionados 200 ml de aditivo diluídos em 10 l de água por traço.



**Figura 44 - Balança de cimento.**

Os corantes também são dosados em massa, mas sua adição não é controlada pelo CLP. O corante é previamente pesado e embalado em sacos de 3,5 Kg. Quando é iniciada a dosagem de um novo traço um funcionário adiciona todo o conteúdo de um saco de 3,5 Kg ao *skip*, que levará o corante ao misturador juntamente com os agregados.

## 7.6 MISTURA

O equipamento responsável pela mistura do concreto é um misturador horizontal planetário da marca *Storrer*, representado na Figura 45.



**Figura 45 - Misturador.**

Os materiais são todos adicionados no mesmo momento ao misturador. O tempo de mistura de cada traço gira em torno de 60 s. O fato de o misturador estar alocado imediatamente acima da vibroprensa permite a descarga por gravidade no silo interno da máquina.

## 7.7 VIBROPRENSA

A vibroprensagem é a etapa central do processo produtivo. Nesta etapa é feito o que se pode comparar ao processo de lançamento, adensamento e desforma do concreto tradicional plástico. A máquina responsável por esta etapa é a Vibroprensa Hidráulica *Storror* VPMS-5, representada na Figura 46 juntamente com o misturador.

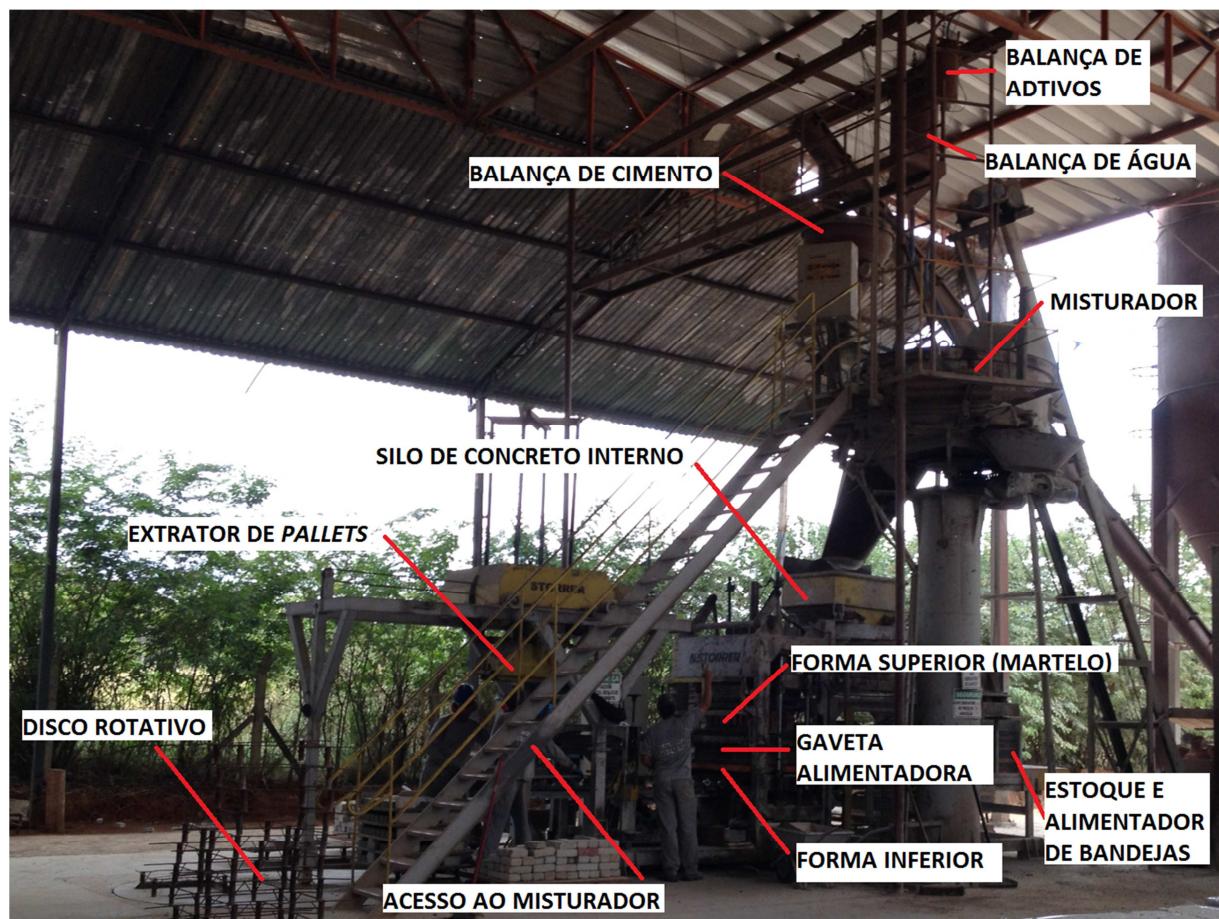


Figura 46 - Vibroprensa e seus componentes.

Esta etapa tem início com a alimentação do silo interno por gravidade pelo misturador. No fundo desse silo, uma esteira dosa a quantidade de concreto que cai sobre a gaveta alimentadora, que está imediatamente abaixo dele. A Figura 47 mostra este momento.



**Figura 47 - Preenchimento da gaveta alimentadora.**

Na extremidade anterior da máquina é mantido um estoque de bandejas de madeira de 110x73 cm. O alimentador de bandejas é acionado automaticamente. Paralelamente ao preenchimento da gaveta alimentadora a bandeja é movida horizontalmente até a posição da forma, impulsionada por um pistão, de forma a compor a sua face inferior. Esta etapa necessita de um funcionário para alimentar o estoque da máquina com as bandejas, conforme vai sendo consumido. A Figura 48 mostra esse momento:



**Figura 48 - Alimentação do estoque de bandejas.**

Já preenchida com concreto a gaveta alimentadora se move horizontalmente, impulsionada por um pistão hidráulico, até chegar sobre as formas. O movimento repetitivo do pistão (vai e volta) aliado à vibração otimiza o preenchimento das fôrmas. A Figura 49

ilustra esta etapa no momento exato em que a gaveta já preencheu metade das peças da fôrma inferior e irá avançar sobre a outra metade. Na foto é possível notar as cerdas na parte superior da gaveta, responsáveis por limpar os resíduos do último ciclo que ficaram retidos na fôrma superior (martelo).



**Figura 49 - Gaveta preenchendo a forma de pavers de 6 cm.**

Preenchida a fôrma é iniciado o processo de vibrocompactação propriamente dito. Cilindros hidráulicos comprimem o martelo (superior) sobre a forma inferior. O martelo tem o formato da forma inferior, encaixando perfeitamente dentro de seus moldes e comprimindo o concreto. A Figura 50 mostra a forma superior (martelo) utilizada para a produção de unistein e a Figura 51 mostra forma inferior utilizada para blocos.



**Figura 50 - Fôrma superior de unistein sobre bandeja de madeira e forma inferior.**



**Figura 51 - Fôrma inferior de blocos.**

Ao mesmo tempo da compactação o concreto é vibrado dentro das fôrmas. Vibradores na fôrma inferior e na forma superior são responsáveis pela vibração. A Figura 52 mostra esse momento.



**Figura 52 - Momento da vibrocompactação de pavers de 6 cm.**

Terminada a vibrocompactação as fôrmas superior e inferior são elevadas por pistões hidráulicos para desenformar as peças. Primeiramente a fôrma superior é mantida sobre as peças, segurando-as, enquanto é elevada a forma inferior, como mostra a Figura 53.



**Figura 53 - Extrusão/desforma das peças.**

Após isto o martelo também é elevado e as peças ficam dispostas conforme o desenho da forma sobre a bandeja de madeira como mostra a Figura 54.



**Figura 54 - Extrusão/desforma das peças.**

A bandeja prossegue pela máquina, movimentada por uma esteira. Logo após sair da desforma a bandeja passa por uma escova rotativa que é responsável por eliminar possíveis rebarbas em blocos e canaletas. A Figura 55 mostra a escova que, no caso de *pavers* não é utilizada.



**Figura 55 - Escova rotativa.**

Finalmente, ao fim dessa esteira, um extrator de bandejas retira a bandeja da máquina e a dispõe em pilhas. Terminados 8 ciclos da vibroprensa e dispostas as 8 bandejas em pilhas, um disco no chão sobre o qual as bandejas estão empilhadas gira para facilitar a retirada da pilha e liberar espaço para a nova pilha. A Figura 56 mostra o disco após o giro e a pilha de bandejas sendo retirada.



**Figura 56 - Disco giratório e retirada das bandejas.**

## 7.8 CURA

Recém-moldadas as peças são encaminhadas para a cura. As pilhas de bandejas são retiradas da vibroprensa com o auxílio de um *transpallet* (“burrinha”), como pode ser visto na Figura 56, e levadas para a câmara de cura. A cura é feita na própria bandeja de produção.

Cada câmara de cura dentre as quatro é dimensionada para comportar a produção de um dia. Para manter a temperatura alta no interior das câmaras o telhado é metálico e é rebaixado ao máximo, permitindo a entrada de uma pá carregadeira. Não é feito o controle da umidade nas câmaras de cura.

A Figura 57 mostra uma câmara de cura após um turno de fabricação de canaletas.



**Figura 57 - Câmara de cura (canaletas).**

O tempo de cura geralmente é de um dia para *pavers* e dois dias para blocos e canaletas. Após esse período já é feita a paletização das peças.

## 7.9 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade como mostrado anteriormente no fluxograma, ocorre em duas fases do processo produtivo. Primeiramente quando a peça sai da vibroprensa ainda no estado fresco e após a cura.

No estado fresco são aferidos os aspectos de acabamento e geométricos.

O acabamento das peças é controlado visualmente pelo encarregado da produção conforme as normas NBR 9781 (ABNT, 2013) e NBR 6136 (ABNT, 2014), para pavimento e blocos respectivamente. Entre outros requisitos as peças devem apresentar aspecto homogêneo, devem ser livres de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação.

No caso dos aspectos geométricos devem ser observadas as arestas regulares, ângulos retos e superfícies planas bem como as dimensões determinadas. A largura e o comprimento são praticamente invariáveis devido a rigidez das fôrmas, a atenção maior deve ser em relação à altura que depende da regulagem da máquina. A aferição da altura é realizada com um paquímetro, conforme a Figura 58.



**Figura 58 – Aferição da altura com uso de paquímetro.**

Os resultados do controle de qualidade no estado fresco são utilizados nos ajustes imediatos de traço e maquinário. As peças reprovadas voltam para o *skip* para retornar ao misturador. Em seguida é rodado um traço exclusivo para essas peças com os devidos ajustes de água e cimento.

Após a cura, é feito um novo controle de qualidade. São selecionados lotes aleatórios para análise de resistência à compressão em laboratório terceirizado. Caso a resistência característica não seja atingida o lote é descartado ou sofre mudança na sua finalidade. Este controle também é um fator importante para os ajustes de traço e maquinário.

## 7.10 PALETIZAÇÃO

Paletização é o termo utilizado no meio logístico que consiste em acondicionar determinado produto, no caso em estudo os artefatos de concreto, sobre um estrado de madeira chamado *pallet*. Esse processo facilita o carregamento e descarregamento, pois permite a utilização de maquinário específico no transporte.

Na indústria, ela ocorre após a cura de um dia para *pavers* e dois dias para blocos. É realizada por dois funcionários manualmente. A quantidade e a disposição de peças por *pallet* variam conforme mostrado na Tabela 9. Essa variação leva em consideração dimensão e peso das peças, pois quanto maior e mais pesada for a peça menor a quantidade por *pallet*.

**Tabela 9 - Resumo da paletização por tipo de artefato**

Paletização				
Tipo	Altura	Cor	Peças/Pallet	M <sup>2</sup> /Pallet
Paver	4 cm	Natural	900	18,75
Paver	6 cm	Natural	600	12,50
Paver	8 cm	Natural	480	10,00
Unistein	6 cm	Natural	480	13,33
Unistein	8 cm	Natural	360	10,00
Bloco	14x19x30	Natural	120	-
Canaleta	14x19x30	Natural	120	-
Concregrama		Natural	44	11,00
Meio Fio	1,00 m	Natural	21	-
Meio Fio	0,80 m	Natural	35	-
Pingadeira	22x60 cm	Natural	130	-

Após as peças serem colocadas sobre o *pallet* é realizado o envelopamento com o filme plástico *stretch*, cobrindo a metade superior do *pallet*. Além de servir como embalagem e proteção para o produto, este filme atua também como processo de cura já que mantém a umidade dos produtos por mais alguns dias, como mostrado na Figura 59.



**Figura 59 – Filme plástico *stretch* e detalhe para a retenção da umidade.**

### **7.11 ESTOCAGEM**

A etapa de estocagem é a última atividade que ocorre ainda na fábrica. Depois desse ponto os artefatos seguirão para os clientes. Após a cura e o envelopamento, os *pallets* são levados para o pátio de estocagem com a ajuda de uma empilhadeira. Essas não seguem um mapa pré-definido, apenas procura-se deixar peças iguais próximas para facilitar o carregamento posterior. O pátio de estocagem recebe os *pallets*, como mostrado na Figura 60.



**Figura 60 - Pátio de estocagem com galpão ao fundo.**

## 7.12 EXPEDIÇÃO

Para fechar toda a rotina produtiva da indústria é realizada a entrega. Normalmente são feitas quatro “cargas” (entregas) por dia, no entanto em casos especiais de urgência ou de proximidade com a indústria podem ser realizadas até seis entregas por dia. Toda a logística de entrega é definida pelo escritório, com pelo menos um dia de antecedência.

As entregas são normalmente realizadas através de um caminhão próprio equipado com *munck*, como mostrado na Figura 61. Caso a demanda seja alta ou o caminhão da indústria esteja impossibilitado de realizar a entrega são contratados fretes terceirizados, como mostrado na Figura 62.



**Figura 61 - Caminhão com *munck*, no pátio da indústria.**



**Figura 62 - Entrega com caminhão *munck* terceirizado.**

Outra opção para entrega, menos frequente, é o próprio cliente buscar os artefatos na indústria. Dessa forma além do custo para o cliente ser menor a entrega se faz mais rápida

caso o material já esteja em estoque. No entanto, caso o cliente opte por essa forma, deve avisar com antecedência para que a indústria se planeje.

Para o deslocamento de mercadoria é necessário que a nota fiscal de simples remessa ou de venda esteja no caminhão. Na chegada ao local de entrega a nota fiscal é checada pelo cliente ou representante do mesmo, caso esteja tudo de acordo com o pedido o material é descarregado por dois funcionários da indústria ou terceirizados.

## 8 CONCLUSÃO

Como base no exposto ao longo do trabalho de conclusão de curso, são apresentadas, a seguir, algumas conclusões obtidas. Cabe salientar que tais conclusões são limitadas à indústria estudada.

Conforme já mencionado, esse trabalho teve como objetivo identificar e descrever as rotinas do processo produtivo em uma indústria de artefatos de concreto, localizada em Goiânia, Goiás.

A revisão bibliográfica deu embasamento teórico para identificar de forma crítica pontos positivos da indústria.

Dentre eles, vale ressaltar, o *layout* bem definido. O mesmo foi elaborado para otimizar o fluxo de materiais e processos produtivos, desde o recebimento dos insumos até a expedição. Não foram identificados gargalos na produção.

Outro ponto positivo identificado é a qualidade final dos artefatos de concreto. Esse fato ocorre devido ao conjunto de procedimentos adotados. Podendo-se destacar a padronização dos fornecedores, precisão na dosagem, eficiência na mistura, vibroprensagem, cura e controle de qualidade.

No entanto, é possível propor melhorias em alguns aspectos. Ao invés de lotes aleatórios todos os lotes deveriam ser ensaiados, a fim de se aumentar a padronização e o controle na qualidade dos produtos. Deveriam ser feitos também os testes de absorção de água, resistência à abrasão e retração linear por secagem, conforme preconizado pelas normas vigentes.

Foram identificadas folhas e outras impurezas nas baias de agregados. Tais impurezas são provenientes do ambiente da própria indústria, e não dos fornecedores. Uma solução para este problema é cobrir as baias de agregados, a fim de aumentar a proteção do meio.

Apesar de eficiente, também podem ser apontadas melhorias na cura. Como por exemplo, o uso de ventiladores aspersores, pintura preta na parte externa das telhas, pintura

impermeabilizante nas paredes e fechamento das baías, a fim de se obter uma cura a vapor. Ainda nos procedimentos de cura o filme *stretch* deveria cobrir todo o conteúdo do *pallet*.

O trabalho permitiu ao grupo um grande crescimento profissional. Pois, foi possível obter um aprofundamento no estudo do concreto e de seus materiais constituintes. Destacando os parâmetros de qualidade e as diferenças entre concreto seco e plástico.

Também permitiu o estudo aprofundado dos blocos e *pavers*, suas características, usos e prescrições normativas.

É valido salientar, que o mercado não segue sempre os requisitos preconizados pelas normas e bibliografias. Como no caso dos *pavers* destinados ao fluxo exclusivo de pedestres, onde o mercado não julga necessário a resistência mínima de 35 MPa, estabelecida por norma. Também é aconselhável a utilização do cimento CP V-ARI, a fim de diminuir as quebras no manuseio das peças no dia seguinte à moldagem. No entanto, o uso de CP II-F apresentou resultados satisfatórios.

Sobre o traço base de blocos, o valor de 0,6 para a relação a/c chama atenção por se aproximar de um valor característico de concretos plásticos. O mesmo acontece para os pavimentos de 22 Mpa. Tal valor é explicado pelo baixo consumo de cimento em relação à massa total do traço permitido pelo processo vibroprensado. A alta quantidade de agregados em relação à de cimento e de água torna o concreto “seco”, mesmo com uma alta quantidade de água em relação ao cimento.

Outro ponto que contribuiu para crescimento do grupo foi a familiarização com uma indústria e o seu processo produtivo. Os conceitos adquiridos de layout e fluxograma podem ser utilizados para o entendimento e análise crítica de outras indústrias em geral.

Por fim, o trabalho permitiu o contato com engenheiros que atuam há algum tempo na área. A absorção de conhecimento técnico e de gestão e a realidade do mercado foram de grande valia para o crescimento profissional do grupo.

## **9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A partir desse trabalho é possível aprofundar o estudo nos seguintes temas:

1. Comparar o processo produtivo da indústria em estudo aos requisitos necessários para se obter as certificações. A partir disso propor as mudanças necessárias.
2. Avaliar se uma resistência menor que a preconizada pela norma para os blocos de concreto para pavimentação, atenderia os requisitos necessários para o fluxo exclusivo de pedestres.
3. Analisar o traço da indústria e propor refinamentos caso se faça necessário.

## REFERÊNCIAS

ABATTE, V. **Cura pode ser úmida, a vapor, elétrica ou química.** Edição nº 71 Revista Techne, 2003.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768:** Aditivos químicos para concreto de Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578:** Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 3310-2:** Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação Parte 2: Peneiras de ensaio de chapa metálica perfurada. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935:** Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** Agregados para Concreto. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR- 9939:** Agregado graúdo – Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45** Agregado - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248** Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 6467** Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 14931** Execução de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

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

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

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

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2013.

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

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

ASTM: American Society for Testing and Materials. ASTM C979 / C979M: Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete, Pensilvânia, Estados Unidos da América, 2010.

BASTOS, P. S. S. **Contribuição ao projeto de edifícios em alvenaria estrutural pelo método das tensões admissíveis**. 1993, 252f. (Dissertação em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

BAUER, L.A. FALCAO. **Materiais de Construção** . 5<sup>a</sup> ed. São Paulo: LTC 2001.

BITTENCORT, S. F. **Avaliação da resistência à compressão de pavers produzidos com agregados de resíduos de construção e areia de fundição**. 2012, 125 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Inovação) - Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2012.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** 2006, 53f. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

CAMAROTTO A. JOÃO. **Projeto de Instalações Industriais.** UFSCar - DEP Projeto de Instalações Industriais.

SILVEIRA BERTULUCCI. **Fluxograma de Processo – O que é, como elaborar e benefícios.** Publicado em 17/11/2013. Disponível em: <http://www.citisystems.com.br/fluxograma/> (Acesso em: 23/11/2013).

CICHINELLI, G. **Paver com 16 faces.** 2012. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/61/paver-com-16-faces-confira-como-calcular-os-materiais-291332-1.aspx>. (Acesso em 23/11/2013).

CRUZ, L. O. M. **Pavimento intertravado de concreto: Estudo dos elementos e métodos de dimensionamento.** 2003. 186p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ. 2003.

EVANGELISTA, A.C. **Dosagem do concreto.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.cicil.ee.ufrj.br/luisotavioDCC\\_Ufrjmateriais2apostiladosagem.pdf](http://www.cicil.ee.ufrj.br/luisotavioDCC_Ufrjmateriais2apostiladosagem.pdf).

FERNANDES, I. D. **Blocos e Pavers – Produção e Controle de Qualidade.** 4. Ed. Ribeirão Preto: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2013. 200 p.

FIORATTI A. NETÚLIO. **Processo de Produção do concreto.** Ficha Complementar – texto para Orientação. Disponível em: [http://netulio.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066781/processo\\_de\\_produo\\_do\\_concreto.pdf](http://netulio.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066781/processo_de_produo_do_concreto.pdf) (Acesso em 23/11/2013).

FRANCO, J. M. **Produção de blocos de concreto para pavimentação (bcp) utilizando resíduos de galvanoplastia.** 2011, 152f. (Dissertação em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

**FONSECA, G.S. Adições minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no brasil: uma abordagem epistêmica.** 2010, 105F. (Dissertação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2010.

**GREGORIO, L. T. Orientações para fabricação de blocos de concreto e Pisos intertravados.** PROJETO SHS Solução Habitacional Simples, Rio de Janeiro/ Cachoeira Paulista, 2012.

**HALLACK, A. Dimensionamento de pavimentos com revestimento de peças pré-moldadas de concreto para áreas portuárias e industriais.** 1998, 116f.Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo – Escola Politécnica, São Paulo, Brasil, 1998.

**ISAIA, G. C. O Concreto: da Era Clássica à contemporânea.** In: Concreto: Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. p.1-43.

**JUNIOR, V. O. Recomendações para projeto em Edifícios de Alvenaria Estrutural.** 1992, 273f. (Dissertação em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

**LIMA, A. J. M.; IWAKIRI, S. Produtos Alternativos na Produção de Blocos para Alvenaria Estrutural.** Floresta e Ambiente 2011.

**MARTINS, H. F. Avaliação da influência da adição de fibras de aço nas peças de concreto para pavimentação.** 2001, 124f. (Dissertação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

**MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais.** 1 ed. São Paulo: PINI, 1994.

**NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto.** 1 ed. São Paulo: Pini, 1982. 738 p.

**NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto.** 2 ed. São Paulo: Pini, 1997. 828 p.

**OLIVEIRA, C.A.S. Escória Ativada.** Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG – CPGEM, 2001.

**PEC FORMAS.** Disponível em: <http://www.pecformas.com.br>. (Acesso em 23/11/2013).

**PIROLA, F. C. Contribuição Para O Estudo De Concreto Seco Utilizado Na Fabricação De Peças De Concreto Para Pavimentação De 50mpa.** 2011, 164 f. (Dissertação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

**SIMIENSKOSKI, A. Avaliação da influência da adição de fibras de aço nas peças de concreto para pavimentação.** 2010, 152f. (Dissertação em Tecnologia do Concreto) – Departamento de Tecnologia do Concreto, Instituto IDD, Curitiba, 2010.

**STRACHOSKI, P. Análise de viabilidade econômica de um projeto de investimento em uma indústria de artefatos de cimento.** 2011, 60f. (Dissertação em Contabilidade Gerencial) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.

**TANGO, C.E.S. Produção, Transporte e Controle do Concreto.** In: Concreto: Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005..

**TUTIKIAN, B.F;HELENE,P. Concreto Ciência e Tecnologia – Cap. 12 - Dosagem dos concretos de cimento Portland.** 2011 (IBRACON).