IAU - USP – SÃO CARLOS

Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos

REVESTIMENTOS HIDRÁULICOS

Entre arte e tecnologia: Passado, presente e novas possibilidades

CARLOS ROBERTO BERGAMO DE LIMA

Orientador: Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

São Carlos

Novembro / 2015

IAU - USP – SÃO CARLOS

Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos

REVESTIMENTOS HIDRÁULICOS
Entre arte e tecnologia
Passado, presente e novas possibilidades
“versão corrigida”

Dissertação para nível de mestrado da área de concentração:
Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia
alinhado com a pesquisa de novos materiais

CARLOS ROBERTO BERGAMO DE LIMA

Orientador: Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

São Carlos

Dezembro / 2015

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Arquiteto e Urbanista **Carlos Roberto Bergamo de Lima**

Título da dissertação: **"Revestimentos Hidráulicos: entre a arte e tecnologia: passado, presente e novas possibilidades"**

Data da defesa: **10/12/2015**

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. **Javier Mazariegos Pablos (Orientador)**
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo - USP)

APROVADO

Prof. Dr. **Bruno Luis Damineli**
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo - USP)

APROVADO

Prof. Dr. **Almir Sales**
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)

APROVADO

Coordenadora e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: **Profa. Dra. Cibeles Saliba Rizek**

Ficha catalográfica

L734L Lima, Carlos Roberto Bergamo de
Revestimentos Hidráulicos: Entre arte e tecnologia: Passado, presente e novas possibilidades/Carlos Roberto Bergamo de Lima.- 2015
213. f. : a 494 il.)
Dissertação (para nível de mestrado da área de concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia alinhado com a pesquisa de novos materiais)
IAU –Instituto de Arquitetura E Urbanismo, São Carlos, 2015
Orientador: Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

1. Revestimentos hidráulicos. 2. Geometria dos revestimentos hidráulicos. 3. Processos tradicionais de produção de revestimentos. 4. Uso de Concretos de alto desempenho para revestimentos hidráulicos. 5. Novos designs para revestimentos hidráulicos.

Agradecimentos

Agradeço a todos que me incentivaram a buscar o conhecimento científico como uma forma de complementar para minha atuação como artista.

Especialmente agradeço a minha esposa Adriana Barroso e ao amigo Willian Miosso Moura que não admitiram que eu desistisse, ao professor e artista Dr. Eduvaldo Sichieri que me recebeu como aluno ouvinte, ao Prof. Dr. Javier Mazzariegos Pablos, orientador desta pesquisa, que tolerante com minhas limitações, incentivou-me a superá-las, através de uma abordagem metodológica científica que permitiria ampliar meus horizontes.

Agradeço aos amigos técnicos do laboratório de pesquisas de materiais, Paulo Brescansin, Sergio Trevelin e Paulo Pratavieira e a todos os professores e funcionários do IAU (Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos) com quem tive a honra de conviver.

Dedico esse trabalho a meus pais José e Adelina, que não estão mais entre nós, aos meus irmãos, aos meus filhos Lucas, e Julia, aos meus pais adotivos Elza e Lauro e, especialmente, a minha esposa Adriana.

Esta pesquisa somente foi possível devido ao apoio recebido da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

RESUMO

LIMA, C.R.B. Revestimentos Hidráulicos, Entre arte e tecnologia: Passado, presente e novas possibilidades. 2015. 218 f. Dissertação (Mestrado) – IAU (Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos), USP (Universidade de São Paulo, São Paulo), 2015.

Esta pesquisa estuda a evolução histórica, estética e tecnológica ocorrida na produção de revestimentos de pisos e paredes, tendo o ladrilho hidráulico como referência principal, com o objetivo de apresentar aos artistas e artesãos as novas tecnologias de produção de CAD (concretos de alto desempenho) e endurecedores químicos de superfície para a produção de murais e pisos adequados a estética contemporânea

Para a utilização coerente deste material na produção artística contemporânea é necessário compreender que a sua técnica produtiva e estética peculiar são resultados de conflitos históricos e de múltiplas experiências e circunstâncias que ocorreram em diversos campos do conhecimento. Estas influências são difíceis de serem abarcadas em sua totalidade, no entanto é preciso desvendar parte destes processos sob o risco de produzirem-se obras anacrônicas tanto em termos tecnológicos como estéticos.

A atual produção artesanal de revestimentos hidráulicos ocorre, em grande parte, com conhecimentos empíricos de artesãos e artistas que ainda utilizam técnicas e estéticas do sec. XIX. Esta simples reprodução nos dias atuais, obedecendo a suas antigas formulações, sem a atualização com as novas tecnologias de produção de concreto, e sem a participação nas discussões sobre a “estética contemporânea” reduzem as possibilidades do material, tornando-o apenas uma espécie de relicário saudosista e revivalista.

A pesquisa demonstra que o Ladrilho Hidráulico se situa no limiar entre as ciências humanas e exatas e que é um significante que precisa ser claramente conceituado para compreender-se com mais clareza seus significados.

Em sintonia com a área das ciências humanas, a pesquisa buscou a formação de conceitos, tendo como base o desvendamento das influências históricas sofridas pelo material, com estudos sobre arte, estética, tecnologia, geometria, filosofia, neurologia, padrões e antigas técnicas correlatas de produção artística de revestimento mural; como o afresco, o mosaico, o esgraffito, o azulejo e a tapeçaria que são processos artísticos que guardam semelhanças técnicas e estéticas com o ladrilho hidráulico e permitem traçar paralelos esclarecedores sobre suas origens e possível atualização enquanto material artesanal artístico e decorativo na contemporaneidade.

Em sintonia com a área das ciências exatas, a pesquisa buscou atualizar e simplificar a tecnologia de produção do revestimento hidráulico utilizando novos concretos de alto desempenho (CAD), concretos auto adensáveis(CAA), endurecedores químicos de superfície visando melhorar as qualidades mecânicas e estéticas do material, dispensando do uso prensas, testando combinações de pigmentos e texturas e fazendo uma análise laboratorial comparativa entre o material tradicional e o produzido com novas tecnologias.

ABSTRACT

LIMA, C.R.B. Hydraulic tiles, Between Art and Technology: Past, present and new possibilities. 2015. 218 f. Dissertação (Mestrado) – IAU (Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos), USP Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

This research studies the historical evolution, aesthetic and technological occurred in the production of floor and wall coverings, and the hydraulic tile as the main reference, with the aim of presenting artists and artisans new CAD production technologies (high performance concrete) and chemical surface hardeners suitable for the production of artistic aesthetics wall contemporary

For the consistent use of this material in contemporary artistic production it is necessary to understand that their production technique and peculiar aesthetics are the result of historical conflicts and multiple experiences and circumstances that occurred in various fields of knowledge. These influences are difficult to be embraced in its entirety, however you need to unravel part of these processes at the risk of producing-works anachronistic both in technological and aesthetic terms.

The current artisanal production of hydraulic coatings occurs largely with empirical knowledge of craftsmen and artists who still use techniques and aesthetics of sec. XIX. This simple reproduction today, obeying its old formulations without upgrading to the new concrete production technologies, and without the participation in discussions of ``aesthetic contemporânea`` reduce the possibilities of the material, making it the only one kind of nostalgic shrine and revivalist. Research shows that the tiles Hydraulic stands on the threshold between the humanities and sciences and it is significant that needs to be clearly conceptualized to be understood more clearly their meanings.

In line with the area of the humanities, the survey sought the formation of concepts, based on the unveiling of the historical influences suffered by the material, studies on art, aesthetics, technology, geometry, philosophy, neurology, patterns and old related techniques artistic production of wall coverings; as the fresco, mosaic, the esgraffito, tile and upholstery that are artistic processes that keep technical and aesthetic similarities with the hydraulic tile and allow to draw enlightening parallels about their origins and possible update as artistic and decorative handmade stuff nowadays.

In line with the area of the exact sciences, the research sought to update and simplify the production technology of hydraulic coating using new high-performance concrete (CAD), concrete self compacting (CAA), chemical surface hardening to improve the mechanical and aesthetic qualities material, eliminating the use presses, testing combinations of pigments and textures and making a comparative analysis between traditional laboratory material and produced with new technologies.

Sumário

Resumo/ Abstract.....	05
1 - Considerações iniciais.....	12
2 - Ladrilhos Hidráulicos – Breve História.....	13
3 - Formação de conceitos.....	18
3.1 - Ladrilhos Hidráulicos – Tecnologia - Arte e Técnica.....	18
3.2 - Tecnologia – Origens gregas do termo.....	18
3.3 - Da idade média até a contemporaneidade.....	18
3.4 - A fotografia.....	25
4 - Geometria	26
4.1 - Geometria e ladrilhos hidráulicos.....	26
4.2 - Revestimentos de pisos e paredes desde a pré – história até a modernidade.....	26
4.3 - Padronagens mais comuns usadas em Ladrilhos Hidráulicos.....	32
4.3.1 - Florões	32
4.3.2 Ladrilhos Hidráulicos Centrais.....	32
4.3.3 Ladrilhos Hidráulicos – Contínuos.....	32
4.3.4 Ladrilhos Hidráulicos – Molduras, faixas e cantoneiras.....	33
4.3.5 Ladrilhos Hidráulicos – Tosetos.....	33
4.3.6 Ladrilhos em relevo	33
4.4 - Padrões geométricos na visão de Platão.....	34
4.5 - O Vésica Piscis - Ad Quadratum e Ad Triangulum.....	35
4.6 - Padrões numa visão psicológica e neurológica materialista	37
4.7 - Simetria.....	39
4.7.1 - Simetria por translação - repetição simples.....	39
4.7.2 - Simetria por translação invertida - repetição invertida.....	39
4.7.3 - Simetria especular – (por espelhamento simples)	40
4.7.4 - Simetria especular – (por espelhamento duplo e inversão)	40
4.7.5 - Simetria especular – (por espelhamento duplo e dupla inversão)	40
4.7.6 - Simetria por rotação com centro vazio equidistante.....	41
4.8 - Padrões geométricos Islâmicos em Alhambra	44
4.8.1 - Padrão ordem dois - rotação e repetição	44
4.8.2 - Padrão ordem dois - ângulo de rotação e espelhamento.....	44
4.8.3 - Padrão ordem 3 - Rotação.....	45
4.8.4 - Padrão ordem 4	47
4.8.5 - Padrão ordem 6.....	47
4.8.6 - Padrão ``Passarinho Nazari`` a partir da particao do triângulo	48
4.8.7 - Padrão a partir da secção do quadrado	48
4.8.8 - Etapas da secção do padrão quadrado.....	49
4.8.9 - Padrão Diagrama ``Signo de Salomão`` – Alhambra – Espanha.....	49
4.9 - Influência da geometria islâmica sobre Penrose e Escher.	50
4.9.1 - Pavimentação baseada em Geometria Fractal.....	51
4.9.2 – Pavimentação geométrica ‘‘Penrose’’	52
4.9.3 - Pavimentacao geometrica baseada no teorema das quatro cores.....	56
5 - Antigos técnicas de Revestimentos Artísticos de Pisos e Paredes.....	57
5.1 - O Mosaico Artístico	58
5.1.2 -Mosaico de cones da mesopotâmia.....	61

5.1.3 - Mosaico de seixos rolados.....	62
5.1.4 - Mosaico segundo a técnica grega e bizantina.....	63
5.1.5 - Mosaico de Ravena - técnica de reversão.....	60
5.1.6 - Mosaico - ``seminato venesiano``	65
5.1.7 - Mosaico - Técnicas ``atuais``	66
5.2 - O Afresco - Breve História	67
5.2.1 – Etapas de Preparação do muro para pintura afresco.....	73
5.2.2 - 1ª etapa - Ariccio (ou emboço ou mortero)	74
5.2.3 – 2ª. etapa - O ``Intonaco``	75
5.2.4 – 3ª Etapa – O ``Enlucido``	75
5.2.5 – Etapas da pintura de um afresco sobre a argamassa úmida.....	76
5.2.6 – 1ª. Etapa - O cartão.....	76
5.2.7 – 2ª. Etapa - O Espolvo (spolvero)	76
5.2.8 – 3ª. Etapa - Aplicação da sinopia.....	77
5.2.9 – 4ª. Etapa - Aplicação do intonaco.....	77
5.2.10 – 5ª. Etapa - pintura.....	77
5.3 - Revestimento cerâmico - O azulejo.....	78
5.3.1 - Azulejaria brasileira.....	80
5.3.2 - A técnica tradicional da produção do azulejo.....	81
5.3.3 - Etapas de produção do ``azulejo português``	83
5.3.4 - Pintura em Azulejo `` Sob – vidrado`` e ``Sobre vidrado``	84
5.3.5 - Técnicas básicas de cerâmica esmaltada.....	86
5.4 - Esgrafito.....	87
5.4.1 - Técnica do Sgraffito com argamassa de cal	89
5.5 - Revestimento de cimento pigmentado ``Cimento Queimado``	91
5.5.1 - Pintura direta com tinta de base cimentícia	92
5.5.2 - Revestimentos cimentícios moldados com borracha de silicone.....	93
5.6 - Processo tradicional de produção de ladrilhos hidráulicos.....	94
5.6.1 - Esquema estrutural do ladrilho hidráulico	95
5.7- Etapas da produção do Ladrilho Hidráulico tradicional.....	96
5.7.1 - 1ª. etapa - Preparação da pasta colorida.....	96
5.7.2 - 2ª. Etapa - Escolha do molde.....	97
5.7.3 - 3ª. Etapa - Colocação da tinta colorida dentro do molde ornamentado.....	97
5.7.4 - 4ª. Etapa - Remoção cuidadosa do molde.....	98
5.7.5 - 5ª. Etapa - Espalhamento de cimento em pó sobre a peça úmida.....	98
5.7.6 - 6ª. Etapa - Enchimento suporte de ferro com uma argamassa.....	98
5.7.7 - 7ª. Etapa - Fechamento do suporte com tampa de ferro robusta.....	99
5.7.8 - 8ª. Etapa - Prensagem manualmente.....	99
5.7.9 - 9ª. Etapa - Secagem por no mínimo 12 horas.....	99
5.7.10 - 10ª. Etapa - Mergulhar em água limpa por pelo menos 24 horas.....	99
5.8 - Ladrilhos hidráulicos da região de Athangudi na Índia.....	100
5.8.1 – Processo direto de produção de Ladrilhos Hidráulicos sem o uso de prensas na região de Athangudi – Índia.....	101
6 - Ladrilhos Hidráulicos e novas tecnologias - Estado da Arte.....	105
6.1 - Concreto de Alto Desempenho (CAD)	107
6.2 - Concreto Auto-adensável.....	108
7 - Caracterização dos Materiais.....	109
7.1 - Aglomerantes	109
7.1.2 - Classificação dos Aglomerantes:	109
7.1.3 - Aglomerantes Inertes:	109
7.1.4 - Aglomerantes Aéreos:	109
7.1.5 - Aglomerantes Hidráulicos:	109
7.1.6 - Aglomerantes Poliméricos:	109

7.2 - O cimento	110
7.2.1 - Origens, mitos e fábulas	110
7.2.2 - Opus caementitium (Concreto Romano)	112
7.2.3 - Cal Pozolânica	112
7.2.4 - Cal Hidráulica	113
7.2.5 - O cimento na Idade Média	113
7.2.6 - O cimento no Renascimento	113
7.2.7 - O cimento e a revolução industrial	113
8 – Composição, fabricação e tipificação do cimento Portland	114
8.1- Clínquer	114
8.1.2 – Gesso	114
8.1.3 – Calcário	114
8.2 - Processo de produção do cimento	115
8.2.1 - Mineração	115
8.2.2 - Pré-homogeneização de matérias-primas	115
8.2.3 - Moagem de matérias-primas	115
8.2.4 - Pré-aquecimento	115
8.2.5 – Clinquerização	115
8.2.6 – Resfriamento	115
8.2.7 - Combustíveis	115
8.3 – Ilustração sobre a Fabricação dos cimentos	116
8.4- Tipificação dos cimentos	116
8.4.1 - Cimentos adequados a produção de ladrilhos hidráulicos	118
8.4.2 - CP V ARI - (Alta Resistência Inicial)	118
8.4.3 - Cimento Portland Branco (CPB)	118
9 - Empacotamento e dispersão das partículas	119
9.1 - Dispersão das partículas de cimento	119
9.2 - Empacotamento das partículas do cimento	120
9.3 - Efeito Füller	120
10 - Aditivos Minerais	123
10.1.- Pozolanas	124
10.1.2- Silica Ativa / Microsilica	125
10.1.3- Granulometria da sílica ativa	126
10.1.4. Metacaulim	127
10.1.5 -Escória siderúrgica	127
10.1.6 - Resíduo de serragem de mármore e granito (RSMG)	127
11 -Endurecedores químicos de superfície	128
11.1 - Mecanismos de atuação química dos endurecedores de superfície	129
11.2 - Etapas para a aplicação de endurecedores químicos a base de silicatos de sódio, silicato de potássio ou fluorossilicato de magnésio em superfícies de cimento Portland	
12 - Aditivos Plastificantes	130
12.1 - Classificação dos aditivos plastificantes	130
12.1.1 - Lignosulfonatos	130
12.1.2 - Sulfonato de naftaleno e melamina sulfonato	130
12.1.3- Policarboxilatos	130
12.2 - Aditivos retardadores de secagem	131
12.2.1 - Aditivos: Tipo R – Retardantes	131
12.2.2 - Aditivos: Tipo PR – Plastificantes e retardantes	131
13 - Pigmentos para a produção de ladrilhos hidráulicos	132
13.1 - Propriedades dos pigmentos	132
13.1.2 - Pigmentos brancos	132
13.1.3 - Pigmentos amarelos	132

13.1.4 - Pigmentos alaranjados.....	132
13.1.5 - Pigmentos vermelhos.....	133
13.1.6 - Pigmentos verdes.....	133
13.1.7 - Pigmentos azuis.....	133
13.1.8 - Pigmentos violeta.....	133
13.1.9 - Pigmentos ``pardos``.....	133
13.2 - Toxicidade dos pigmentos	133
14 - Produção de concretos de melhor desempenho com equipamentos simples e materiais disponíveis em oficinas artesanais.....	134
14.1 - Separação manual dos agregados com peneiras comuns.....	135
15 - Caracterização laboratorial dos Agregados utilizados.....	136
15.1 - Granulometria dos agregados 1 e 2(areia media e areia fina)...pg	
15.1.2 - Massa Específica dos agregados 1 e 2 (areia media e areia fina)	137
15.1.3 - Massa unitárias dos agregados 1 e 2 (areia media e areia fina).....	137
15.1.4 - Massa unitária da mistura dos agregados 1 e 2	137
15.1.5 - Massa específica do pó de mármore branco.....	139
15.1.6 - Massa unitária do pó de mármore branco.....	140
15.1.7 - Granulometria do pó de mármore branco.....	140
16 - Aplicação prática dos resultados da pesquisa na produção de revestimentos hidráulicos para fins artísticos.....	142
16.1 - O traço.....	143
16.2 - Traços comparativos entre massa e volume do cimento e agregados.....	143
16.3 - Receitas de argamassas facilmente produzíveis em oficinas de artesanato.....	143
16.4 - Traço da argamassa para teste de fluidez e auto adensabilidade - Slamp.....	144
16.5 - Os pigmentos utilizados nesta pesquisa.....	145
16.6- Aplicação de endurecedores químicos de superfície.....	145
16.7 - Argamassas para assentamento.....	145
16.7 - Argamassas para assentamento.....	145
16.7.1 - Tipos de Argamassa.....	145
16.7.2 - Rendimento de Argamassa por Metro Quadrado.....	145
17 - Preços no varejo dos materiais utilizados nesta pesquisa para a produção de revestimentos hidráulicos.....	146
17.1.2 - Preço do Cimento CP 5 - ARI (Alta Resistencia Inicial) :	146
17.1.3 - Preço do Cimento CPB 40 - Cimento Brando Estrutural :	146
17.1.4 - Preço da Areia fina (tipo 1) :	146
17.1.5 - Preço da Areia média (tipo 2) :	146
17.1.6 - Preço do Policarboxilato ``BASF Glenium 51``:.....	146
17.1.8 - Preço da Silica Ativa:	146
17.1.9 - Preço da Água:	146
17.1.10 Preço dos Pigmentos:	146
17.2 - Consumo e custo de materiais necessários para a produção de revestimentos hidráulicos com 20cm x 20cm x 1,5 cm - traço 1x2.....	147
17.2.1 - Consumo de Cimento CP 5 - ARI (Alta Resistencia Inicial) :	147
17.2.2 - Consumo de Cimento CPB 40 - Cimento Brando Estrutural :	147
17.2.3 - Consumo de Areia fina (tipo 1) :	147
17.2.4 - Consumo de Areia média (tipo 2) :	147
17.2.5 - Consumo de Policarboxilato:.....	147
17.2.6 - Consumo de Silica ativa:	147
17.2.7 - Consumo de Pigmentos:	147
17.2.8 - Consumo de Água:	147

17.3 - Custos totais em real brasileiro:	147
17.3.1 - Custo material total de cada ladrilho com 20cm x 20cm x 1,5cm:	147
17.3.2 - Custo do m2 do ladrilho com 20cm x 20cm x 1,5cm:	147
17.3.3 - Custo material total de cada ladrilho com 20cm x 20cm x 1,0cm:	147
17.3.4 - Custo do m2 do ladrilho com 20cm x 20cm x 1,0cm:	147
18 - Revestimentos hidráulicos desenvolvidos pelo autor da pesquisa baseado em antigos processos usando-se concreto auto adensável.	148
18.1 – Técnica de inversão com cimento:	148
18.2– Técnica ‘aresta’ com cimento:	151
18.3 - O Sgraffito feito com cimento:	152
18.4 – Pintura ‘Afresco’ com cimento:	153
18.5 – Superfície de ‘Alto brilho’:	154
18.6 – mosaico de tecelas de cimento policromático:	155
18.7 – Objetos policromados em relevo obtidos através de moldes:	156
18.8 - Tesselas de cimento policromático para mosaico:	157
19 - Ensaios de Resistência do material desenvolvido	
19.1 - Ensaio de Resistência à compressão axial simples :	158
19.2 – Ensaio de tração na flexão à flexão :	159
19.2.1 – Teste de tração na Flexão em Ladrilhos Hidráulicos prensados, com mais de um ano de idade, comprados no comércio de São Carlos – SP –Brasil - (Traço desconhecido):	159
19.2.2 – Teste de tração na Flexão em Ladrilhos Hidráulicos produzidos pelo autor da pesquisa, com argamassa feita com cimento comum CP2, sem aditivos e sem prensagem ,com 28 dias de idade em Setembro de 2015, traço 1x3:	156
19.2.3 - Teste de tração na Flexão em Ladrilhos Hidráulicos produzidos pelo autor da pesquisa, com argamassa auto adensável, feita com cimento ARI (Alta Resistencia Inicial), aos 9 dias de cura, com traço: 1x3:	161
19.3 – Teste laboratorial de Absorção de água dos ladrilhos produzidos com argamassa auto adensável:	162
20 – Conclusão:	163
21 - Referencias bibliográficas:	166
22 - Referência de imagens:	173
23 - Anexos	178
Anexo 1 : Desenhos desenvolvidos pelo autor desta pesquisa, com o objetivo de criar murais artísticos com argamassa auto adensável:	179

1 - Considerações iniciais

Não se busca nesta pesquisa reproduzir a antiga estética dos ladrilhos hidráulicos usando-se novas tecnologias, e sim a atualização tecnológica desse material visando adequá-lo as novas possibilidades estéticas da arte e do design contemporâneos.

O uso de CAD (Concretos de Auto Desempenho), de CAA (concretos auto adensáveis) e de endurecedores químicos de superfície de concreto pode ser um grande aliado dos artistas e artesãos (mesmo os que trabalham em modestas oficinas), pois dispensa o uso de prensas utilizadas na compactação da argamassa.

A dispensa do uso de prensas é um dos principais objetivos da pesquisa, pois, além de ser equipamento de alto custo, ocupa espaço considerável nas oficinas e limita o artesão a produzir ladrilhos com poucos formatos fixo. O uso de concreto auto adensável permite formas livres e de dimensões variadas com texturas e desenhos mais complexos.

Atualmente alguns artesãos começam a utilizar prensas elétricas que contribuem para o impacto ambiental aumentando o consumo de energia e o custo de produção.

Considerando que os artistas e artesãos, em geral, trabalham sem recursos tecnológicos avançados, esta pesquisa utilizou materiais baratos e de fácil acesso como: areias de rio, pó de mármore e cimento Portland e ferramentas simples, disponíveis nas pequenas oficinas, como: Colheres de pedreiro, pás, peneiras domésticas de calibre variado, (para uma melhor definição granulométrica dos agregados) , balanças domésticas para a dosagem dos aditivos minerais e aditivos plastificantes, visando uma melhor compactação das partículas, melhor reologia do compósito, melhor trabalhabilidade...enfim equipamentos simples e acessíveis.

Foram desenvolvidas amostragens de ladrilhos hidráulicos, feitas com concreto de alto desempenho e concreto auto adensável adaptados a produção de pequenas oficinas, com estudos de dosagens de materiais, estudos de cores e texturas .

Foram feitos testes laboratoriais comparativos entre o material tradicionalmente produzido e o desenvolvido com novas tecnologias.

A pesquisa resgata algumas técnicas tradicionais de produção de ladrilhos hidráulicos que dispensam o uso de prensas, mas estão caindo em desuso, como o caso dos Ladrilhos da aldeia de Athangudi na Índia.

Com a adequação desta antiga técnica as novas tecnologias, a pesquisa obteve revestimentos hidráulicos de diversos tamanhos, formatos e texturas, variando do mate ao alto brilho, com grande resistência compressão, tração e abrasão, possibilitando seu uso, tanto no revestimento de pisos quanto de paredes, com qualidade e preços competitivos.

2 - Ladrilhos Hidráulicos – Breve História

O termo hidráulico se deve a utilização de água como agente endurecedor da argamassa de base cimentícia. Com o surgimento do cimento Portland no século XIX, a técnica se consolidou e se mantém praticamente a mesma, porém passa por estudos, que buscam novas tecnologias, visando sua aprimoramento e ampliação das áreas de uso.

“O ladrilho hidráulico é produzido e usado tradicionalmente desde o século XIX, nas áreas urbanas do Mediterrâneo: França, Espanha, Portugal, Itália e ex-colônias europeias na África do Norte e América Latina.

Muito utilizado na Europa no século XIX, chegou ao Brasil através da importação (principalmente de Portugal); no final do século XIX, começou ali as primeiras fábricas para o revestimento.

No século XX o material se destacou nomeadamente nas regiões mediterrânicas com ao movimento Art Nouveau e art Deco.

Atualmente com os movimentos “revivals”, resurge como uma opção de piso e revestimento.” a ser produzido por imigrantes italianos residentes em São Paulo (a técnica foi trazida para o país por um cônsul suíço) sendo criadas

Os ladrilhos hidráulicos são revestimentos produzidos com aglomerantes hidráulicos (cimentos Portland), definidos como placa de concreto de alta resistência ao desgaste para acabamento de paredes e pisos internos e externos, contendo uma superfície com textura lisa ou em relevo, colorido ou não, de formato quadrado, retangular ou outra forma geométrica definida.”

Fonte - PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. Manual de Ladrilho Hidráulico: Passeio Público. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 28p

Imagem: 2.1 e 2.2 - Ladrilhos Hidraulicos –

Fonte- Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 47, p. 53-74, 2008

Imagem: 2.3 Forma metálica para ladrilho hidráulico

Fonte- <http://casa.abril.com.br/materia/ladrilho-hidraulico-exposicao-mostra-a-criacao-de-ladrilhos-hidraulicos>

A referência mais remota sobre ladrilhos hidráulicos, apontando a sua consolidação como alternativa à pedra natural (mármore principalmente) e a cerâmica é de 1857.

“Foi na Exposição Universal de Paris em 1867, onde a empresa Garret, Rivet & Co apresentou um tipo de revestimento que não requeria queima em forno cerâmico, mas apenas consolidação por prensas.[Gonzales]”

As medidas foram basicamente as mesmas dos azulejos 10 x 10, 15 x 15, 20 x 20, 25 x 25 e 40 x 40 cm, mas mais frequentemente foram a 20 x 20.

A técnica contribuiu para o desenvolvimento do Art Nouveau, pois os desenhos eram mais “atuais” e os fabricantes contavam com designers de moda entre os seus colaboradores, como Alexandre de Riquer, Domenechi Montaner, Josep Puig, Josep Pasco.

Antoni Gaudí projetou um pavimento para a casa Batlló e para a casa Mila, que agora pavimentam as calçadas do “Paseo de Gracia” em Barcelona, com desenhos que representam formas geométricas, florais ou vegetais.

Imagem: 2.4 -Propaganda da fábrica “Orsola, i Solà cia” em 1894 na revista The Ilustración Española y Americana.

Imagem: 2.5 - Ladrilho de Alexandre de Riquer, Barcelona

- Imagem: 2.6 - Ladrilho de Domenechi Montaner
Fonte- <http://www.escofet.com/pages/museo/museo.aspx?Mas=true>

Partido inicialmente do fator “história do processo” podemos entender o ladrilho como uma solução manufatureira pré - industrial.

Sua produção, mesmo nos dias atuais, geralmente se dá em pequenas oficinas com equipamentos precários e rudimentares.

A razão de seu aparecimento, nos pisos e paredes do final do sec. XIX, deu-se pelo fato de o ladrilho hidráulico dispensar, nas oficinas, a utilização de fornos cerâmicos em sua fabricação, que era um processo demorado e complicado. Atualmente, com as novas tecnologias cerâmicas, esta situação se inverteu, no entanto, naquela época, foi um fator determinante para sua utilização.

Outra característica fundamental é sua alta resistência mecânica, com superfície resistente ao pisoteamento e aplicação de cargas, e com uma superfície mais robusta que a dos antigos azulejos.

Este diferencial (dispensa de fornos) simplificou a implantação de oficinas especializadas em sua fabricação, pois o endurecimento das “peças” se dá pela “cura” do cimento portland, em temperatura ambiente, que possibilitava uma franca concorrência com os pisos cerâmicos, inclusive azulejos, que dependiam de fornos de alta temperatura, com grande consumo de energia, provinda de madeira ou carvão, com custos elevados que oneravam o valor do produto final.

Quanto ao imaginário popular, o ladrilho hidráulico remete a igrejas, teatros, e casarões do final do sec. XIX e começo do sec. XX; ativam lembranças e antigas vivências nesses ambientes “Belle Époque” e provocam sentimentos nostálgicos naqueles que neles tiveram experiências de vida.

Essa nostalgia, esse saudosismo, seriam combatidos acirradamente pelo movimento modernista europeu que tinha aversão ao “ornamento gratuito”. associando-o à cultura burguesa, eclesiástica e monarquista que pretendiam “destronar”.

Imagem: 2.7 -2. 8- 2.9 - Ladrilhos de Domenechi Montaner
Fonte- <http://www.escofet.com/pages/museo/museo.aspx?Mas=true>

A influencia do art nouveau e art deco se fazem notar nos desenhos, onde motivos florais são comuns, como nesse exemplo de um pavimento de autoria de Antonio Gaudi.

Imagem 2.10 - Pavimento hidráulico desenhado por Gaudí e colocado no “ Paseo de Gracia de Barcelona”.

Forma metálica em negativo

Ladrilho em positivo

Imagem 2.11 - Pavimento hidráulico desenhado por Gaudí e colocado no “ Paseo de Gracia de Barcelona”.

Pavimentação por simetria de rotação em 120 graus

Imagem 2.12 - Pavimento hidráulico desenhado por Gaudí e colocado no “ Paseo de Gracia de Barcelona”.
fonte - <http://www.escofet.com/pages/museo/museo.aspx?Mas=true>

O ladrilho hidráulico adentra ao modernismo timidamente e não consegue superar a luta, desencadeada pelo movimento, opondo funcionalismo contra artesanato.

O ladrilho hidráulico, ligado diretamente ao neo-classico e ao Art- Noveau passou a ser considerado ‘reacionário’ e retrogrado. Somente alguns poucos revivalistas iriam utilizá-lo.

Entre as poucas experiências com a utilização do ladrilho hidráulico em edificações modernistas destaca-se a Casa Burés, um edifício modernista em Barcelona projetado por Berenguer (assinado por Miguel Pascual e seco), sendo Berenguer, colaborador próximo de Antonio Gaudí, recebeu o título de arquiteto. Foi construído entre 1900 e 1905 por ordem do industrial têxtil e Burés Borrás.

Pavimento hidráulico formado por pequenas lajotas de cor solida - Casa Burés (Barcelona)

Imagem: 2.13 - fonte - <http://www.escofet.com/pages/museo/museo.aspx?Mas=true>

Considerando a recuperação e ressignificação que o azulejo sofreu no decorrer do sec. 20, e considerando as suas semelhanças com o ladrilho hidráulico, é plausível imaginar-se uma recuperação do ladrilho hidráulico enquanto legítimo representante de uma cultura particular, que foi combatida devido a circunstâncias políticas e econômicas, mas que agora permitem uma outra leitura mais generosa.

Assim, não é de todo absurdo, imaginar-se o ressurgimento do ladrilho, não como um objeto revivalista, mas sim com uma nova e própria personalidade e, para tanto, torna-se necessário uma clara formação de conceitos sobre o material.

3 - Formação de conceitos

3.1 - Ladrilhos Hidráulicos – Tecnologia - Arte e Técnica

O ladrilho hidráulico é resultado de evoluções tecnológicas e o desenvolvimento de uma compreensão conceitual, simbólica e sócio, tendo a tecnologia como elemento tangível, perceptível e material desse processo histórico, e seu reatamento na atualidade, cria uma comunicação entre elementos dispersos como política, economia, lutas sociais e étnicas e mostra como extrair essências e sínteses de um significativo (o ladrilho) atribuindo-lhe significado.

Atualmente a simples reutilização do material, em pisos e revestimentos, buscando o “revivalismo”, sem um desenvolvimento de conceitos sobre esse processo, vem tornando a técnica anacrônica e esclerosada, não acompanhando as formas contemporâneas de pensar e produzir arte.

É necessário entender o Ladrilho Hidráulico enquanto construção histórica, envolvendo seus processos tecnológicos, seus personagens e aqueles a estes vinculados, compreender seu imagético peculiar, entender o “ambiente histórico” em que ocorreu, e poderá ocorrer, e entender seu significado para o público que o utilizou e utiliza e poderá utilizar.

“O conceito é o eixo em torno do qual se situa nossa compreensão. É com conceitos que nos entendemos, que elaboramos nossa visão de mundo, das coisas, de nós mesmos. O gosto não nasce sozinho, sem um conceito prévio que nos indica que podemos compreender, e que logo podemos aceitar o que vemos, ouvimos ou sentimos. Por outro lado, chamamos de arte contemporânea aquilo que vemos e que, todavia, não conseguimos delimitar muito bem. Se não a entendemos é que não temos um conceito preciso do que ela seja. Ela escapa aos nossos conceitos prévios e, por isso, nos perturba.” Marcia Tiburi

O termo “tecnologia” tem compreensões diversas e interpretações variadas e abrange interpretações muitas vezes conflitantes. Trataria apenas das qualidades “exatas”, físico, química e mecânicas dos objetos e da “aplicabilidade prática” dos materiais ou seria uma atividade mais “humana” indefinível?

3.2 - Tecnologia – Origens gregas do termo

A palavra tecnologia tem origem grega e é formada pela junção dos termos “Techne” (arte e técnica) e “logia” (estudo metódico).

O termo “techne” pode ser traduzido ambigualmente como “arte” e “técnica” e sofreu com o tempo diversas interpretações.

*“Techne - (do grego) a palavra se origina do grego techné cuja tradução é arte, técnica, ofício, portanto, a técnica confundia-se com a arte, tendo sido separada desta ao longo dos tempos. É o procedimento ou o conjunto de procedimentos que têm como objetivo obter um determinado resultado, seja no campo da Ciência, da Tecnologia, das Artes ou em outra atividade. No ser humano, a técnica surge de sua relação com o meio e se caracteriza por ser consciente, reflexiva, inventiva e fundamentalmente individual. ...”
Fonte: <http://plato.stanford.edu/entries/episteme-techne>*

Platão distingue o mundo humano sensível do universo imutável das idéias. No mito da caverna, Platão define a condição dos homens como: ``Aprisionados em um mundo de sombras, onde é impossível vislumbrar diretamente a ``realidade `` , mas apenas reflexos pálidos do mundo das idéias imutáveis`` Fonte : Platão - A República (VII) .

Para Platão a arte seria a estratégia, necessária aos homens, que ansiavam vislumbrar, mesmo que veladamente, o mundo ideal.

O esforço para a obtenção das habilidades técnicas (Techne) seria um processo de ``sacrifício`` (ofício sagrado) em que, através da compreensão e refinamento de habilidades virtuosas, se alcançaria a manifestação de obras que espelhariam a ``perfeição divina``.

O artesão ou artista seria aquele indivíduo que desenvolvia a (techne) que permitia manipular a physis (natureza) e possuía a virtude (virtuose) que possibilitava a representação do real (mundo das ideias) no irreal (mundo objetivo) e, a partir desse manuseio e verossimilhança, alcançar os favores dos deuses, especialmente da deusa Tique (Sorte ou Fortuna) . (Brandão)

``Physis , no contexto dos primeiros filósofos, é o conjunto de todas as coisas naturais que existem . A palavra também significa origem. Como os gregos da época consideravam que tudo o que existe é natural, e "o problema da physis" é a pergunta sobre a origem e a constituição de todas as coisas que existem. ``

Fonte: <http://oficinadefilosofia.wordpress.com/2011/04/03/physis-cosmos-arche-logos/>

``Tique ou Fortuna era a deusa da sorte (boa ou má), da esperança. Era representada portando uma cornucópia e um timão, que simbolizavam a distribuição de bens e a coordenação da vida dos homens, e geralmente estava cega ou com a vista tapada (como a moderna imagem da justiça), pois distribuía seus desígnios aleatoriamente. ``

Fonte: Mitologia Grega, vol III, Junito de Souza Brandão, ed. Vozes – disponível em 03/06/2014

Aristóteles considerava o ``mundo das idéias`` (de maneira oposta a Platão) como inerente e pertencente ao mundo das coisas e sentidos e a techne (arte) como um processo de imitação do mundo sensível pelas imperfeições sensoriais humanas , portanto uma atividade menor, se comparada a atividades do intelecto. (Dorter)

Imagem 3.1 e 3.2 - Escola de Atenas – Rafael – Vaticano - sec XVI
idealismo-de-platão que aponta para céu –
em oposição ao -materialismo de-aristoteles que aponta para a terra/
Fonte <https://aliancacadada.wordpress.com/2012/08/23/>

``Para os gregos antigos , todas as artes mecânicas , incluindo a pintura, escultura, medicina e a música são atividades para as classes mais baixas, enquanto a classe alta praticaria as artes liberais de homens "livres". O aforismo Inglês , "senhores não trabalham com suas mãos", diz-se que teve origem na Grécia antiga em relação à sua cínica visão sobre as artes.`` (Dorter)

Platão aponta a arte enquanto habilidade virtuosística que visava imitar e era apenas reflexo do mundo divino ideal, e Aristóteles, opostamente entendia a arte enquanto pensamento que era reflexo do mundo concreto material. (Dorter)

Pode-se identificar nessas duas concepções básicas de arte, (platônica e Aristotélica) uma luta que atravessaria séculos, ou seja, idealismo (sagrado) versus materialismo (profano).

Na atualidade a arte conceitual guarda semelhanças de discurso que remontam aos antigos gregos aristotélicos e seus detratores baseiam-se, em assertivas platônicas já propostas na Grécia clássica. (Cabral)

“Na arte conceitual, as reflexões e pensamentos do artista seriam mais importantes do que o objeto de arte em si. O artista organiza as reflexões já existentes na área sobre uma arte que se desenvolve somente no campo das idéias, abandonando um pouco a materialidade da obra de arte. Questões clássicas das artes plásticas como a composição, estudo de cor e a uso da luz podem não ter sentido nenhum na arte conceitual.”

(Fonseca, 2009) fonte: Actas del VII CIBEM ISSN 2301-0797 3654

<http://www.cibem7.semur.edu.uy/7/actas/pdfs/1024.pdf>

Podem conviver em uma mesma obra Platão e Aristóteles?

Considerando a possibilidade dialética de que a arte possa ser uma síntese desses dois polos, (Platônico e Aristotélico), opostos mas complementares, inicia-se esta abordagem sobre a utilização de revestimentos hidráulicos com objetivo de produção de obras de arte em espaços abertos, especialmente espaços públicos.

“Os conceitos de arte, como quaisquer conceitos, se dão no tempo. São formulados na história em função de muitos aspectos, tais como poderes econômicos, teorias de filósofos e críticos e, é claro, os trabalhos dos artistas. Mudam os tempos, mudam as perspectivas teóricas e práticas, mudam os pensamentos e as sensibilidades. Por isso, o que se entendia por arte há séculos é diferente do que se entende por arte hoje em dia.” Márcia Tiburi

Quando se trata de ladrilhos hidráulicos não basta definir seus aspectos imagéticos, e iconográficos, pois é indispensável conhecer seu “saber fazer específico”, sua materialidade específica, que envolve artistas e artesãos atuando em suas oficinas.

Desta maneira a história do ladrilho hidráulico passa a ser reflexo da vida do homem, com seus conflitos, suas dores e sofrimentos.

“Todo o lugar tem um passado. Esse passado pode, num dado momento, sofrer intervenções. Assim é possível submetê-lo a processos de esquecimento e apagamento, que tudo fazem para provocar a amnésia forçada e de uma sociedade, levada a esquecer o que não é desejado, num determinado tempo, implantando outra memória, condicionada a um regime de verdade intencionalmente criado. Porém, num processo inverso, pode-se provocar o reavivamento e redimensionamento da memória de uma comunidade, submetendo-a a um processo de coleta de vestígios, sinais, marcas que ficaram na memória das pessoas, nos registros em papéis, em fotografias, em imagens, em símbolos e demais marcadores que podem identificar um tempo passado. São processos aparentemente antagônicos – reavivamento/apagamento – mas com pontos de convergências que se entrecruzam. Ambos estão vinculados a processos de esquecimento e lembrança, duas faces da memória que podem referir-se tanto a memória de um indivíduo como de um pequeno grupo que compartilha alguns aspectos de vida em comum ou ainda de uma cidade, como espaço geográfico e social, caracterizando uma comunidade.” (Fonseca, 2009)

Considerando que “*todo o lugar tem um passado*” o ladrilho torna-se uma referência importante, pois a produção desses signos adquire caráter simbólico e a semiótica desse processo torna-se tão ou mais importante que o processo em si.

Símbolo:

“O termo símbolo, com origem no grego σύμβολον (sýmbolon), designa um elemento representativo que está (realidade visível) em lugar de algo (realidade invisível) que tanto pode ser um objecto como um conceito ou idéia, determinada quantidade ou qualidade. O “símbolo” é um elemento essencial no processo de comunicação, encontrando-se difundido pelo cotidiano e pelas mais variadas vertentes do saber humano”. (Morris)

Simbologia:

“Simbologia é a ciência que estuda a origem, a interpretação e a arte de criar símbolos. Todas as sociedades humanas possuem símbolos que expressam mitos, crenças, fatos, situações ou ideias, sendo umas das formas de representação da realidade. De acordo com Cornelius Castoriadis e Gilbert Durand, é através da representação simbólica que nos apropriamos do mundo.” (Morris)

Semiotica:

“A Semiótica (do grego semeiotiké ou “a arte dos sinais”) é a ciência geral dos signos e da semiose que estuda todos os fenômenos culturais como se fossem sistemas sógnicos, isto é, sistemas de significação. A semiótica é a disciplina que se ocupa do estudo dos símbolos, do seu processo e sistema em geral. Outras disciplinas especificam metodologias de estudo consoante a área, como a semântica, que se ocupa do simbolismo na linguagem, ou seja, das palavras, ou a psicanálise, que, entre outros, se debruça sobre a interpretação do simbolismo nos sonhos. De acordo com a semiótica podemos resumir símbolo como (Alguma coisa que representa algo para alguém).” (Morris)

3.3 - Da idade média até a contemporaneidade

“A cultura é reflexo de processos históricos e concepções de cultura são produtos de lutas de classe” (Karl Marx - O capital)

O apogeu e o declínio do uso do revestimento hidráulico foi consequência dos conflitos políticos, econômicos e culturais ocorridos na transição entre o antigo sistema de produção artesanal medieval, sua evolução para a manufatura pré industrial, e final superação devida a imposição do sistema moderno de produção industrial seriada.

A partir do sec. XV, o enriquecimento dos capitalistas que financiavam as empreitadas econômicas e militares levaria a uma tensão nas esferas de poder.

Começava a se manifestar o pensamento humanista que se afastaria do teocentrismo medieval (Deus como centro) e colocaria o antropocentrismo (homem como centro) no comando dos objetivos da ciência e o homem como dono do seu destino.

As famílias de banqueiros em ascensão e as famílias nobres tradicionais disputavam o espaço político e econômico, Infiltrando-se, inter-relacionando-se e “consanguinando-se”, quando necessário, e ocupando cargos de mando, inclusive o papado, impondo uma “faxina” nos conceitos artísticos, culturais.

As grandes famílias dos novos ricos, que não eram nem nobres nem eclesiásticos, lentamente importavam sua nova visão de mundo buscando afastar-se dos antigos paradigmas artísticos e culturais.

Como não havia a disposição nenhuma referência artística paradigmática que satisfizesse aos interesses do novo grupo a solução seria recorrer às escavações em busca de filósofos e artistas e fazer os antigos gregos e romanos “pagãos” passarem por um “Renascimento” pois, a arte Gótica, obra de Godos, Visigodos e Ostrogodos, a quem chamavam de “bárbaros do norte”, não mais satisfazia aos interesses do novo grupo em ascensão.

Os revestimentos de pisos e paredes passaram a ter motivos baseados em temas Greco-romanos descobertos durante escavações. O material mais comum nos pisos das igrejas e palácios seriam a pedra e a madeira, onde se admirava a ornamentação baseada em desenhos geométricos e florais complexos. Esse gosto estético viria a influenciar o ladrilho hidráulico que buscava imitar esse tipo de decoração.

O pensamento renascentista humanista (pagão em essência) sobreviveu, por muito tempo, disfarçado de cristianismo, pois opor-se a fé cristã, com uma confrontação direta, naquele período, seria colocar a própria vida em risco.

O advento do “século das luzes” e a revolução francesa, no sec. XVIII, enfraqueceriam as monarquias e a perda de poder por parte da igreja cristã, abrindo caminho para as revoluções tecnológicas que culminariam na revolução industrial e no acúmulo de capitais nas mãos de novos grupos de diferentes origens.

No final do sec. XIX, e começo do sec. 20, as antigas formas de arte seriam novamente colocadas em questionamento pelos novos atores que ocupavam o poder. O avanço da revolução industrial exigia mão de obra cada vez mais especializada.

Os antigos sistemas políticos e econômicos representados pelas antigas monarquias e pelo poder da igreja, sustentados por sistemas produtivos baseados na produção artesanal em pequena escala e, sustentados pela produção agrária e pelas antigas formas de transmissão de conhecimento, nos moldes das antigas corporações de ofício (mestre e aprendiz), estariam colocadas em confronto com as necessidades criadas pelos meios de produção em massa e seriam demolidas para que surgissem novos valores e novas formas de produção.

As antigas elites empobrecidas ainda tentariam, ainda uma vez mais, manter seu espaço de poder e, para tanto, tornara-se necessário demolir novamente as “antigas estruturas” para que

uma “nova forma de arte pudesse surgir” e, no sec. XIX, novamente iria se tentar tirar os gregos e romanos da tumba com a implantação do neoclássico.

Nesse contexto surge o ladrilho hidráulico como solução manufatureira, pré industrial, de produção mais barata, para a ornamentação de pisos em palácios, igrejas e residências. Imitava-se a aparência estética da pedra ornamental, porém com um material menos dispendiosos e de produção mais simples, porém esta tentativa de manter nas aparências as antigas estruturas estava com os dias contados, pois o modernismo e a produção em escala industrial esmurravam as portas e não deixariam pedra sobre pedra.

Na Europa, grandes populações, de camponeses que habitavam regiões agrícolas empobrecidas e pequenos artesãos que subsistiam nos subúrbios das cidades, devido a falta de trabalho e cansados das seguidas guerras, foram estimuladas a emigrar para as Américas em busca de uma vida melhor.

No Brasil a proibição da escravidão gerava escassez de mão de obra barata, e aquele enorme contingente de imigrantes seria utilizado para abastecer as lavouras e as primeiras fábricas.

O imigrante seria um elemento que alteraria as relações sociais inserindo hábitos, gostos e novas tecnologias. Para a população local, as “novas” tecnologias” trazidas da Europa criariam elementos de diferenciação de classes, e nesse contexto, o ladrilho hidráulico se tornaria um símbolo de diferenciação social.

Ladrilhos com desenhos sofisticados seriam “artigos de luxo” que estariam ao alcance econômico das classes abastadas e igrejas. Ladrilhos simplificados seriam produto barato para ornamentação de vias públicas e calçadas, o cimento queimado “vermelhão” para os de poucas posses e piso de terra batida para os muito pobres.

Surgem pequenas oficinas manufatureiras, de propriedade de imigrantes europeus, onde se produzia o ladrilho hidráulico artesanalmente para atender as elites afeitas a imitar, com atraso, o que ocorria na Europa.

Mas também no Brasil, mesmo que com atraso, o caminho para a produção em escala industrial passaria pela expropriação do trabalho das mãos do trabalhador e desprezo pelo virtuosismo e maestria do trabalho artesanal. De forma paulatina, os artesãos seriam dominados pelo capital, que o organizaria em sistemas de manufatura, onde a habilidade manual ainda estaria presente, porém em franca decadência, culminando no sistema de produção em massa, com a alienação do trabalhador, que não mais teria domínio sobre a totalidade do sistema produtivo, executando apenas fragmentos do trabalho.

Considerando que, a força de trabalho e sua “habilidades” eram características culturais que conferiam orgulho de classe ao trabalhador, ...destruir esse sistema de orgulho de classe seria

uma forma de promover a alienação e a dominação necessárias à implantação do sistema industrial.

Concordando com essas premissas, compreende-se o rápido desaparecimento dos últimos movimentos artísticos baseados em habilidades artesanais como o Art nouveau, Art Deco, “Arquitetura do Ferro”, movimento Art and Crafts e mesmo a escola Bauhaus, e sua rápida substituição pelo pensamento modernista que desprezava o “ornamento” que é produto artesanal.

“O Movimento estético Arts & Crafts (artes e ofícios) surgido na Inglaterra, na segunda metade do século XIX defendia o “artesanato criativo” como alternativa à mecanização e à produção em massa e pregava o fim da distinção entre o artesão e o artista.

A Bauhaus foi fundada como uma escola de arte por Walter Gropius em Weimar em 1919 e fechada em 1933 e buscou uma fusão de arte e artesanato”.

ARGAN, Giulio Carlo; Arte moderna, São Paulo: Cia das Letras, 1992

A arquitetura modernista europeia, em busca de “linhas puras” e de um “internacional Estile”, onde “menos é mais” (Mies Van Der Hore) repudiaria o ornamento e o “adorno gratuito causador de poluição estética”, e adotaria outros materiais mais econômicos produzidos em escala industrial, executados por mão de obra menos sofisticada. Os modernistas se converteriam no ideal estético buscado pelos industriais e receberiam destes todo estímulo e honrarias em um processo de retroalimentação.

A ortogonalidade modernista eliminaria habilidades artesanais e maestrias virtuosísticas causadoras de “demoras produtivas” e imporiam o consumo de matérias primas e produtos em grande escala e, por fim, demoliria o antigo sistema cultural.

A desvalorização e o desprezo pelo trabalho manual e pelo virtuosismo artístico, seria resultado do mesmo processo necessário para completar a implantação do sistema de produção industrial de massa sobre a produção cultural. O artista “artesão” deveria perder sua moeda de troca, ou seja, seu virtuosismo e maestria artesanal e sua concepção de arte.

“o processo histórico segundo o qual a subsunção formal do trabalho ao capital, criou a necessidade e as condições para a diminuição do valor da força de trabalho e que exigia a subsunção real do trabalho ao capital, materializada pelo controle do processo de trabalho e que, por sua vez, implicou, contraditoriamente, a redução do preço da força de trabalho abaixo de seu valor. De forma potencializada, este fenômeno, aliado ao domínio do capital sobre praticamente todas as atividades humanas, resultou, na contemporaneidade, numa subsunção da vida dos trabalhadores ao capital, ou melhor, numa subsunção real da vida social ao capital.” (Tumolo)

Nesse contexto, as produções artísticas contemporâneas, tomando Duchamp como referência, são o braço forte do capitalismo impondo suas condições:

“Duchamp lutou contra o domínio das mãos, contra enfim, o gradativo entorpecimento emocional, racional e psíquico, que essa mecanicidade, fatalmente provocaria no indivíduo” “Seu objetivo era “libertar a arte do domínio da mão”... Cildo Meirelles – Inserção nos circuitos ideológicos.1948.

3.4 – A fotografia

O advento da fotografia e do cinema no século XIX permitiriam atingir uma parcela maior da população criando tensões entre os antigos meios e a nova sociedade.

Segundo Walter Benjamin “ao estimularem em níveis tremendos esta “cópia do real” torna-se corriqueira e não mais algo único, digno de um pedestal e “*A obra de arte na era da sua reprodutibilidade técnica*”, acabaria por perder sua “aura mágica”, sua “unicidade”, “singularidade” e “autenticidade” e seu “valor de culto” seria drasticamente alterado graças à tecnologia industrial vigente e as novas relações sociais. Isso criaria um impasse para os artistas e artesãos que os obrigaria a repensar seus valores ou estaria decretada, segundo Hegel, “a morte da arte”.

Os conflitos no contexto da arte se dão de maneira dialética onde tese, antítese e síntese se retroalimentam em um processo infinito.

No atual contexto de conflito pós-moderno o ladrilho hidráulico passa por um processo de resignificação e torna-se um elemento emblemático que interliga dois períodos distintos: o pré-industrial e o pós-industrial.

Atualmente é possível reproduzir a estética peculiar do ladrilho hidráulicos através de meios fotográficos e digitais, usando-se modernos computadores para tratamento de imagens e modernas impressoras que trabalham em suportes como cerâmica, mas isso seria apenas uma falsificação das características do material, apenas a “imitação” de texturas.

A utilização de novos concretos consorciada ao uso de novas tecnologias digitais abrem um campo, muito mais vasto, para o design de revestimentos hidráulicos, tanto na fase de projeto como na execução, mas, para tanto, é necessário definir os diferenciais próprios do material e repensar suas possibilidades estéticas.

O grande problema que se apresenta é definir esses “diferenciais” quando a tecnologia permite que seja possível criar materiais de qualquer aparência com materiais diferentes.

Atualmente é possível imitar o ladrilho hidráulico com cerâmica, e mesmo, com plásticos.

O grande conflito pós moderno de identidade de apropria de todos os meandros da cultura e com o ladrilho não é diferente. A cultura da aparência é sutil e dissolve toda possibilidade de um diferencial definitivo.

Imagem: 3.4.1 - Impressoras digitais cerâmicas – fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=WPWIVjzZIKk>

4 - Geometria

A estética dos revestimentos de pisos e paredes é fruto da geometria (um ramo da matemática) que evoluiu no decorrer dos milênios, vindo desde a pré-história até os dias atuais. O termo geometria significa ‘terra medida’, pois em princípio foi uma técnica utilizada na medição de terrenos pelos povos antigos.

4.1 – Geometria e ladrilhos hidráulicos

O ladrilho Hidráulico traz em sua estética a marca ‘genética’ de sua origem multicultural e nela percebemos influências mesopotâmicas, egípcias, gregas, romanas, orientais e sobretudo islâmicas.

4.2 - Revestimentos de pisos e paredes desde a pré – história até a modernidade

O ‘revestimento’ de pisos e paredes, com motivos decorativos, remonta a eras pré-históricas, quando o virtuosismo técnico dos ‘homens das cavernas’ deixaria marcas que ainda causam espanto e admiração, passa pelas primeiras culturas mesopotâmicas e egípcias, expressa-se em todas as culturas orientais e africanas, está presente nas culturas pré-colombianas e aborígenes australianas, expressa-se magnificamente na cultura Greco – Romana, destaca-se como um dos maiores meios de expressão artística nos períodos medieval, (tanto na cultura cristã como islâmica) avança no período renascentista e barroco, está presente entre os artistas modernistas e chega na atualidade como um dos mais diversos meios de expressão na arte grafite ou ‘arte pública’.

A ‘arte’ mural rupestre, realizada em paredes e tetos de cavernas e encostas rochosas ao ar livre, datam de milhares de anos e divide-se basicamente em dois ramos: Pintura rupestre e gravura rupestre.

Os temas são variados e de difícil interpretação. Nesse conjunto de temas podemos identificar os mesmos motivos que estarão presentes na arte no decorrer dos séculos. Pode ser inferido um possível caráter ritual, expressos conceitos, símbolos, valores e crenças.

A família, o grupo, a vida cotidiana, com seus medos e conflitos, as caçadas, as guerras, as festas, as cenas de sexo, o mundo natural e o ‘sobrenatural’, presentes nos achados arqueológicos serão temas recorrentes na arte em todos os tempos e, entre esses, os padrões e símbolos, elementos do mundo natural, sinais gráficos simétricos e abstratos, linhas, círculos, espirais, estrelas, pontos, cruzes, quadrados, triângulos etc. também figurarão nos ladrilhos hidráulicos, mesmo que em contexto diferente.

Nas figuras abaixo é possível perceber que ornamentações paleolíticas guardam grande semelhança geométrica com ladrilhos atuais.

Imagem 4.2.1 – 4.2.2 – 4.2.3 Padrões e Espirais pré-históricas em Newgrange - Irlanda Fonte: <http://www.newgrange.eu/tri-spiral.htm>

Imagem 4.2.4 – 4.2.5 – 4.2.6 Ladrilhos Hidráulicos atuais

Na mesopotâmia, os revestimentos das paredes de muralhas de palácios ornamentados com padrões geométricos executados sobre cerâmica foram desenvolvidos por diversos povos como os assírios, fenícios e babilônios que também deixaram pequenos fragmentos de argila e placas de pedra com escrita cuneiforme com estudos sobre padrões geométricos.

A Porta de Ishtar foi construída por volta de 575 a.C. e hoje se encontra no Museu Pergamon em Berlim, Alemanha e é revestido em cerâmica policromada em relevo (img.38)

Imagem 4.2.7 – 4.2.8 – 4.2.9 Babilônia 1500ac - fonte: <http://platea.pntic.mec.es/~aperez4/html/babiegipt/babiegipto.html> 05/10201

Imagem 4.2.10 – 4.2.11 - Mosaico de pedra em Uruk – antiga Sumeria (mesopotamia) – atual Iraque – +- 2000 a.c
Fonte: <https://www.studyblue.com/notes/n/art-history-335-test-1/deck/12172265> - 06/2015

Com os gregos a geometria recebeu amplo estudo metodológico e nas escolas pitagóricas a máxima, escrita no umbral de entrada:

“No princípio Deus geometrizou” e a presença do pentagrama como símbolo sagrado, revela a importância que aquele povo atribuía a esta matéria.

A geometria descrita pelo matemático grego Euclides seria a referência maior para estudiosos durante séculos e mesmo em tempos atuais as discussões sobre geometria dividem-se entre “Euclidianas e não Euclidianas”, visto a influência das suas cinco premissas.

Imagem 4.2.12 - Piso em Mosaico de pedras em Delos – Grecia – sec. VII a.c.
Fonte: <http://pt.depositphotos.com/43849947/stock-photo-mosaic-in-delosgreece.html> - 06/2015

No período romano, com sua busca pelo monumental, o revestimento com ornamentação geométrica estava presente nos calcamentos externos, nos banhos, nos templos etc...

A escavações revelam uma direta influencia grega na estética de mosaicos, e nesses, uma origem ainda mais remota pode ser percebida

Os mesmos padrões pré-históricos se repetem de maneira recorrente e voltarão a influenciar no período renascentista, no neoclássico e mesmo no período modernista.

Imagem 4.2.13 - Piso em Mosaico de pedras romano na Turquia – sec IV a.c.
Fonte: <http://hypescience.com/mosaicos-de-2-000-anos-de-idade-sao-descobertos-na-turquia-antes-de-serem-perdidos-em-inundacao/>

Os povos islâmicos, motivados por seu grande interesse pelas matemáticas e impedidos por razões religiosas de utilizar imagens sacras no interior de seus templos, levaram a geometria, aplicada ao revestimento de pisos e paredes, a um desenvolvimento notável do desenho abstrato.

Imagem 4.2.14 – 4.2.15 - Piso em mosaico cerâmico da Alhambra – Arte muçulmana na Espanha
Fonte; <http://www.alfurqan.pt/index.php/palacio-de-alhambra/18-arte-islamica/arquitectura> - 03/2015

Na idade média os pisos das catedrais seguiriam padrões que remontavam a eras anteriores.

Imagem 4.2.16 – 4.2.17 - Piso em mosaico de mármore e granito - Catedral medieval de siena
Fonte: <http://viagem.uol.com.br/noticias/ansa/2014/07/08/>

No período renascentista os mesmos padrões decorariam os revestimentos das grandes edificações e se reproduziriam na estética do ladrilho hidráulico que surgiria no sec. XIX

Imagem 4.2.18 – 4.2.19 - Piso de mármore e granito da Basílica renascentista – barroca de São Pedro Roma – sec. XVI
Fonte: http://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g187793-d631111-i49627168-St_Peter_s_Basilica-Vatican_City_Lazio.html - 03/2015

O mosaico feito com ladrilho hidráulico, material cimentício, guarda semelhanças estéticas e técnicas com outros materiais mais antigos de aparência similar, porem feitos com outros materiais como a pedra, a cerâmica, a madeira e a tapeçaria.

As mesmas soluções geométricas de padronagem podem ser observadas em diversas épocas.

Imagem: 4.21 Mosaico em pedra - Verulamium - Imperio Romano na Inglaterra - Sec.II AC
Fonte: <http://www.snipview.com/q/Verulamium-02/2014>

Imagem: 4.22 - Mosaico cerâmico mourisco Alhambra - Espanha - sec. XII
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Alhambra-02/2015>

Imagem: 4.23 - Padrões em Piso de madeira em machetaria Teatro Amazonas-Brasil-Início sec. XX
fonte: <http://arteculturaespiritualidade.blogspot.com.br/2011/08/teatro-amazonas.html>

Imagem: 4.24 - Padrões em Tapeçaria persa, Sec. XVIII
Fonte: <http://www.arelquia.com.br/143tapete.html>

Imagem: 4.25 - Padrões em Vitrais goticos sec. XII
Fonte: <http://www.brasilecola.com/historiag/os-vitrais-goticos.htm>

Imagem: 4.26 Padrões Azulejos portugueses sec.XII
Fonte: http://www.123rf.com/photo_8223326_traditional-portuguese-azulejos--painted-ceramic-tilework.html

Os tapetes persas, com uma história que remonta a 2500 anos, em muito influenciaram a estética do ladrilho hidráulico.

São confeccionados a partir de um plano geométrico (chamado 'cartão'), que mostra a composição, a disposição da decoração e a dos motivos, e nisso, em muito se assemelham ao mosaicos de revestimentos hidráulicos de séculos posteriores.

Estas soluções geométricas irão influenciar, posteriormente, a escolha dos padrões dos ladrilhos hidráulicos durante o período neoclássico, quando os revestimentos de pisos seriam entendidos como uma espécie de “tapete”.

Nesse aspecto o Ladrilho Hidráulico oferecia as vantagens do baixo custo, fácil limpeza e manutenção ao mesmo tempo que preservava a aparência de um certo “glamour”.

“- Bordas secundárias: podem ser internas ou externas (em relação à borda principal) e são mais ou menos numerosas e mais ou menos estreitas. Às vezes, as bordas externas são de uma só cor.

- Borda principal: completa a ornamentação do tapete e proporciona um equilíbrio ao conjunto.

- Campo: é constituído pela parte interna do tapete, delimitado pelas bordas.

- Cantos: os cantos são formados pelos ângulos do campo.

- Medalhão central: os medalhões são de formas variadas: circular, oval, em forma de estrela ou poligonal etc...”

Fonte - <http://carpetmuseum.ir/home.htm> - 02/07/201

Imagem 4.2.26 - “Cartão” - Esquema geométrico dos Tapetes Persas

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Tapete_persa - 06/2015

As diferentes partes de um tapete Persa e suas semelhanças com os “tapetes” de ladrilhos hidráulicos usados no período Neoclássico .

Imagem 4.2.27 – Piso “tapete” de Ladrilhos Hidráulicos do Palácio Guanabara - Rio de Janeiro – Brasil – 1853

Fonte: <http://vidrado.com/loja/blog/noticias/arquitetura-e-engenharia/palacio-guanabara-ganha-piso-de-vidro-e-revela-tesouros-historicos/#.VjCdhX6rSM8> – 06/2015

4.3 – Padronagens simétricas mais comuns usadas em Ladrilhos Hidráulicos

4.3.1 – Florões – A partir do centro se forma por simetria especular de rotação uma flor estilizada simétrica

Imagens – 4.3.1 Padronagens de ladrilhos hidráulicos - fonte: www.ladrilar.com.br – em 06/10/2014

4.3.2 - Ladrilhos Hidráulicos Centrais

Quando se usa a simetria baseada nos vértices é necessário fazer uso dos ladrilhos centrais para fechar a padronagem.

Imagens 4.3.2 - Padronagens de ladrilhos hidráulicos - fonte: www.ladrilar.com.br – em 06/10/2014 fonte - <http://www.ladrilhosartesanais.com.br> - 1/10/2014

4.3.3 - Ladrilhos Hidráulicos Contínuos

Imagens 4.3.3 - Ladrilhos Hidráulicos Contínuos fonte – www.ladrilar.com.br - 05/10/2014

4.3.4 - Ladrilhos Hidráulicos – Molduras, faixas e cantoneiras

As molduras são feitas para arrematar as bordas e servem de guia para o alinhamento do mosaico.

Imagem 4.3.4 - faixas e cantoneiras – fonte: www.ladrilar.com.br Disponível em 05/10/2014

Imagem 4.3.5 - faixas e cantoneiras – fonte: www.ladrilar.com.br Disponível em 05/10/2014

4.3.5 - Ladrilhos Hidráulicos – Tosetos

Tosetos são ladrilhos com a metade do tamanho dos convencionais e são usados para pequenos detalhes e arremates.

Imagem 4.3.6 - fonte www.ladrilar.com.br - Disponível em 05/10/2014

4.3.6 - Ladrilhos em relevo

Sem pigmentação ou com pigmentação são comuns em calçadas externas.

Imagem 4.3.7 e 4.3.8 - Ladrilho hidráulicos com relevos - fonte www.ladrilar.com.br - Disponível em 05/10/2014

4.4 - Padrões geométricos na visão de Platão

Segundo Platão o mundo das ``idéias`` não pode ser percebido pelos sentidos, mas apenas pela razão pura e a geometria seria o método mais claro para descrever e permitir contato com o esse reino metafísico ``divino``.

“Acaso não sabeis que (os geometras) utilizam as formas visíveis e falam delas, embora não se trate delas, mas de coisas de que são um reflexo, e estudam o quadrado em si e a diagonal em si e não a imagem deles que desenha? E assim sucessivamente em todos os casos...O que realmente procuram é poder vislumbrar estas realidades que apenas podem ser contempladas pela mente.”

Platão – A República

Fonte: http://www.miniweb.com.br/biblioteca/artigos/alma_timeu.pdf

Platão supõe que cada minúscula partícula de cada elemento tinha uma forma geométrica especial que refletiria a ``perfeição divina``.

“Platão conjecturou que cada um destes elementos deve ser feita de um sólido: o elemento terra seria um cubo, de ar um octaedro, um icosaedro da água e do fogo um tetraedro. Cada um destes poliedros perfeito seria, por sua vez composto por triângulos. Apenas certas formas triangulares seria permitido, como a 30-60-90 e 45-45-90 triângulos. Cada elemento pode ser dividido em triângulos que o compõem, que podem então ser colocados juntos para formar a outros elementos.”

Fonte: BONELL, Carmen, La divina proporción. Edicions UPC, 1994

“No Timeu, Platão escreveu: ”

Esse símbolo é o triângulo equilátero circunscrito num hexagrama. "Analisa"-se seu simbolismo somando-se os valores dos ângulos produzidos pelas várias partes e dividindo-se por tantos ângulos retos que tiverem igual valor. Esse método arcano possibilita que qualquer figura geométrica seja "analisada" e, assim, impregna a sua simplicidade com um rico simbolismo que foi explorado a fundo pelos arquitetos de construções sagradas.

Para o espírito humano, confinado num universo em movimento, na confusão de um perpétuo fluxo de acontecimentos, circunstâncias e desconcerto interno procurar a verdade sempre significou procurar o imutável, chama-se isso Idéias, formas, arquétipos, números ou deuses. Entrar num templo construído em sua totalidade conforme as proporções geométricas invariáveis é entrar no reino da verdade.(Taylor)

“Estas idéias não podem ser percebidas pelos sentidos, mas apenas pela razão pura..

“A geometria permite ao seu devoto, como um aponte, franquear a obscuridade da natureza material, como se fosse um mar obscuro, para as regiões luminosas da realidade perfeita”. contudo., não se trata em absoluto de um acontecimento automático que ocorra apenas pegando um livro de geometria. Como diz Platão, “O logo da alma deve gradualmente reativado pelo esforço.”

4.5 - O Vésica Piscis - Ad Quadratum e Ad Triangulum

A ``Vesica piscis`` é uma figura que se produz, quando dois círculos, de igual dimensão, são traçados um a partir do centro do outro.

Imagem 4.5.1 - ``Vesica piscis`` - Fonte: Robert Lawlor – Geometria Sagrada - Editora Delprado

O vesica piscis é uma estrutura geométrica geradora de outras formas geométricas, pois todos os polígonos regulares podem se obtidos a partir de traçados sobre a Vésica.

Imagem 4.5.2 - Geração de polígonos regulares – Triângulo – Quadrado – Pentágono – Hexágono – Heptágono – Octógono – Eneágono – Decágono- etc...

Imagem – 4.5.3 - polígonos regulares - `` Fonte: Robert Lawlor – Geometria Sagrada - Editora Delprado

Durante o período gótico, quando foram construídas as catedrais, ocorreram divergências entre os construtores quanto aos métodos ``ideais`` de uso da geometria. Haviam dois sistemas de geometria que eram comumente usados.

O mais antigo e mais tradicionalmente usado era conhecido como ad quadratum e baseava-se no quadrado e nos seus derivados geométricos. O mais novo baseava-se no triângulo equilátero e era conhecido como ad triangulum e nos seus derivados.

O ad quadratum (mais comum) era formado diretamente do quadrado e da sua figura derivada, o octograma. Colocava-se por cima do quadrado inicial um segundo quadrado do mesmo tamanho. Este, a um ângulo de 45° do primeiro quadrado, formava o octograma, um polígono de oito pontas.. A partir desse octograma inicial, toda a geometria da igreja podia ser desenvolvida

O Ad triangulum era desenvolvido de modo similar porem usando-se o triângulo equilátero com angulações de 60°. (Lauror, Pennik).

Os revestimentos de pisos e paredes estavam subordinados a essas ‘ordens’ principais. `` AD Quadratum e Ad Triangulum`` , e esta tradição se refletiria na produção posterior de ladrilhos hidráulicos de forma inconsciente, pois os artesãos em sua maioria apenas reproduziam 9 e ainda reproduzem) as antigas formas sem compreender-lhes o significado e origem.

Imagem 4.5.4- 4.5.5 - Ad quadratum e Ad triangulum ``- Fonte: Robert Lawlor – Geometria Sagrada - Editora Delprado

Imagens : 4. 5.6 - Piso da Catedral de Amiens - França

Imagem: 4.5.7 - Caedral de Florença - Italia

Fonte:<http://medievalarchitecturalgeometry.com/The%20Tradition%20of%20sacramental%20geometry.htm> -08/02/014

4.6 - Padrões numa visão psicológica e neurológica materialista

Diferentemente de Platão, que entendia a geometria como reflexo de um mundo ideal, os professores John P. Miller e David Lewis-Williams do Departamento de Biologia Celular e Neurociências, Universidade do Estado de Montana, em associação com o Bradshaw Foundation, examinam os motivos geométricos recorrentes da arte rupestre em relação às características anatômicas e neurofisiológicas do córtex visual humano. Esta abordagem neurofisiológica materialista testa a hipótese de "universalidade" e introduzir o conceito de "neuro-estética".

“as semelhanças artísticas de sociedades pré-históricas separados no tempo e lugar: “Houve um ativo subjacente, que não é facilmente detectado, alicerces de uma crença de que se expressa em formas recorrentes? Agora que a caverna de Chauvet foi descoberta e datada, sabemos que algumas das imagens artísticas mais antigas que a humanidade conhece têm uma semelhança notável a obras mais modernas da arte. A frescura e ‘modernidade’ das imagens Chauvet pode ser facilmente comparada com as de Chagall e Marc. Quando as pinturas de Altamira foram descobertas em 1879, eles foram rotulados como uma fraude por causa de sua semelhança com o estilo impressionista da pintura. E foi Picasso, que em ver as pinturas de Lascaux, em 1940, declarou: “nós não descobrimos nada”. Ele estaria se referindo às tendências artísticas “universais”? Sinais geométricos são encontrados em todo o mundo, mas os significados são ainda imperceptíveis. Parece que esses símbolos são universais, e emergem de algum aspecto da estrutura ou função da mente humana que não mudou fundamentalmente através de todo este tempo e dispersão por todo o mundo. Os motivos geométricos universais emergem da atividade do córtex visual primário de nossos cérebros e existe uma fonte subjacente para explicar essa universalidade geométrica. Não é uma fonte sobrenatural, mas uma fonte cerebral, onde as imagens surgem naturalmente a partir da estrutura do cérebro.” (John P. Miller)

Imagem 4.6.1 - Pedra gravadas em Knowth e Newgrange, desenhos de por Martin Brennan

Fonte: http://www.bradshawfoundation.com/ancient_symbols_in_rock_art/index.php - 02/07/2014

Sinais geométricos são encontrados em quase todo Paleolítico Superior em diversos locais do mundo, mas os significados desses símbolos permanecem ainda desconhecidos.

Alguns símbolos podem ter sido estilizado a partir de imagens mundanas da vida cotidiana - ferramentas, armas, habitação, formas abstratas, representações simbólicas de conceitos e idéias importantes, ou as manifestações do transcendente, experiências xamânicas na forma de alucinações visuais.

Uma hipótese para explicar a sua universalidade no tempo é que aquelas formas geométricas, vistas em arte rupestre, emergem das características anatômicas e neurofisiológicas do córtex visual do ser humano (Miller).

Esses símbolos universais emergem de algum aspecto da estrutura ou função da mente humana que não mudou fundamentalmente através de todo este tempo e dispersão por todo o mundo.

Os motivos geométricos que ocorrem com mais frequência em obras de arte podem ser os que ativam os modos do córtex visual de atividade basal natural: eles podem ser mais eficazes para estimular um padrão de grande escala da atividade no córtex visual, e esteticamente mais agradáveis do que os motivos que não correspondem aos padrões de atividade intrínseca e isso pode explicar alguns aspectos fundamentais comuns dos nosso senso de estética artística que busca padrões esteticamente "agradáveis"

Imagem 4.6.2 - Motivos megalíticos irlandeses (esquerda) - Alucinações (à direita)
Fonte http://www.bradshawfoundation.com/ancient_symbols_in_rock_art/index.php

4.7 - Simetria

Para Platão o ``mundo das coisas`` nunca é perfeitamente simétrico, pois é apenas ``reflexo imperfeito`` do ``universo perfeito das idéias``.

Uma flor tende a ser simétrica, mas nunca é perfeitamente simétrica... porém a busca pela simetria e por padrões sempre ocupou a mente dos homens.

``A Matemática e a Arte, ao longo do tempo têm corrido atrás de definir simetrias. Há muita simetria na música [...], na escultura, na pintura, no desenho. Esta é uma idéia importante, porque é mais um dos elos que casam Matemática e Arte, Arte e Matemática.``(Luiz Barco, em BRASIL, MEC, Simetria).

Segundo Vitruvius, ``a simetria consiste na união e conformidade das partes de um trabalho, em relação à sua totalidade, e na beleza de cada uma das partes que compõem o trabalho. A simetria deriva do conceito grego de analogia, que é a relação entre todas as partes de uma estrutura com a estrutura inteira. A simetria é necessária para a beleza de uma construção, ou para a beleza da figura humana.

Simetria uniforme, em arquitetura, é quando o mesmo motivo reina em toda a obra. Simetria reflexiva é quando apenas os lados opostos são iguais.``

Fonte: Vitruvius, - De Arquitetura, Livro III - século I a.C. -

Módulo matriz com metade de um quadrado

4.7.1 Simetria por translação - repetição simples

Fonte: Imagem 4.7.1 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

4.7.2 - Simetria por translação invertida - repetição invertida

Fonte: Imagem 4.7.2 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

4.7.3 - Simetria especular – (por espelhamento simples)

Fonte: Imagem 4.7.3 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

4.7.4 - Simetria especular – (por espelhamento duplo e inversão)

Fonte: Imagem 4.7.4- produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

4.7.5 - Simetria especular – (por espelhamento duplo e dupla inversão)

Fonte: Imagem 4.7.5 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Fonte: Imagem 4.7.6 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup

4.7.6 - Simetria por rotação com centro equidistante

Imagem 4.7.7 - Simetria por rotação com centro equidistante produzida com o programa de computador Sketchup 8

Fonte: Imagem 4.7.8 - Simetria do Ladrilho - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Fonte: Imagem 4.7.9 – Simetria a partir do triângulo – produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Fonte: Imagem 4.7.10 – simetria do Exágono a partir do triângulo retângulo produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Simetria por repetição através do encontro entre dos lados
a partir do do desenho rotacionado

Fonte: Imagem 4.7.11 – Plano fechado a partir do exagono
produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Simetria por repetição através do encontro entre dos vértices
a partir do do desenho rotacionado

Fonte: Imagem 4.7.12 - Pano aberto a partir do exagono
produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

4.8 - Padrões geométricos Islâmicos em Alhambra

A **Alhambra** (em árabe: "a Vermelha") localiza-se na cidade de Granada, na Espanha, no alto duma elevação arborizada na parte sudeste da cidade. Trata-se dum rico complexo palaciano e fortaleza (alcazar ou *al-Ksar*) que alojava o monarca da Dinastia islâmica Nasirida e a corte do Reino de Granada. Exibe os mais famosos elementos da arquitetura islâmica no país e, como noutras obras muçulmanas da época, possui interiores cuja decoração está no cume da arte islâmica.

É possível identificar em Alhambra padrões lineares nas ordens:

“ordem 2” - “ordem 3” - “Ordem 4” - “Ordem 6” - Encontra-se também mosaicos com padrão não linear “Penrose”.

Com estes padrões foi possível desenvolver o Máximo de 17 padrões, o que, segundo Rui Pacheco, coincide com os 17 padrões lineares da cristalografia.

4.8.1 - Padrão ordem dois - rotação e repetição

4.8.2 - Padrão ordem dois - Fixados em um ângulo de rotação e espelhamento

Imagens: 4.8.1 – 4.8.2 – 4.8.3 – 4.8.4– 4.8.5 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

4.8.3 - Padrão ordem 3 - Rotação

Rotação ordem 3 - exemplo 1

Rotação ordem 3 – exemplo 2

Imagens:4.8.3.1- Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

4.8.4 - Padrão ordem 4

Padrões mais complexos podem ser conseguidos com a ``ordem 4``.

O simples espelhamento ou rotação a partir do centro não possibilita a criação de padrões mais intrincados, porem a rotação a partir das arestas amplia as possibilidades.

Espelhamento vertical - não combina - ocorre a sobreposição de linhas

Espelhamento horizontal - não combina - ocorre a sobreposição de linhas

Espelhamento a partir do vértice – são combina - ocorre a sobreposição de linhas

Imagens: 4.8.4.1 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

Padrão ordem 4 – solução

4.8.5 - Padrão ordem 6

O padrão ordem seis - trabalha com até seis circunvoluções.

Imagens: 4.8.5.1 Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

4.8.6 - Padrão a partir da secção do quadrado

Imagem 4.8.6.1 - Alhambra – Espanha – sec. XV

Etapas da secção do padrão quadrado

1 - 2 - 3 - 4

Imagem 4.8.6.2 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

4.8.7 - Padrão ``Passarinho Nazari`` a partir da particao do triângulo

Imagem 4.8.6.3 - ``Passarinho Nazari`` Alhambra – Espanha – sec. XV

1 - 2 - 3 - 4

Imagens:4.8.6.4 Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

4.8.9 - Padrão Diagrama ``Signo de Salomão`` – Alhambra – Espanha

Construção baseada na rotação do quadrado sobre base quadrada

Imagem 4.8.9.1- Mosaico em Alhambra – Espanha – sec. XV

-rotação do quadrado sobre base quadrada -

rotação do quadrado sobre base quadrada -

Imagens: 4.8.9.1 Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

4.9 - Influência da geometria islâmica sobre Penrose e Escher

Os estudos desenvolvidos pelo cientista britânico Roger Penrose tiveram grande influência sobre a obra do artista holandês Heschner. Ambos mantiveram intensa troca de informações e, nos desenhos e pinturas do artista, estão presentes os módulos não lineares de Penrose, bem como princípios de geometria Islâmica.

Esta troca de experiências entre arte e ciência resultou na produção de uma das mais importantes manifestações culturais do sec.XX e demonstra que a tecnologia científica e a arte podem ser complementares, pois permitiu ao gênio criativo de Heschner transformar os cálculos geométricos e matemáticos de Penrose em obras de arte.

Imagem 4.9.1- Auto retrato de Heschner com esfera

Imagem 4.9.2 - Retrato de Roger Penrose

Imagens: - 4.9.3 , 4.9.4 - Obras de Heschner com temática relativa aos estudos geométricos de Penrose
- Fonte: <http://www.worldofescher.com/misc/penrose.html> - 15/10/2014

4.9.1 - Pavimentação baseada em Geometria Fractal

A geometria fractal é um campo vasto para pesquisa de novos motivos para design e diversos estudos vem sendo efetuados no sentido de levar para as artes aplicadas essa disciplina.

A discussão sobre figuras “auto similares” não é nova. Desde os tempos gregos essa geometria “estranha” ocupa a mente dos pesquisadores.

Percebe-se uma similaridade nas definições dos gregos e dos físicos atuais e, entendendo que um fractal é uma figura auto similar, podemos concluir que o estudo dos fractais, do mesmo modo que as estruturas geométricas convencionais, também são reflexos de estruturas genéticas e psicológicas inerentes ao ser humano e que estas independem de época e lugar, como afirma John P. Miller.

Pode-se dizer que um ladrilho hidráulico, devido as estruturas simétricas que o compõe, é uma figura auto similar, e que, em sua estrutura geométrica básica é formado por padrões coerentes que se repetem e formam um todo contínuo que repete o padrão original. Concordando-se com esta afirmação podemos dizer que a geometria fractal tem muito a contribuir com a renovação estética dos ladrilhos hidráulicos.

“A certas coisas, dizia Aristóteles, que não sofrem alteração nenhuma, salvo em magnitude, quando crescem, este é o gnomon, ou expansão gnomônica”

Heron de Alexandria definiu-o assim :

Um gnomon é uma figura qualquer que, acrescentada a outra similar a original, produz outra figura similar a original.

fonte: BONELL, Carmen, La divina proporción. Edicions UPC, 1994

Fractal é um termo criado por Benoit Mandelbrot , na década de 60 do sec. 20, para descrever um objecto geométrico que nunca perde a sua estrutura qualquer que seja a distância de visão. Deriva do adjectivo fractus, do verbo frangere, que significa quebrar.

A palavra fractal acima de tudo significa auto-semelhante. A auto-semelhança é a simetria através das escalas, ou seja, um objecto possui auto-semelhança se apresenta sempre o mesmo aspecto a qualquer escala em que seja observado. Se repararmos, todas as formas geométricas ortodoxas, perdem a sua estrutura quando são ampliadas ou diminuídas. Um círculo numa escala muito maior não é nada mais do que uma recta. É esta irregularidade regular que caracteriza um fractal.”

*Fonte: Site da Universidade de Lisboa – Portugal
<http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm2003/icm16/curiosidades.htm#>*

4.9.2 – Pavimentação geométrica ‘Penrose’

Roger Penrose, professor na Universidade de Oxford e especialista mundial em relatividade e teoria quântica, desenvolveu um belíssimo tipo de pavimentação aperiódica constituída apenas por 2 tipos de ladrilhos! Foram baptizados de “flechas” e “papagaios” por John Conway (outro entusiasta de diversões matemáticas, à semelhança de Penrose) pelos seus aspectos, como mostra a figura.

Imagem: 4.9.2.1 - Pavimentação Pen Rose Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

A sua construção não é difícil: O comprimento é o número de ouro, 1,618.

A forma de “encaixar” os ladrilhos também obedece a certas regras:

Se assinalarmos os vértices de cada um dos ladrilhos com as letras A e B como na figura, temos que vértices P da “flecha” só podem estar em contacto com vértices A (da “flecha” ou do “papagaio”) e vértices B da “flecha” também só podem “tocar” vértices B (da “flecha” ou do “papagaio”) e vice-versa. Respeitando estas regras, tanto na construção dos ladrilhos como na construção da pavimentação, temos assim uma pavimentação como a aquela que é mostrada nas figuras : 103, 104, 105

A pavimentacao Pen Rose pode ser usada tanto para pavimentacao linear quanto para pavimentacao não linear.

Pavimentação Penrose regular linear com simetria rígida

Imagem: 4.9.2.2 - Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.3 - Pavimentação Penrose não linear
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Uma alteração proposta por Conway, de modo a obter um novo efeito com esta pavimentação é aquela que da figura 105 marcando os ladrilhos com dois arcos de circunferência tangentes, cada um em torno de vértices opostos cujos ângulos internos não têm igual amplitude.

Cada arco de circunferência de um ladrilho deve “encaixar” no arco de circunferência de um ladrilho adjacente (esta correspondência pode-se dar pelos 2 lados do arco ou só por 1). A figura mostra como fica a pavimentação com o efeito introduzido.

Imagem: 4.9.2.4 - Pavimentação Penrose não linear aperiódica – método Conway- dois módulos matriz
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Outro conjunto descoberto por Penrose de ladrilhos que pavimentam o plano por uma pavimentação aperiódica são os seguintes 2 losangos da figura: um tem como ângulos internos 108° e 72° e o outro tem como ângulos internos 144° e 36° .

Marcando os losangos como na figura, temos de novo uma regra para a construção da pavimentação.

Imagem: 4.9.2.5 - Pavimentação Penrose não linear aperiódica – dois módulos matriz
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Com estes losangos, podem construir-se infinitas pavimentações aperiódicas mas nenhuma periódica!

Pavimentação Penrose - 2 - Não linear - não periódica

Imagem 4.9.2.6 - Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Representação tridimensional dos pavimentos Penrose.

Imagem: 4.9.2.7 - Pavimento Penrose –periódico - Linear
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem 4.9.2.8 - Pavimento Penrose – Aperiódico - Não Linear
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem 4.9.2.10 - Pavimento Penrose – Aperiódico - Não Linear - método Conway
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

4.9.3 - Pavimentacao geometrica baseada no teorema das quatro cores

Um dos teoremas mais conhecidos em Matemática, e que mais deu polêmica pelo facto de ter sido resolvido por computador, é o teorema das quatro cores.

Este teorema diz que o número mínimo de cores com que é possível colorir um plano, de modo a que duas cores que façam fronteira não fiquem com a mesma cor, é quatro. Ou seja, quatro cores são suficientes para colorir qualquer plano mantendo - os diferenciados pela sua cor.

Ora, uma pavimentação pode ser encarada como um tipo especial de plano, e deste modo, podemos dizer que, qualquer pavimentação pode ser colorida com 4 cores tal que mosaicos que tenham uma porção de fronteira comum não tenham a mesma cor. Outra forma de expressar este teorema é dizer que podemos dispor 4 mosaicos de modo a que cada um “faça fronteira com os outros 3”, mas não podemos dispor 5 mosaicos de modo a que cada um faça fronteira com os outros 4.

A figura mostra um exemplo de uma construção como a descrita acima.

Imagem: 4.9.3.1 - Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador com o programa de computador Sketchup 8

Harmonia por rotação simples

Imagem: 4.9.3.2 - Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador com o programa de computador Sketchup 8

5 - Antigas técnicas de Revestimentos Artísticos de Pisos e Paredes

As razões que levaram os homens pré-históricos a revestirem as paredes, das cavernas e encostas, tem razões psicológicas que parecem atravessar os milênios. Esta necessidade de ornamentar o ambiente, transformando seu significado, perdura e chega aos nossos dias e se reflete visivelmente na estética do ladrilho hidráulico.

Nas questões técnicas, também é possível traçar uma rede de influências históricas que influenciaram, direta ou indiretamente, seu aparecimento enquanto revestimento destinado a ornamentar pisos e paredes.

Estas origens remontam aos antigos murais paleolíticos, encontra correspondências nas paredes da Babilônia, passa pela arte do mosaico, praticada na antiguidade clássica e pelo povo islâmico, pelos afrescos Greco-romanos, medievais e renascentistas e é reflexo da arte cerâmica, notadamente da arte mural em azulejos.

Para compreender-se o surgimento, o desaparecimento e um possível ressurgimento do ladrilho hidráulico, enquanto processo técnico é necessário traçar uma rede de interconexões históricas identificando-o com as tradições artesanais, e compreender os impactos sofridos com o advento da cultura capitalista de produção em massa, que, segundo Marx, alienou o trabalhador do processo total de produção, transformando-o em mera engrenagem.

É necessário compreender a criação dos signos da produção modernista, que em sua origem tinha certo horror ao ornamento, atribuindo a estes ``ornamentos`` um caráter superficial e retrogrado.

``O estudo da história e história da Arte são fundamentais para a compreensão do objeto artístico, indissociáveis como parte da compreensão do que é Arte, desde a sua aceção enquanto cultura e linguagem. Uma obra de arte descontextualizada, pouco tem a dizer, pouco se "deixa" fruir, compartilhar do seu significado para além das aparências. Muitas vezes, objetos de arte são resíduos da memória, referem a movimentos de construção e reconstrução da identidade de grupos de diferentes e próximas origens. ``
[CHAVES]

Entre os processos técnicos que, mais evidentemente, tem relação com o surgimento do ladrilho hidráulico na história da arte mural, destacam-se o mosaico artístico, o mural afresco, o azulejo e o sgraffito que guardam semelhanças estéticas e materiais.

5.1 - O Mosaico Artístico

O mosaico é a técnica de criar um conjunto a partir de pequenos fragmentos. Em arte decorativa esses fragmentos são denominados “tecelas”.

“Se um Matemático vê um mosaico e identifica o módulo que se repete, é provável que logo em seguida ele pergunte: “Como esse padrão se repete?” O padrão é repetido de modo a encher todo o plano. Essa repetição é feita [...] ao longo de uma reta, num movimento de translação.” (IMENES e LELLIS)

Fonte: Geometria. • Coleção Vivendo a Matemática – Imenes e Lellis – São Paulo: Scipione ... URL: www.colegiooficina.com.br – em 07/10/2014

O mosaico existia na antiga Grécia desde o Neolítico, e reapareceu no séc. VII ac. na Grécia antiga encontravam-se pisos feitos com fragmentos de mármore branco ou colorido, embutidos numa massa compacta em muito resistente. A partir do séc. V, passa a ser mais detalhado, e no séc. IV passa por um grande refinamento de detalhes e cores. (CHAVARRIA, 1998).

Imagens - 5.1.1 – 5.1.2 - Cenas em mosaico - Grécia clássica - fonte: <http://www.artesmagazine.com/2013/04/editors-->

Ao longo do século III a.C. várias experiências parecem ter sido feitas simultaneamente e técnicas avançadas podiam ser usadas no mesmo trabalho junto com outras mais arcaicas, para se criar diferentes efeitos de textura. A maior inovação é a substituição progressiva dos seixos irregulares por pedras cortadas em quadrado, menores e regulares, chamadas pelos romanos de *tesserae* – daí o nome que se deu a este tipo de mosaico, *opus tessellatum*, que possibilitou um maior controle no desenho e um detalhamento em maior grau.

“Em Roma esta arte começou no I-º século A.C. e foi largamente usada em pisos, murais fontes e até painéis transportáveis. No período paleo-cristão abre-se para o mosaico uma nova era: a arte bizantina que é o verdadeiro triunfo das artes visuais do cristianismo. Combinando harmonicamente elementos ocidentais e orientais, deu origem a uma arte intelectualizada, onde o sentido de divino, de sobrenatural, manifestava-se através de um original abstracionismo. Nunca o mosaico teve tanto esplendor e foi tão largamente usado no mundo como nesse período”. (Dunbabin, Katherine)

Imagem no. 5.1.3 – 5.1.4 Mosaico do século 6, na Igreja de São Apolinário, em Ravena, Itália
Fonte - <http://aeromagnamg.wordpress.com/2012/03/12/uma-breve-historia-do-mosaico/12/10/2014>

Por razões religiosas os povos Islâmicos viam-se proibidos de usar representação de imagens sacras no interior de seus templos, onde nenhuma imagem de Maomé ou representação figurativa de Alah era permitida.

Este fator levou ao desenvolvimento da abstração geométrica, aplicada ao revestimento de pisos e paredes, a um grande desenvolvimento. O revestimento cerâmico se mostrou muito eficaz, pois permitia uma imensa variedades de formas geométricas intrincadas.

Padrões geométricos básicos - mosaicos cerâmicos - cúpulas islâmicas

Imagem no. 5.1.5 -5.1.6 - fonte- <http://en.wikipedia.org/wiki/Mosaic> - 10/10/2014

Na Idade média e no renascimento, o mosaico tem grande desenvolvimento na Europa, especialmente na Itália, com temática bíblica e pagã, com singular virtuosismo técnico.

Imagem no. 5.1.7 Mosaico – Basílica de São Pedro Itália - Detalhe do mosaico ao lado

Fonte-<http://en.wikipedia.org/wiki/Mosaic#mediaviewer/File:St.peters.basilica.tesserae.arp.jpg>

No século 20 estará presente nas obras revolucionárias de Gaudí, que buscou resgatar a antiga tradição herdada dos artesãos da Catalunha.

Imagem 5.1.8 - Gaudí - Parque Güel, em Barcelona - Espanha –

Fonte: <http://www.secretsofbarcelona.com/en/special-places/park-garden/guell-park.html> - 05/03/15

Na atualidade mosaico ainda está presente em obras tradicionalistas, como por exemplo, o túmulo de Nureyev em Paris, com design do arquiteto Ezio Frigerio

E em obras de tendência mais “contemporânea” como as fachadas do Ravensbough College em Londres com geometria fractal Penrose.

Imagem 5.1.9 - Tapete Funeral de Nureyev -
Sainte Genevieve Sous Bois, Paris

Imagem 5.1.10 - Ravensbough College em
Londres.

Os portugueses utilizaram mosaico em pisos e calçadas, com processo direto, utilizando pedras de diferentes cores e tons.

Esse processo conhecido como “mosaico português” tem sua origem na antiga Grécia e permitia a execução de desenhos de pouca complexidade, devido ao tamanho das tecelas, foi trazido para o Brasil e utilizado no calçamento da Avenida Central e no Calçadão de Copacabana no Rio de Janeiro onde se percebe a influencia do desenho da Praça do Rocio em Lisboa que representava o encontro das águas doces do Tejo com o Oceano Atlântico.

Imagem no. 5.1.11 - Mosaico português Praia de Copacabana executadas pelos calceteiros Portugueses em 1906 e revitalizadas na década de 60 por Burle Marx. Fonte: <http://theurbaneearth.wordpress.com/2009/07/29/as-calçadas-merecem-projeto/> em 028/10/2014

Foto 5.1.12 - Praça do Rócio em Lisboa tem no centro uma estátua de D. Pedro IV que foi D. Pedro I no Brasil - 1870
fonte: <http://diariodorio.com/curiosidade-carioca-o-calado-de-copacabana/> em 03/10/201

A técnica do mosaico no Brasil foi utilizada por artistas como Cândido Portinari, Di Cavalcanti e Tomie Ohtake em diversas de suas obras. Também os ítalo-brasileiros Alfredo Mucci e Gianfranco Cerri e Francisco Brennand dignificaram a arte musiva no Brasil, com seus painéis e obras de revestimento em várias igrejas de Minas Gerais.

5.1.2 - Mosaico de cones da mesopotâmia

O mosaico de cones é formado por pequenos cones com extremidades pontiagudas, que eram pressionados firmemente em uma parede revestida com uma espessa camada de gesso molhado. As extremidades achatadas dos cones são pintadas em preto, vermelho ou branco. Tais mosaicos originaram-se no sul da Mesopotâmia durante a segunda metade do quarto milênio aC.

Imagem 5.1.2.1 – mosaicos de cone
Fonte: <http://www.artefacts-berlin.de/en/informative-graphics>

Alguns dos exemplos mais impressionantes são encontrados em Uruk, na antiga Mesopotâmia, mas esta técnica de decoração foi encontrada em muitas outras cidades, como Ur e Eridu, bem como Habuba Kabira na Síria.

Imagem 5.1.2.3 - Mosaico de Cone, 3300-3100 A.C.; Período Uruk - Mesopotâmia - Pedra, Argila, gesso e lama
Fonte: <http://cargocollective.com/klink/History-Cone-Mosaic-Mesopotamia>

Os padrões decorativos, triângulos e bandas retas e em zigue-zague foram possivelmente baseados em padrões formados por vime e em têxteis.

Os invólucros de tijolos de barro das paredes exteriores e pilares com mosaicos feitos de materiais mais duros não eram simplesmente decorativos, pois ajudavam a minimizar os danos causados pelo vento e pela água.

5.1.3 - Mosaico de seixos rolados

Originário da antiga Grécia foi usado na pavimentação de calçadas, usando-se seixos rolados de mármore e granito coloridos que eram retirados de rios e praias. A antiga argamassa de assentamento era composta de Pó de Mármore, Pozzolana vulcânica, pó de tijolo e cal hidratada em pasta. Ainda é usado, porém, substituindo-se a antiga argamassa por argamassa de cimento portland.

Etapa 1: Desenho do "motivo"

Etapa 2: Recorte do desenho em forma guia

Etapa 3: nivelamento do da forma

Etapa 4: colocação da argamassa – composta de cal, areia, pó de marmore.

Etapa 5: fixação dos seixos na argamassa

Etapa 6: Nivelamento com suaves batidas

Pavimentação concluída

5.1.4 - Mosaico segundo a técnica grega e bizantina

O homem segurando a girafa`` sec. 5 – Bizâncio - Original

Na sequencia reprodução do mosaico acima, feito Mestre Mateo Randi , do Instituto de arte de Chicago, 2012

1ª. etapa -
Aplicação de volumosa
camada de argamassa
composta de cal e pó de
mármore

2ª. etapa:
Com a argamassa esta úmida
realiza-se o desenho com
estilete deixando marcas que
servirão ara divisão das cores.

3ª. etapa:
Aplicação de cores,
dissolvidas com água de cal,
nos limites anteriormente
determinados

`` Agliolo e martellina``
Ferramentas tradicionais
usadas no corte das tesselas
(fragmentos de pedra)

4ª. etapa:
Fragmentação das tesselas
usando-se as ferramentas ``
Agliolo e martellina``

5ª. etapa:
Colocação das tesselas na
argamassa úmida mediante leve
pressão dos dedos

**Finalização do assentamento
das tesselas**

6ª. Etapa: Aplicação por meio de atrito de um bloco úmido de
argamassa de cal e pó de mármore, sobre as tesselas recém
assentadas, para nivelá-las e juntá-las

Imagens - fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=fvX1vorZgF4> - em 03/10/2014

Imagens: 5.1.4.- mosaico segundo a técnica grega e bizantina.

5.1.5 - Mosaico de Ravena - técnica de reversão

Esse processo, usado em Ravena- Italia na idade media, foi uma evolução na técnica bizantina, pois permitia executar o mosaico nas oficinas e posteriormente transporta-lo para o local definitivo.

Etapa 1: Colocar tecelas sobre um suporte com argamassa de cal pura

Etapa 2: Colar um tecido resistente sobre as tecelas com cola solúvel em água (goma arabica ou cola de cartilagem de coelho)

Etapa 3: Depois de seca a cola remover a argamassa de cal. Obs: Nesta etapa o mosaico poderia ser transportado para o local definitivo onde seria acentado com argamassa de cimento.

Etapa 4: Aplica-se argamassa de cimento, em ambos os lados, acenta-se e espera-se secar.

Etapa 4: Depois de seca, umidesse-se o tecido para remove-lo, lava-se e rejunta-se o mosaico

fonteC <https://www.youtube.com/watch?v=dVqnd0MCcW0>

Imagem: Mosaico de Ravena - técnica de reversão - 5.1.5.
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=dVqnd0MCcW0> – 10/2014

5.1.6 - Mosaico - ``seminato venesiano

Utilizado desde a Grécia e Roma antigas alcançou notoriedade em Veneza e Genova na Itália. É uma técnica semelhante ao ``granelite``, usado comumente no Brasil. Permite excelente fixação das tecelas ao substrato reduzindo a formação de lacunas e rachaduras. O resultado é uma decoração que resiste a ação do tempo, mantendo a sua beleza.

Etapa 1:
Espalhar argamassa no molde

Etapa 2:
Espalhar e detalhar manualmente os seixos de pedras
Seguindo desenho tracado na argamassa umida

Etapa 2:
Espalhar e detalhar manualmente os seixos de pedras
Seguindo desenho tracado na argamassa umida

Etapa 3:
Nivelar com leves batidas de
desempenadeira

Etapa 4:
rejuntar, enquanto umido,
e compactar com rolete pesado

Etapa 5:
Polir por abrasão, antigamente
feito manualmente, hoje usava-se
maquinário apropriado.

Trabalho concluído

Imagem: Mosaico - ``seminato venesiano 5.1.6 - fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=BI-YRPx5KKs> –

5.1.7 - Mosaico - Técnicas “atuais”

Os métodos atuais de produção de mosaico não diferem muito dos procedimentos tradicionais, no entanto fazem uso de materiais disponíveis no mercado, como cerâmicas e vidros coloridos. As Cores vêm prontas da fábrica, presas em um papel engomado com goma arábica ou presas em uma tela de material plástico, que será assentada no suporte definitivo junto com as tecelas. O artista separa as cores unitariamente ou em placas com papel adesivo e aplica sobre um desenho preliminar, ou em alguns casos, diretamente sobre o suporte.

Etapa 1 : Escolha das cores

Etapa 2 - corte

Etapa 3- montagem no desenho prévio

Etapa 4- aplicacao de argamassa nana frente do mosaico, assentamento e nivelamento

Etapa 5- Umedecer o papel colante do verso para retira-lo, fazer o rejuntamento e limpeza final

Imagens – 175-176-177-178- - modelo oferecido pela empresa Vidrottil - Fonte: <http://www.vidrottil.com.br/> 03/10/2014

Imagem: 5.1.7 - Mosaico - Técnicas “atuais”
Fonte: <http://www.vidrottil.com.br/> – 03/2015

5.2 - O Afresco - Breve história do afresco

Afrescos eram pintadas na Grécia antiga, mas poucos desses trabalhos sobreviveram. Os primeiros exemplos conhecidos datam cerca de 1500 AC e encontram-se na ilha de Creta. O mais famoso deles, o Toreador, retrata uma cerimônia sagrada na qual os indivíduos saltam sobre as costas dos touros.

Note-se que as partes originais do mural , mesmo após tantos séculos e vandalismos, ainda se encontram em bom estado de conservação e as cores, vivas e vibrantes, confirmam a extrema durabilidade desta técnica.

Imagem no. 5.2.1, 5.2.3- O Toreador , ilha de Creta, Grécia. -1500 aC,

Detalhe

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Bull-Leaping_Fresco#mediaviewer/File:AMI_-_Stiersprungfresco_5.jpg

A técnica ainda não foi suficientemente revelada, mas estudos desenvolvidos pela universidade de Atenas indicam um uso misto de técnicas com o uso de cal e materiais orgânicos, como colas animais e vegetais (resinas).

Imagem 5.2.3, 5.2.4

Fresco de "Safo" de Pompéia, c. 50 CE.

Fonte: <http://www.pinturayartistas.com/las-dos-poetisas-safo-leyenda-y-v>

Em Paestum, antiga colônia grega da Magna Grécia, no sul da Itália, uma tumba que contém afrescos que datam de 470 aC. e retratam cenas da vida e da sociedade da Grécia antiga, e constituem valiosos testemunhos históricos. O Túmulo do mergulhador foi descoberto em junho 1968.

Imagem no. 5.2.5- Afresco do século V a.C., Paestum, antiga colônia grega da Magna Grécia, no sul da Itália

Fonte: <http://www.galanto.com.br/monicablog/?p=1397>- em 08/10/2014

Exemplares da técnica do afresco foram encontradas em catacumbas dos séculos I e II no império Romano e também nas ruínas de Pompéia e Herculano.

Imagem 5.2.6, 5.2.7 - Villa dei Misteri - Pompeia (século 1 aC)

Fonte: <http://enfaseemhistoriadaarte.wordpress.com/2013/03/22/aula-2-o-afresco-continuacao/> em 10/10/2014

Existem registros de afrescos em bizâncio, em Éfeso, na Capadócia, em Antioquia e Chipre. Na Turquia, uma coleção histórica de afrescos antigos cristãos podem ser encontrados Igrejas de Goreme século X E XI.

Imagem 5.2.8, 5.2.9 - Igrejas de Goreme século X E XI dc, Capadócia – Turquia

Fonte: <http://goremotours.com/about-turkey/6/Cappadocia/Goreme-museu-a-c%C3%A9u-aberto.html>

Na Índia, inúmeras cavernas santuário possuem exemplares ainda bem conservados dessa técnica, com pequenas variações no uso dos materiais, no entanto conservando o mesmo princípio de trabalhar sobre argamassa fresca, como por exemplo em Bagh Caves, Ellora Caves, Sittanavasal, Armamalai Cave, Badami Cave Temples e outras localidades .

Imagem.5.2.10 - Sigiriya, Sri Lanka. c. 477 -495 dC
<https://www.srilankaholidaytravel.com/sigiriya--dambulla---village-tour.html>

Imagem 5.2.11 - cavernas de Ajanta Império Gupta, século 6 dC -Fonte:
Fonte: <http://pt.slideshare.net/mspnet/as-cavernas-de-ajanta-ndia>

No oriente médio, afrescos medievais podem ser ainda encontrados em bom estado de conservação, como por exemplo: A Igreja de São Moisés, na Síria , onde o destacamento de algumas partes da pintura, permite revelar o processo empregado com as camadas sucessivas de argamassa e pintura.

Imagem: 5.2.12, 5.2.13 - Afresco na Igreja do Mosteiro de São Moisés, o Abissínio na Síria
Fonte: http://www.snpcultura.org/tvb_deir_mar_musa.html - 10/10/2014

No ocidente, no período medieval e Renascentista o afresco atingiu seu apogeu .

Imagem:5.2.14, 5.2.15 - Igreja do Cristo Pantocrator de Sant Climent de Taüll, Barcelona.
Fonte: <http://www.romanicocatalan.com/02a-Lleida/Ribagorça/Taull-SantCliment/Taull-SantCliment01.htm>

Na idade média a Europa, sob o domínio da Igreja Católica Romana, seria desenvolvida uma extensa iconografia religiosa , tendo como expressão maior a pintura mural em afresco. Poucas pessoas liam ou escreviam e o muralismo seria uma das maneiras de se levar aos ``fieis`` a doutrina católica. Frades pintores decorariam as paredes das igrejas e capelas com cenas bíblicas de caráter catequético,

Imagem 5.2.16, 5.2.17 - Capela degli Scrovegni pintada por Giotto (1305), usando a técnica do afresco.
Fonte: <http://italiasecreta.blogspot.com.br/2015/06/a-capela-degli-scrovegni.html-10/08/2015>

Observa-se nestas pinturas (fig. 226 e 227) a ornamentação dos frisos, Os padrões repetidos, as diversas formas de simetria geométrica, as cores de origem mineral, que em muito se assemelham aos ladrilhos hidráulicos que seriam posteriormente desenvolvidos.

No período renascentista artistas do porte de Michelangelo e Rafael, e tantos outros, resgatariam a antiga técnica clássica do afresco e deixariam obras de extrema beleza e resistência a ação do tempo, elevando a técnica a níveis nunca alcançados.

Imagem 5.2.18 - Capela Sistina – Michelangelo Buonarroti – Sec. XIV - Roma - Itália
<http://dasculturas.com/2013/02/06/capela-sistina/>

Imagem: 5.2.19 - Escola de Atenas - Rafael – Sec. XIV – Vaticano – Roma - Itália
Fonte: <http://enfaseemhistoriadaarte.wordpress.com/2013/03/22/aula-2-o-afresco-continuacao/em 10/10/2014>

No mundo Islâmico aparecem alguns poucos testemunhos deste processo técnico e um dos raros exemplos de pintura afresco pode ser visto em Qasr Amra, palácio dos Omíadas na Jordânia do século 8.

Imagem: 5.2.20 - Qasr Amra, palácio dos Omíadas – Jordania séc. VIII
Fonte: <http://www.molon.de/galleries/Jordan/Castles/Amra/img.php?pic=19>

No século 20, José Clemente Orozco, Fernando Leal, David Siqueiros e Diego Rivera , famosos artistas mexicanos, renovaram a arte da pintura mural em afresco.

A obra ,`fabricação de um afresco de uma cidade`,` de Diego Rivera, revela a importância desta técnica entre os artistas do movimento conhecido como `muralismo mexicano`.

Imagem: 5.2.21- A fabricação de um Afresco, de uma cidade. San Francisco Art Institute – a direita detalhe
Fonte: <http://farandwise.com/rivera2/> em 10/10/2014

No período modernista a arte mural teve grande relevância, pois foi aberto um campo vasto para a criatividade e liberdade de expressão. Grandes mentores do movimento, como Le corbusier, fizeram experiências com a técnica do afresco, no entanto, deram preferência para outros materiais, inclusive materiais poliméricos modernos, como o PVA e o Acrílico.

Imagem: 5.2.22 - Le Corbusier pintando afresco , nu na Villa E-1027 de Eileen Gray Verão 1939
<http://arquis.blogspot.com.br/2011/06/e1027-e-le-corbusier-historia-de-uma.html>

Estes novos materiais industrializados, mais fáceis de manipular, vieram a se revelar muito pouco duráveis, visto que as obras produzidas por esses mestres sofreram, em pouco tempo, danos muitas vezes irreparáveis.

“Naquela utopia da industrialização esses murais eram feitos com tintas industriais que não resistiram bem a ação do tempo” Afonso Luz – Diretor do museu “Cidade de São Paulo” (referindo-se a obras modernistas encontradas na “Oca” no parque do Ibirapuera São Paulo – SP)

Na atualidade, artistas preocupados com a durabilidade de suas obras buscam materiais resistentes e um olhar para o passado tem muito a revelar. Nesse contexto de resgate das técnicas tradicionais a técnica do ladrilho hidráulico, com as melhorias que ela poderá receber, será uma opção interessante.

5.2.1 – Etapas de Preparação do muro para pintura afresco

Considerando-se que o Ladrilho Hidráulico é fabricado com argamassa que deve ser trabalhada em estado úmido, pode-se relacionar sua técnica de produção com o afresco, que é uma antiga e durável técnica de pintura.

O Afresco é uma técnica de pintura mural executada sobre argamassa de cal recém aplicada e trabalhada ainda em estado úmido (a fresco). O pigmento é misturado unicamente com água e irá afundar-se na argamassa de cal. Com a reação química entre a argamassa e o ar, a pintura torna-se uma parte integrante da parede. A palavra vem do (italiano: affresco)

Devido composição química do cal, nenhum ligante é necessário.

* Calcinação de calcário em um forno de cal: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

* Hidratação da cal: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

* Configuração da argamassa de cal $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

A pintura é dividida em três camadas:

. O pigmento é absorvido pela argamassa de cal molhada; e depois de um número de horas, o cal seca e reage com o gás carbônico da atmosfera. Esta reação química transforma o hidróxido de cálcio, presente na argamassa em calcário novamente, deixando o mural estável e durável.

Imagem: 5.2.1.1 – Camadas de um afresco - Imagem produzida em computador pelo autor da dissertação.

5.2.2 - 1ª etapa - Ariccio (ou emboço ou mortero)

É formada de uma camada inferior grosseira, de cerca de dois centímetros, aplicada sobre o muro que deve ser composto de pedras ou tijolos cerâmicos. composta de três partes de areia e uma de cal (sem nenhuma adição de cimentos) e aplicada na totalidade da área a ser pintada e deixada a secar por alguns dias. Quando necessário, deve-se descascar a parede , removendo qualquer substrato danificado, deixando apenas o reboco, ou a alvenaria exposta.

Imagem: 5.2.2 - Aplicação do Ariccio - Fonte <http://tecnicasartjulieta.h.blogspot.com.br/2012/05/16042012.html>

5.2.3 - 2ª. etapa - O ``Intonaco``

Umedecendo-se o emboço, aplica-se sobre este, uma camada de cerca de 1cm de uma argamassa composta por, duas partes de areia e uma de cal hidratado.

Alguns artistas clássicos, acrescentavam meia parte de pó de mármore branco a mistura, no entanto esta adição de mármore não é indispensável. A adição de pó de mármore tem duas funções: Facilitar as reações químicas entre a cal e a atmosfera e melhorar o empacotamento das partículas. Esta camada também é deixada a secar durante 5 dias.

Imagem : 5.2.3 - O ``Intonaco`` Fonte: <http://www.rifaidate.it/pareti-solai/pittura/affresco.asp-10/03/2015>

5.2.4 - 3ª Etapa – O ``Enlucido``

Esta ultima camada é composta de uma argamassa formada por cal hidratada pura dissolvida em água em consistência ``firme``, pastosa. A quantidade de agua a ser empregada fica em torno de 20%. Deve-se umedecer abundantemente o intonaco que cobre o emboço para aplicar esta última camada, pois sobre ela, enquanto a argamassa estiver úmida será aplicada a pintura.

Imagem: 5.2.4 - O ``Enlucido`` Fonte: <http://www.rifaidate.it/pareti-solai/pittura/affresco.asp-10/03/2015>

5.2.5 - Etapas básicas para a execução da pintura de um afresco sobre a argamassa úmida.

Após a imersão da cal virgem em água pura, para obter-se hidróxido de cal, a pasta é deixada para “descansar” e completar as reações químicas por alguns dias.

O hidróxido de cal se precipita e deixa na superfície uma “água” transparente e bastante alcalina. As tintas são compostas com a mistura de pigmentos de origem mineral dissolvidos com esta água de cal transparente.

Esta água alcalina, usada para dissolver as tintas, irá acelerar as reações químicas entre a argamassa de cal e o gás carbônico da atmosfera, fazendo os pigmentos se incorporarem quimicamente com o muro, deixando a pintura altamente resistente e estável, chegando a durar milênios, como pode ser observado em muitas pinturas da antiguidade, que ainda estão preservadas.

O desenho ou esboço da pintura é transferido para a parede úmida por duas técnicas. Uma consiste em realizar um desenho no tamanho definitivo sobre papel, e perfura-lo com um estilete com pontos justapostos e coloca-lo, cuidadosamente, sobre a superfície úmida (enlucido) e com uma “boneca” (um pequeno recipiente de pano cheio de pigmento escuro) aplica-se pequenas batidas sobre o papel perfurado, transferindo o pigmento para a parede úmida, revelando o desenho

Sobre a argamassa úmida, aplica-se, com um pincel fino, o desenho com uma cor de tonalidade média. Esta camada chamava-se “sinopia”.

Outro processo, (inclusive usado por Michelangelo) consiste em fazer-se o esboço sobre papel no tamanho definitivo, e apenas encosta-lo cuidadosamente sobre a parede de cal úmida (enlucido) e com um estilete fazer pressão sobre o papel transferido o desenho que fica com um leve relevo sobre a superfície. (Edson Motta)

Realizado o desenho inicia-se a pintura que pode variar sua técnica conforme as habilidades de cada artista, no entanto sempre obedecendo o “tempo” da argamassa que secará em um prazo médio de oito a doze horas, dependendo das condições atmosféricas e usando-se tintas minerais dissolvidas apenas com água de cal.

Quando possível, os artistas umedecem a parte externa da parede para retardar a secagem, mas esse prazo tem limites, visto que, conforme algumas partes forem secando, inicia-se a reação química irreversível com a atmosfera.

Quando terminada a “giornatta”, ou seja, o dia de trabalho, o artista deverá remover as partes do enlucido que não foi possível pintar naquele dia e, na outra “giornatta” aplicar novamente a camada de “enlucido” para o dia de trabalho. Esse processo se repete até a conclusão do mural.

Etapas da pintura de um afresco sobre a argamassa úmida

Imagem: 5.2.5 - Ilustração das etapas da execução de um afresco - Intonaco – cartão - espolvo - pintura
fonte - <http://arteimmaginecossato.altervista.org/nuovosito/tecnica-dellaffresco/>

5.2.6 – 1ª. Etapa - O cartão

O cartão consiste em um desenho detalhado, feito em papel, na escala 1x1, no tamanho definitivo do mural. Será usado para marcar o desenho no emboço e todas as vezes que for aplicada o intonaco, ajustando e coincidindo cuidadosamente, as linhas.

Imagem: 5.2.6 - O cartão — fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp>

5.2.7 – 2ª. Etapa - O Espolvo (spolvero)

O espolvo consiste em perfurar-se todas as linhas do desenho do cartão com um estilete) e colocando o cartão sobre a parede, e com uma ``boneca``, (que é saquinho de pano cheio de carvão moído) bater em toda a superfície do desenho, transferindo-o para o o intonaco (argamassa úmida).

- Imagens: 5.2.7 - O Espolvo – fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp>

5.2.8 - 3ª. Etapa - Aplicação da sinopia (tinta de cal de cor neutra aplicada com um pincel fino) sobre o “ariccio” (emboço).

Imagem: 5.2.8- Aplicacao do ariccio - fonte <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp> -10/2014

5.2.9 – 4ª. Etapa - Aplicação do intonaco

Argamassa composta de uma parte de cal e uma de areia) sobre a sinopia, por partes de cima para baixo e da direita para a esquerda para evitar respingos sobre as partes concluídas.

Imagem: 5.2.9 – Aplicação do intonaco- fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp>

5.2.10 – 5ª. Etapa - pintura sobre o intonaco

Ainda úmido, aplica-se a pintura decorativa composta de pigmentos minerais dissolvidos em água de cal.

Imagem: 5.2.10.1 - Aplicação sucessivas e por partes do “intonaco” e da pintura
fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp> - 2014

Imagem: 5.2.10.2 - Pintura concluída - fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp> - 2014

5.3 - Revestimentos cerâmicos - O azulejo

As origens dos primeiros murais cerâmicos se encontram na antiga Mesopotâmia, onde cerâmicas (tijolos) multicoloridos vitrificadas em fornos permitiram criar obras que resistiram a ação do tempo.

Imagem 5.3.1 – Murais da babilônia - fonte: http://www.designboom.com/history/tiles_history.html - 03/2014

Entre os materiais cerâmicos que influenciaram a estética do ladrilho hidráulico destaca-se o azulejo.

O azulejo, enquanto material de revestimento, pertence à família dos mosaicos e no que refere aos temas geométricos, as semelhanças estéticas, entre azulejos e o ladrilho hidráulico são notáveis.

O azulejo tornou-se material comum na produção de murais artísticos pictóricos, com temas geométricos ornamentais, temas religiosos, históricos e pitorescos, recobrando fachadas de templos, residências e palácios, enquanto o ladrilho hidráulico ficou limitado ao revestimento de pisos e paredes com ornamentação geométrica, com marcada influência mourisca e barroca, sem desenvolver temáticas semelhantes às do azulejo.

Em Portugal, a evolução técnica do processo de fabricação e decoração dos azulejos sofreu influências de todos os povos com os quais o país esteve em contato na época dos descobrimentos.

Das viagens à China herdará o gosto pelo azul das porcelanas e muito da técnica de seleção e queima das argilas.

Imagem: 5.3.2 - Fonte: A Handbook of Chinese Ceramics - Metropolitan Museum of Art - NY - USA

Dos mouros a convivência, com seus templos ornamentados de cima abaixo com cerâmicas geométricas multicoloridas, influenciaria o gosto pelo rebuscado.

Painel pintado em azul cobalto e turquesa sob um esmalte transparente - Damasco, Oriente Médio, Síria - século 17 - Período: Otomano - Museu do Brooklyn - USA

Mosaico de corte azulejos policromos Mihrab (nicho de orações) 1354-1355 - Irã, Isfahan: oriente médio

Imagem 5.3.3 – fonte: <https://br.pinterest.com/pin/498632989964288387/> - 02/2014

Dos “países baixos” recebeu influencia no gosto pelos grandes murais figurativos realistas, com temática histórica e bíblica que seria exportada para o Brasil.

Imagem: 5.3.4- Reação às importações - Convento de São Francisco (Salvador) - BA –mestres portugueses

Da arte de países, como a Itália e França o gosto pelo barroco e rococó.

Imagem: 5.3.5 - Igreja da «Madre de Deus»,Lisboa, c. 1700. Willem van der Kloet foto: Nicolas

Lemonnier

Da Índia, com a influência da fauna e flora surgiriam os “grotescos” azulejos primitivos.

Imagem: 5.3.6

Azulejos portugueses “GROTESCOS”

Fonte : http://www.ceramicaantiguareproducciones.com/portugues_archivos/pajaritos.jpg - 12/10/2014

E do Brasil, em intimo diálogo, onde é difícil definir com total clareza o “influenciador e o influenciado” “, o gosto pelo revestimento externo de paredes.

Imagem: 5.3.4 –

Fachadas de azulejo em Portugal - Século XIX - Fonte: <http://www.museudoazulejo.pt/> - 10/10/2014

Imagem: 5.3.5 - fachadas de azulejo no Brasil - Século XIX

Fonte: <http://www.museudoazulejo.pt/> - 10/10/2014

Nesse caldeirão cultural surgirá o “azulejo Português” que tanto influenciaria o Brasil.

5.3.1 - Azulejaria brasileira

No sec.20, no Brasil, o empenho de Gustavo Capanema, no governo Vargas, abria aos arquitetos e artistas um campo fértil para a revitalização do uso do azulejo como manifestação “legitimamente” brasileira.

Os “neocolonialistas” e os primeiros “modernistas” brasileiros entendiam que a revitalização as antigas práticas artísticas coloniais de produção e utilização de azulejos seria uma maneira de deixar uma clara marca identificadora nacional. Nisso seriam duramente criticados, pois muitos detratores entendiam que esta “atitude retrograda” conflitava com a necessidade de inserção na nova realidade industrial. (Max Bill)

Murais de Portinari para o antigo MÊS
Fonte: <http://coisasdaarquitectura.wordpress.com/2011/06/20/edificios-marcantes-no-centro-do-rio-de-janeiro/>

Painel de azulejos de Burle Marx – Instituto Moreira Sales
Fonte: <http://radardecoracao.com.br/07/painel-de-azulejos-criado-por-roberto-burle-marx-ganha-restauro-no-ims/>

Imagem:5.3.1.1 - Mural do MES

imagem:5.3.1.2 – Mural do Instituto Moreira Sales

Diversos artistas brasileiros trabalharam com azulejos. Entre eles destacam-se: Candido Portinari, Burle Marx, Athos Bulcão e Brenandt. Entre os arquitetos destacam-se Oscar Niemeyer, Lucio Costa e João Filgueiras Lima. Na exposição realizada em Lisboa, no museu nacional do azulejo, fica patente a ligação entre Brasil e Portugal no que se refere a arte da azulejaria. (fig 250 e 251)

Fonte: <http://www.fundathos.org.br/projetos-05/11/2014/>

- Fonte: <http://www.museudoazulejo.pt/-10/10/2014>

Imagem:5.3.1.3 - Athos Bulcão

imagem:5.3.1.4 – Artistas portugueses

E assim sobrevive um dos grandes diferenciais da cultura ibero brasileira:
O azulejo! Azulejo que devido as suas similitudes, dialoga com o ladrilho hidráulico e mostra-lhe o caminho da sobrevivência que é a necessidade de atualização.

5.3.2 - A técnica tradicional da produção do azulejo

Nas oficinas artesanais de fabricação e pintura de azulejos são utilizadas argilas geralmente provenientes de depósitos de margens de rios. Esta argila depois de passar por uma limpeza previa é deixada a “descansar” para que termine a decomposição de material orgânico que eventualmente esteja presente. Posteriormente o “barro” deve ser “sovado” para retirar bolhas de ar que poderiam provocar rompimentos das peças quando da queima. Depois de moldados, os azulejos são secos e queimados a altas temperaturas, que variam de 900 a 1200 graus.

As argilas

Segundo Bruce Velde e Alain Meunier “as argilas originam-se da desagregação de rochas feldspáticas, por ataque químico (por exemplo, pela água ou pelo ácido carbônico) ou físico (erosão, vulcanismo), que produz a fragmentação em partículas muito pequenas.

Apresenta-se em diversas cores (branca, amarelada ou avermelhada) e constitui uma família de minerais filossilicáticos hidratados aluminosos de baixa cristalinidade e diminutas dimensões (partículas menores do que 1/256 mm de diâmetro), como a caolinita, esmectita, montmorillonita, illita, etc. Geralmente, apresenta-se estável nas condições termodinâmicas e geoquímicas da superfície terrestre ou de crosta rasa.

Normalmente as jazidas são formadas pelo processo de depósito aluvial, ou seja, as partículas menores (e, portanto, mais leves), partículas inferiores a 2 micra (0.002mm), são levadas pela corrente de água e depositadas no lugar onde a força hidrodinâmica já não é suficiente para mantê-las em suspensão. Esses locais são os chamados depósitos argílicos.

As argilas assim geradas são chamadas de secundárias, já que a argila primária permanece no local onde se originou, sendo este o caso da formação das jazidas de caulino.”

Fonte: Bruce Velde; Alain Meunier. *The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks* Springer, 2008

Os tamanhos das placas individuais (cada azulejo) podem ser variados, no entanto grandes tamanhos são evitados devido as dificuldades na “queima”, no transporte e no assentamento. Grandes placas sofrem frequentemente rachaduras e deformações no interior dos fornos e por esta razão utiliza-se tradicionalmente pequenos formatos, 15cm x 15cm ou 20cm x 20cm.

Após a primeira queima o azulejo passa a chamar-se “biscoito”. Sobre esse “biscoito” é aplicado o “engobe” (argila branca rica em caulim) e, sobre esta, as camadas de tinta mineral e finalmente o esmalte.

Os azulejos em tons de azul são pintados com o pigmento óxido de cobalto. As veladuras de tinta são aplicadas de modo semelhante a técnica da aquarela, onde a luz é obtida pela cor branca do próprio azulejo.

Após a execução da pintura se procede a aplicação do esmalte que tem a função de impermeabilizar o suporte, conferindo-lhe o aspecto reluzente, protegendo e saturando o pigmento.

Esmalte

“O composto chave do esmalte vítreo é um composto de vidro altamente quebradiço designado frita. A frita é um borossilicato alcalino com um coeficiente de dilatação térmica e temperatura de fusão próprios para revestir aço. Os materiais em bruto são fundidos entre 1250 e 1350°C, resultando num vidro líquido que é escurrido para o exterior do forno e aplicado um choque térmico com água ou cilindros de aço, convertendo-o em frita cujo ponto de fusão torna-se mais baixo.”

O esmalte ou esmalte vidrado é um material obtido pela mistura de materiais similares ao vidro em pó.

Aplica-se o ``esmalte`` sobre o suporte cerâmico (biscoito) por imersão ou aplicação com pincel ou pulverizador. Através do aquecimento em forno, normalmente entre 750 a 1100 graus funde-se o esmalte que adere intimamente ao suporte. Depois de retirado do forno, o azulejo adquire sua aparência vidrada e tem aumentada sua resistência mecânica.

Na época áurea em que os azulejos eram produzidos, o azul era caríssimo e considerado uma cor nobre, pois derivava de uma pedra semipreciosa, o lapilazule, que tem cor azulada devido a presença de óxidos de cobalto. Com a descoberta do método de fabricação industrial seu preço caiu.

As cores derivadas do azul de cobalto se comportam sem maiores complicações dentro dos fornos. A tinta aceita diversas sobreposições e variações de temperatura sem agretar-se ou desbotar.

Para o artesão que trabalha em uma oficina que produz ``azulejos portugueses`` o azul não é apenas uma opção estética, mas também uma questão prática e econômica.

A policromia (pintura com diversas cores) apresenta diversas complicações.

As tintas vermelhas e amarelas são de manuseio mais difícil, pois desbotam, vaporizam, mancham e contaminam outras cores, as mesclas entre muitas cores torna-se complicada devido as reações químicas que ocorrem por oxirredução. Os vermelhos e amarelos vitrificam em temperaturas mais baixas que os azuis e negros e com ``atmosfera`` diferentes dentro do forno. Em alguns casos as cores se comportam melhor em ambiente oxidante em outros casos se obtêm melhores resultados com ambiente redutor.

Reações de oxirredução são reações químicas onde ocorrem transferências de elétrons entre duas, ou mais substâncias químicas.

Numa reação de oxirredução sempre há perda e ganho de elétrons, pois os que são perdidos por um átomo, íon ou molécula são imediatamente recebidos por outros.

A perda de elétrons é chamada de oxidação e o ganho de elétrons é chamado de redução. Na oxidação, o número de oxidação (Nox) do elemento aumenta (pois ele perde elétrons). Na redução, o número de oxidação (Nox) se reduz (pois o elemento ganha elétrons).

Para obter-se uma grande variação cromática são necessárias diversas queimas, em temperaturas e atmosferas diferentes, e uma habilidade extrema do artista artesão para controlar as variáveis, como os choques térmicos provocados por variações externas de temperatura e umidade que fazem as ``peças`` racharem tornando o Processo enfadonho e dispendioso.

5.3.3 - Etapas de produção do ‘azulejo português’

1- A argila é batida vigorosamente sobre uma manta absorvente, eliminando-se a formação de bolhas.

2- Com um rolo alisa-se a argila até a espessura apropriada para manipulação.

3- Inicia-se o corte por meio de um estilete, obtendo-se os azulejos nas dimensões desejadas.

5 - Passa-se um estilete entre a madeira e a argila para desprende-la.

Para obter-se tamanhos padronizados usam-se formas metálicas para corte das aparas.

Outra maneira é usar-se formas de tamanho pre definido aplicando-se serragem como desmoldante

Imagens: 5.3.3.1 - Etapas de produção do ‘azulejo português’ - Fonte: <http://santiagoatelier.blogspot.com.br/> - 02/10/2014

6 - Os azulejos são colocados sobre uma prateleira para secagem da argila.

7 - Depois de seca, Aplica-se camadas de engobe (barro líquido branco) sobre o azulejos por meio de um pincel ou imersão.

8 - O azulejo é lixado, alinhando-se as arestas.

9 - Aplica-se a pintura com pinceis e esponjas usando tintas solúveis em água

9 - Aplica-se a pintura base de óxidos metálicos com pinceis e esponjas usando tintas solúveis em água

Imagens:5.3.1.2 - Etapas de produção do "azulejo português - Fonte: <http://santiagoatelier.blogspot.com.br/> - 02/10/2014

5.3.4 - Pintura em Azulejo `` Sob – vidrado`` e ``Sobre vidrado

Vidrado ou Vidrado cerâmico é uma camada superficial, feita por uma substância vítrea, aquecida em forno de altas temperaturas, de modo a fundir-se com o objeto cerâmico para melhoria das propriedades mecânicas, impermeabilização e saturação da cor.

O ``sobre vidrado``

Na pintura “sobre - vidrado” como o próprio termo diz, a tintas são aplicadas sobre uma cerâmica já esmaltada e vidrada. Esse processo é mais simples porem menos resistente.

O “Sob vidrado”

Na pintura sob vidrado, a pintura é aplicada diretamente sobre o “biscoito”(argila queimada) para posteriormente receber a primeira camada de esmalte.

Aplica-se o “esmalte” sobre o suporte cerâmico (biscoito) por imersão ou aplicação com pincel ou pulverizador.

Imagem:5.3.4.1- esmaltação do azulejo

Através do aquecimento em forno, funde-se o esmalte que adere intimamente ao suporte. Depois de retirado do forno, o azulejo adquire sua aparência vidrada e sua resistência mecânica. A queima pode ser feita em fornos de cerâmica movidos a lenha , gás ou eletricidade com temperaturas que variam entre 700° a 1250° Celsius.

Imagem;5.3.4.2 - Forno cerâmico a lenha

imagem5.3.4.3 -Forno a gás

imagem5.3.4.4 - Forno cerâmico elétrico

Fonte: <http://santiagotelier.blogspot.com.br/> - 02/10/2015

5.3.5 - Técnicas básicas de cerâmica esmaltada

Técnica Basse-taille - Expressão francesa que significa *baixo relevo*. A superfície é decorada com uma gravura em baixo relevo que pode ser vista através de esmaltes translúcidos e transparentes

Basse-taille - rt Nouveau Majolica Tile Cleveland - Date: cerca 1905

Fonte: <https://www.pinterest.com/melissaioanmeve/art-nouveau/> - 2/10/2014

Técnica Cloisonné - Termo francês para *alvéolo*. São aplicados arames muito finos de modo a formar compartimentos na superfície, que recebem depois esmalte de diferentes cores. Bastante difundida na Europa, Médio Oriente e Extremo Oriente.

Fonte: <http://sacredartpilgrim.com/schools/view/28-2/10/2014>

Técnica Champlevé - Francês para *campo elevado* ou *alto relevo*, a superfície é gravada para o exterior de modo a formar alvéolos nos quais o esmalte é queimado, deixando a superfície exposta

Champlevé- fonte: http://www.fingers.co.nz/exhibitors/jasmine_watson.htm - 2/10/2014

Técnica do alicatado

Mosaico feito com pequenas tesselas cerâmicas, cortadas com "alicate", coloridas e vitrificadas em forno, e unidas com argamassa.

Azulejo Mourisco "alcatado" - Alhambra - Espanha - séc. XII -

fonte: <http://cvc.instituto-camoes.pt/azulejos/tradisl.html> - 12/10/2014

Técnica da "Corda Seca" Surge no século XIV, como um substituto para os mosaicos cuja execução era cara e lenta. Consiste na realização de pintura em azulejos com a utilização de um delimitador (corda) entre as cores, feito com base gordurosa, o qual servia para separar os esmaltes vidrados coloridos.

Azulejo Mourisco "corda seda" - Alhambra - Espanha

fonte: <http://cvc.instituto-camoes.pt/azulejos/tradisl.html> - 12/10/2014

Técnica da "aresta" Consiste em fazer um delimitador com a própria argila impedindo as cores se misturarem umas com as outras.

Azulejo Mourisco "aresta" - fonte:

fonte: <http://cvc.instituto-camoes.pt/azulejos/tradisl.html> - 12/10/2014

Técnica "Nazari" - pintura sobre a base de azul-verde de esmalte óxidos de chumbo. Adiciona-se matéria orgânica dentro do forno provocando fumaça, que causa a oxidação dos esmaltes de queima, resultando no brilho metálico iridescente.

Nazari - fonte: <http://cvc.instituto-camoes.pt/azulejos/tradisl.html> - 12/10/2014

5.4 - Esgrafito

O esgrafito é uma palavra que deriva de Sgraffito, (em italiano: "arranhado"). O processo tem suas raízes na pré-história quando os homens das cavernas, em uma de suas técnicas, aplicavam cores sobre as paredes das cavernas e encostas e as riscavam para obter seus efeitos pictóricos.

Imagem:5.4.1 - Sego Canyon Petroglyphs - Thompson Springs, Utah fonte: U.S. Geological Survey Geographic Names Information System: Thompson Springs – 10/06/2015

Sgraffito, (em italiano: "arranhado") uma técnica utilizada na pintura, cerâmica e vidro, que consiste em colocar por baixo uma superfície preliminar, cobrindo-o com outra, e depois riscar a camada superficial de tal forma que o padrão ou forma que surge é a de cor inferior.

Fonte: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/537397/sgraffito>

Trata-se de uma técnica artesanal que pode ser utilizada em diversos materiais: cerâmica, reboco ou gesso e adapta-se perfeitamente ao material cimentício, próprio do ladrilho hidráulico. Atualmente a técnica vem recebendo atenção de diversos artistas plásticos (especialmente na America Latina, que tem uma grande tradição na arte muralista) entre os quais se destacam os argentinos Miguel Hachem e Jorge Soto, além de artistas que trabalham com cerâmica como a artista Natalie Blacke que vem divulgando o processo através de redes sociais, despertando grande interesse,

Imagem: 5.4.2 – Obra de Sarah Blacke- Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2p6c3KmN1MA> - 04/10/2015

Por sua simplicidade, a técnica pode ser encontrada em diversas épocas, em diversos locais, em todos os continentes e consiste em aplicar-se camadas sucessivas de cores diferentes sobre um suporte e, por meio de um estilete ou algo similar, `riscar` removendo e revelando as camadas inferiores obtendo-se uma gama variada de tons e cores e relevos.

Nas culturas pré-colombianas esta técnica foi amplamente desenvolvida.

Um exemplo notável da utilização e domínio desses processos está na cerâmica marajoara, originária da Ilha de Marajó – Pará – Brasil

Imagens: 5.4.3 – Cerâmica Marajoara- fonte <http://www.hak.com.br/blog/ceramica-marajoara-a-riqueza-do-artesanato-da-regiao-norte-do-brasil/>

Nos períodos renascentista e barroco a técnica teve um grande ressurgimento, quando se usou argamassa de cal e areia.

Imagem: 5.4.4 - Palácio Neri, Florença - Itália

Fonte: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/537397/sgraffito> - Disponível em 04/10/2014

No período em que ocorreu o movimento “art nouveau” a técnica obteve um desenvolvimento notável por influência do grupo Arts and Crafts com artistas e arquitetos como Oscar François, Henri Privat-Livemont, Paul Hankar, Mikhail Vrubel, Paul Cauchie, Osvald Polívka, Karel Špillar, entre outros...

Imagem: 5.4.5 - Cauchie House - França - Fonte: <http://aboutartnouveau.wordpress.com/2012/09/25/sgraffito/>

5.4.1 - Técnica do Sgraffito com argamassa de cal

A argamassa seca em reação com o gás carbônico da atmosfera transformando o hidróxido de cálcio novamente em calcário de modo similar a técnica do afresco.

Esgraffito de autoris de Miguel Hachem, artista argentino, em Foz do Iguaçu – Brasil

1 - *Chapiscado do muro de alvenaria, com cimento, para melhorar a aderência das sucessivas camadas de reboco
*nivelamento e aprumação do emboço com "taliscas" de cerâmica.

2- Aplicação das camadas sucessivas de reboco com espessura aproximada de 2 cm, Composto de 1 parte de areia fina, uma parte de cal e pigmentos minerais em proporções e cores variadas

3 - Remoção da camadas de argamassa enquanto estiverem frescas. Composta de 1 parte de areia fina, uma parte de cal e pigmentos em proporcoes variadas

4 - Surgem todas as camadas.
As mais escuras nas áreas mais profundas e as mais claras na superfície revelando a imagem.

5 - Surge um alto-relevo policromático que confere ao trabalho características pictóricas aliadas a qualidades escultóricas.

6 - A superfície deve ser umedecida constantemente, para evitar a secagem prematura, e permitir trabalhabilidade.

Imagens: 5.4.1 - Esgraffito autor Miguel Hachem, artista argentino, em Foz do Iguaçu – Brasil
Obra concluída em 2008 - fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=QA0la1wpeTk>

5.5 - Revestimento de cimento pigmentado - (“Cimento queimado”)

O piso cimentado ou “queimado”, como é popularmente conhecido, é um acabamento dado a um piso de concreto (pigmentado ou não) quando ainda não endurecido. Era muito comum nas edificações mais simples devido ao seu baixo custo e vem sendo substituído pela cerâmica.

O mais comum conhecido como “cimento verde” é produzido com a pulverização de cimento Portland comum, sobre argamassa de cimento e areia em estado úmido e nivelada com colher de pedreiro ou desempenadeira de aço. Esse processo é conhecido como “queima”. Outro processo muito utilizado, conhecido como vermelhão, consistia na adição de óxido de ferro vermelho ao cimento Portland em pó que seria pulverizado.

A técnica permite a obtenção de uma ampla gama de cores, porém é necessário que sejam usados pigmentos de origem mineral que resistam ao meio alcalino do cimento. A cor pode variar com a quantidade de pigmento - caso queira mais escuro ou mais claro, utilize mais ou menos pigmento..

Concluindo o serviço, a área deve ficar isolada por 2 a 3 dias. A cura do piso deve prosseguir até, no mínimo 10 dias. [ABCP]

1ª Etapa – Mistura do pó de cimento Portland com pigmento mineral (nesse caso óxido de ferro vermelho)

2ª Etapa – Espalhamento manual do pó de cimento colorido sobre argamassa de cimento em estado úmido
Traço da argamassa - 3 partes de areia “média” e uma parte de óxido de ferro vermelho

3ª Etapa – Nivelamento da argamassa com régua e alisamento da mistura com desempenadeira de aço

Algumas das diversas possibilidades de cores de Cimento queimado

Imagem:5.5 Cimento Queimado – Técnica - Fonte: http://www.pigmax.com.br/comofazer_cimentoqueimado.php

5.5.1 - Pintura direta com ``tinta`` de base cimentícia

Consiste na utilização de uma ``tinta`` composta da mistura de pigmentos minerais com cimento branco, dissolvidos em água de modo a formar uma pasta cremosa.

Esta ``tinta`` é aplicada diretamente sobre o reboco de um muro umedecido, feito com argamassa de cimento, ou em placas, semelhantes aos ladrilhos hidráulicos, conforme os dois exemplos abaixo, executados no ano de 2008.

Nas primeira experiência foi usado como base para a pintura um painel composto de placas medindo 20cm x 20cm.

* O primeiro painel realizado para a Igreja de Santa Rita de Cajuru – SP, Primeiramente foi montado sobre cavaletes na oficina um suporte de madeira compensada, levemente inclinado para evitar o deslizamento dos ladrilhos. Montou-se nesse ``cavelete`` um painel com placas feitas com argamassa de cimento coloridas com óxido de ferro vermelho. Sobre esses ladrilhos, umedecidos com água em abundância, aplicou-se pinceladas livres.

As tintas de cores e texturas variadas foram feitas com mistura de 2 partes de cimento branco (CPB), e uma parte de pigmentos minerais variados, dispensando-se o uso de prensas.

* O segundo painel (Helicônia) foi composto de ladrilhos hidráulicos crus feitos somente com areia, cimento e água, instalados sobre cavaletes e sobre os ladrilhos umedecidos com água, aplicou-se com pinceladas livres, com tintas feitas com mistura de uma duas partes de cimento branco (CPB) e uma parte de pigmentos minerais variados, obtendo as cores com textura variada, com adição de plastificantes e dispensando-se o uso de prensas.

Ambos os murais foram deixadas a secar por 24 horas e mergulhadas em água pura por 12 horas. Depois de 28 dias, Após a secagem e cura completa da argamassa, aplicou-se sobre estes uma solução de água com 20% de silicato de potássio, que teve a função de produzir quimicamente uma reação na camada superficial cimentícia, (Leonel Tula) conferindo-lhe aumento na resistência mecânica. Após nova secagem aplicou-se cera polimérica na superfície.

A Técnica de ``pintura`` foi semelhante ao afresco, porém, com ``tintas`` aplicadas com maior espessura, possibilitando espatulado e pinceladas mais vigorosas, que coferiram uma estética peculiar ao material.

Estas pinturas, passados 8 anos desde sua execução, não sofreram desgaste considerável, no entanto ocorreu manchamento na superfície, com precipitação de material esbranquiçado, com aparência visual de carbonato de cálcio e silicatos, que demanda análise química mais apurada.

As fotos que seguem nas próximas páginas são referentes a essas duas obras executadas com tinta cimentícia.

Mural 1 -

Igreja de Santa Rita – Cajuru –SP - 2008, de autoria do autor da pesquisa.

Desenvolvido com a técnica similar ao ladrilho hidráulico, porém com aplicação manual de tintas a base de pigmentos minerais e cimento branco, sobre placas feitas com argamassa de cimento e areia, e instalado em muro em área externa. Nunca recebeu manutenção e encontra-se em bom estado de conservação, porém com manchamento na superfície.

Imagem:5.5.1.1 – Santa Terezinha - Pintura direta sobre ladrilho com tinta de base cimentícia

* Mural 2 -

Desenvolvido com a técnica similar ao ladrilho hidráulico, porém com aplicação manual de tintas a base de pigmentos minerais e cimento branco, sobre placas feitas com argamassa de cimento e areia, com o tema “Helicônia” realizado em 2002 e instalado em muro em área externa. Nunca recebeu manutenção e encontra-se em bom estado de conservação.

Imagem:5.5.1.2– Helicônia - Pintura direta sobre ladrilho de cimento com tinta de base cimentícia

5.5.2 - Revestimentos cimentícios fabricados com moldes de borracha de silicone

A borracha de silicone tem uma cadeia polimérica que contém átomos de silício e de oxigênio, sendo as valências livres do átomo de silício neutralizadas pelos radicais orgânicos.

Fórmula estrutural genérica da borracha de silicone

“Os silicões, mais precisamente chamados “siloxanos” ou “polisiloxanos” são polímeros misturados inorgânicos-orgânicos com a fórmula química $[R_2SiO]_n$, onde R é um radical orgânico, como por exemplo, metilo, etilo ou fenilo”. (Gomes)

Fonte: <http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-silicone.php#top> 6/09/15

Preparação

- 1 - Usar somente recipientes de vidro ou metal, pois plástico são difíceis de limpar.
- 2 - Usar recipiente medidor milimetrado — becker, bureta, medida de cozinha etc.
- 3 - Colocar a quantidade de borracha ser usada e acrescentar 10% do volume com catalisador e misturar tudo muito bem.
- 4 - Derramar a borracha sobre a peça a ser copiada, devagar e preencher os detalhes.
- 5 - Aguardar 24 horas até a vulcanização total, para atingir resistência física adequada ao uso.

Imagem: 5.5.2– Revestimentos cimentícios fabricados com moldes de borracha de silicone

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Fu3sfr37o-Y> - <https://www.youtube.com/watch?v=QD9xIDLl4mc> -05/9/15

5.6 - Processo tradicional de produção de ladrilhos hidráulicos

Toda as técnicas apresentadas anteriormente guardam semelhanças estéticas e técnicas com o ladrilho hidráulico e, de certa forma, pode-se dizer que estes antigos processos e técnicas são a matriz cultural de onde ele emergiu.

O surgimento do cimento Portland, durante a revolução industrial, iria permitir o surgimento do ladrilho hidráulico como uma alternativa á aqueles antigos processos, no entanto, em um primeiro momento, os fabricantes resistiram em romper com os antigos paradigmas estéticos, próprios daquelas outras técnicas ancestrais. Considerando o mosaico como `` a arte trabalhar um conjunto dividindo-a em partes que se completam e complementam``, pode-se dizer que o Ladrilho Hidráulico pertence à família dos mosaicos.

O material cimentício, empregado na produção de revestimentos hidráulicos, possibilita a produção de formatos, cores, texturas e ornamentação variadas.

A resistência aos desgastes, corrosões e desbotamentos provocados pela ação do tempo, a possibilidade desenvolver-se tesselas (pequenos fragmentos) coloridos que se assemelhem aos tradicionalmente usados na arte mísica, colocam o revestimento hidráulico como adequado para a ampliação das possibilidades criativas da técnica do mosaico. O mosaico com material cimentício já está presente nas pavimentações de ruas e calçadas devido a sua facilidade de execução, instalação e custo reduzido.

Entre esses materiais destaca-se o usado na pavimentação de ruas e calçadas, onde se destacam os ``bloquetes sextavados, os pisos intertravados, os paralelepídeos de concreto, produzidos com técnica semelhante a usada na produção de ``ladrilhos hidraulicos`` decorativos, porem sem a utilização de prensas.

Esse tipo de revestimento de piso oferece a vantagem de permitir uma melhor drenagem, devido aos interstícios entre os bloquetes, que favorecem a absorção das águas das chuvas contribuindo para recarga dos lençóis freáticos.

Bloquete sextavado de cimento

Paralelepípedo de cimento

Piso intertravado de cimento

Imagem; 5.6 – Calçamento com ladrilhos de concreto intertravado <http://www.mvintertravados.com.br/index.php?pagina=nav/home>

5.6.1 - Esquema estrutural do ladrilho hidráulico

Imagem; 5.6.1- Esquema estrutural do ladrilho hidráulico

Fonte – Imagem produzida pelo autor desta pesquisa com o programa de computador Sketchp 8

Na técnica tradicional, ainda praticada em oficinas artesanais, cada espaço no molde é preenchido com uma cor, ou mais cores.

A camada superior ornamentada tem cerca de 4-5 mm e é composta de uma mistura de pigmentos minerais e cimento branco, com proporções variáveis dependendo da cor que se queira obter, sendo que o cimento branco serve como pigmento branco na mistura.

A mistura não pode ter menos que 50% de cimento branco pois tornaria a superfície do ladrilho frágil. Em geral os artesãos usam empiricamente a proporção 3x1 (três partes de cimento e uma parte de pigmento).

A camada intermediária tem cerca de 2 mm e é composta de 1 parte de cimento comum (cp1) e uma de areia, e tem a função de absorver o excesso de água e servir de liga entre a camada ornamentada e a camada inferior mais sólida.

A camada final inferior é feita com uma mistura de 3 partes cimento e uma de ``areia média`` ou ``areia grossa`` e é a mais espessa, em torno de 1,5 cm, e mais sólida e facilita a aderência ao chão.

Os moldes fabricados com metal (ferro ou bronze) apresentam divisões para as cores. Cada espaço no molde é preenchido com uma cor diferente, o que aumenta o custo de cada peça.

A utilização de pigmentos minerais é uma necessidade técnica devido a alcalinidade corrosiva da argamassa cimentícia.

Os pigmentos mais comuns são os óxidos de ferro vermelhos e amarelos, verde cromo, azul cobalto e preto cobalto que conferem tons terrosos ao produto acabado.

A cor branca é obtida pelo cimento branco.

Estando a argamassa ainda úmida se aplica a prensagem em formas com prensas manuais de aproximadamente 10 ton. Após uma secagem inicial de 12 horas, aplica-se água em abundância sobre o material acabado, com a função de provocar as reações químicas necessárias a “cura” (secagem e endurecimento).

A cura completa- se após 28 dias, porem por razoes econômicas e para liberar espaço nas oficinas, o material geralmente é embalado e expedido antes da cura final.

5.7- Etapas da produção do Ladrilho Hidráulico tradicional.

5.7.1 - 1a. etapa

Preparação da pasta colorida Preparação da pasta colorida composta de cimento branco para as cores claras e vibrantes (em geral usa-se cimento branco não estrutural). Para cores escuras utiliza-se, geralmente, cimento comum (Cimento portland CP1), pó de mármore branco, areia fina e pigmentos de origem mineral.

O traço varia entre, 3 a 4 partes de cimento, uma de areia, uma de pó de mármore e uma de corante. Esse traço pode variar dependendo da proposta do artesão, pois cores claras levam menos pigmentos.

O pó de mármore tem a função de melhorar a compacidade das partículas, portanto é uma forma primitiva de auto adensamento do concreto.

Os pigmentos serão descritos em capítulo subsequente.

Imagens:5.7.1 Pasta preparada com cimento branco e pigmentos minerais
Fonte: <http://www.ladrilhoshidraulicosrp.com.br/> - em 07/10/2014 -

5.7.2 - 2ª. Etapa - Escolha do molde

Escolha do molde (em geral metálico) que servirá de guia para a colocação das cores. Cada espaço do molde é reservado para a colocação de uma cor, aplicada com consistência cremosa e fluida. O mesmo molde pode ser usado para desenhos com outras modulações de cor.

Imagem: 5.7.2 - Moldes metálicos para ladrilhos hidráulicos

fonte: <http://blog.gerencialconstrutora.com.br/noticias/decoracao/ladrilhos-hidraulicos-o-que-sao>

5.7.3 - 3ª. Etapa - Colocação da tinta colorida dentro do molde ornamentado metálico, dentro do suporte de ferro, que servirá de estrutura para a prensagem.

Imagem: 5.7.3.1 - fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html> em 07/10/2014

Imagem: 5.7.3.2 - Artesão distribuindo as cores no molde metálico -

Fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

5.7.4 - 4a. Etapa

Remoção cuidadosa do molde metálico, de maneira a não causar danos no desenho que ainda está úmido e fluido

Imagem: 5.7.4- Remoção cuidadosa do molde metálico

fonte: <http://tudojuntoemisturadopatry.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

5.7.5 - 5ª. Etapa

Imediatamente após a retirada do molde é feito o espalhamento de uma camada de aproximadamente 2mm de cimento em pó misturado com “um pouco” de areia fina por toda a superfície da peça ainda úmida. Esta camada intermediária servirá de liga entre a pasta colorida e a última camada composta de argamassa de cimento e areia.

Imagem: 5.7.5- espalhamento de uma camada de aproximadamente 2mm de cimento em pó

fonte: <http://tudojuntoemisturadopatry.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html> em 07/10/2014

5.7.6 - 6ª. Etapa

Enchimento do restante do suporte de ferro com uma argamassa composta de 1 parte de cimento comum (CP1) com 3 partes de “areia média” com espessura aproximada de 1,5 cm . Esta nomenclatura “areia media” é determinada de maneira empírica pela experiência do artesão e sofrendo variações consideráveis devido a disponibilidade do produto no mercado.

Com uma pequena haste metálica se procede a um nivelamento preliminar.

Imagem; 5.7.6 - Enchimento do restante do suporte de ferro

fonte: <http://tudojuntoemisturadopatry.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html> em

5.7.7 - 7ª. Etapa

Fechamento do suporte de ferro, com uma tampa de ferro robusta, onde será aplicada pressão de aproximadamente 10 ton/cm² pela prensa.

Imagem: 5.7.7 - Fechamento do suporte de ferro

fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

5.7.8 - 8ª. Etapa

Após fechar a tampa de ferro sobre a argamassa úmida, aplica-se a prensagem manualmente com uma prensa de parafuso helicoidal, com a pressão de 10tn /cm².

Imagem: 5.7.8 - prensagem manualmente

fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

5.7.9 - 9ª. Etapa

Após a prensagem, os ladrilhos devem ser deixados a secar por no mínimo 12 horas, para se realizarem as primeiras reações químicas pozolânicas, e suportarem manuseio.

Imagem: 5.7.9 – Secagem por 12 horas

fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

5.7.10 - 10ª. Etapa Após a secagem de 12 horas, os ladrilhos devem ser mergulhados, em água limpa, pelo prazo de 12 horas, para completar as reações químicas na argamassa.

Imagem: 5.7.10 – imersão em água limpa

fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

O prazo ideal de cura seria de 28 dias, no entanto, por razões econômicas, os produtores embalam e entregam os ladrilhos com um prazo menor, com o intuito de liberar espaço nas oficinas e se capitalizar.

5.8 - Ladrilhos hidráulicos da região de Athangudi na Índia

Athangudi é uma pequena aldeia no Sivagangai District na Índia famosa pela produção de Ladrilhos hidráulicos. A vila tem uma população de cerca de 2.000 habitantes e a maioria das famílias está envolvida na produção de ladrilhos.

Esta produção se deveu a influência da colonização britânica, porém adquiriu características próprias com uma simplificação do processo que dispensa o uso de prensas.

*“A areia vem de um montanha nas proximidades e é rica em mica (sílica mineral).
O brilho da massa se intensifica quanto mais se ‘sovar’”.
Tentamos usar areia de rio pura, mas falhou.”*

Fonte - Thru Salva (artesão de pequena fábrica na região)

Os artesãos utilizam areia rica em mica (sílica mineral), o que confere uma melhor compacidade das partículas devido ao efeito Fuller e uma melhor reação pozolanica com o cimento Portland, porém esta areia é proveniente de uma reserva que está se extinguindo.

A utilização de CAD (Concretos de alto desempenho), substituindo-se a ‘mica’ por sílica ativa e matacaulim, a adição de plastificantes redutores de água, a aplicação de endurecedores químicos de superfície permitiriam a continuidade desse maravilhoso trabalho.

Na região de Athangudi observa-se um grande contraste entre a rusticidade das oficinas dos artesãos e a suntuosidade das residências para onde os ladrilhos produzidos são direcionados.

O ladrilho ricamente decorados é um forte símbolo divisão de classes sociais.

A divisão de castas pode ser observada pela relação com o ladrilho nesta região.

Para o trabalhador de casta ‘inferior’, pobre e miserável, estabelece-se uma relação de trabalho, para os de castas ‘superiores’ estabelece-se uma relação estética e de lazer.

Imagem: 5.8.1 – Artesãos da Aldeia de Athangudi – Índia

Fonte : <https://www.facebook.com/776420789141927/videos/vb.776420789141927/841609362623069/?type=2&theat>

5.8.1 – Processo direto de produção de Ladrilhos Hidráulicos Sem o uso de prensas na região de Athangudi – Índia.

*SEM uso de forma ornamentada e * COM uso de forma ornamentada

Imagem: 5.8.2 – Etapas do Processo direto de produção de Ladrilhos Hidráulicos da região de Athangudi – Índia

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=hwn-QbYR13o>

Imagem: 5.8.5 – Etapas do Processo direto de produção de Ladrilhos Hidráulicos da região de Athangudi – Índia
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=hwn-QbYR13o>

6 - Revestimentos Hidráulicos e novas tecnologias - Estado da Arte

“...A Técnica é uma habilidade humana de fabricar, construir e utilizar instrumentos”...A Tecnologia só pode ter vigência depois do estabelecimento da Ciência moderna...devendo ser comprovada pela experiência científica...”
VARGAS, Milton. *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil. SP, Unesp, CEETEPS, 1994*

A produção de revestimentos hidráulicos é uma técnica que precisa de desenvolvimento tecnológico para a adequação e ampliação das suas qualidades produtivas, estéticas e econômicas às necessidades e exigências do mundo moderno.

A fabricação desses produtos ainda se dá, em grande parte, com conhecimento empírico de artesãos que ainda utilizam técnicas seculares que podem se beneficiar dos novos conhecimentos da área.

A aplicação de metodologia científica a esses processos visa encontrar soluções para os problemas provenientes da atual produção.

A produção artesanal e artística pode subsistir no mundo moderno, porém não é necessário que fique a margem da evolução tecnológica.

A tecnologia não é inimiga da arte e pode ser sua aliada. As mãos dos artistas e artesãos poderão se beneficiar dos avanços tecnológicos, que conferirão maior durabilidade e mais ampla gama de possibilidades expressivas às suas obras, graças ao conhecimento sistematizado.

O conhecimento tecnológico é uma necessidade que se impõe, pois os produtos produzidos artesanalmente não acompanharam o desenvolvimento tecnológico e não tem competitividade econômica, ficando restritos a um modismo momentâneo. A sobrevivência dessa atividade passa pela tecnologia, pois a indústria cerâmica já dispõe de produtos que “imitam” a aparência dos antigos ladrilhos a preços muito inferiores. Deve-se buscar: O aprimoramento tecnológico da produção de placas de base posolânica “ladrilhos hidráulicos”, o melhoramento de suas características técnicas, a viabilização econômica de sua produção, o desenvolvimento de métodos produtivos, o reconhecimento de sua função histórica, relacionando-o com outros processos e técnicas de revestimento mural de modo a ampliar suas possibilidades estéticas.

Esta pesquisa propõe-se a estudar novas maneiras de produzir “revestimentos hidráulicos”, fazendo uso das novas tecnologias com a utilização de concretos de alto desempenho, endurecedores químicos de superfície, combinação de pigmentos e texturas que permitam utilizar a técnica como suporte para a produção de murais artísticos para espaços expostos a intempéries, visando a preservação das obras da ação do tempo e do meio ambiente agressivo, visto a grande resistência desse material, com uma linguagem contemporânea.

Considerando a necessidade de reduzir custos e facilitar a execução dos ladrilhos hidráulicos, por artistas e artesãos, tornar-se interessante eliminar etapas do processo tradicional de fabricação e introduzir novas tecnologias e entre estas o “concreto auto-adensável” é uma

alternativa viável, pois elimina o uso de prensas sem perder as qualidades de resistência do material e permite ainda obter dimensões maiores e mais variadas do produto.

O uso de prensas na produção de ladrilhos se justificava antes do advento dos concretos de alto desempenho, pois com aquela tecnologia obtinha-se uma melhor compactação das partículas, no entanto atualmente é uma tecnologia obsoleta que pode ser eliminada do processo produtivo com vantagens.

Experiências feitas por Catóia e Libório (Catóia e Libório - Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 47, p. 53-74, 2008) demonstram a viabilidade da produção sem o uso de prensas e a possibilidade de mescla e fusão de cores, tanto de mesclas de argamassa úmida sobre úmida, quanto úmida sobre seca. Isto permite uma maior flexibilidade da produção e abrem caminho para a criatividade.

Em termos de produção artística a eliminação de prensas permite a criação de placas de formato variados onde é possível criar-se texturas e relevos na superfície, o que não é possível quando se utilizam prensas, pois estas produzem superfícies lisas e por vezes monótonas. Permite maior liberdade de expressão e abre caminho para a utilização de outras técnicas variadas e similares ao "sgraffito", ao "afresco", ao "alto-relevo" e "baixo-relevo", ao "mosaico", ao "empaste com sobreposição de camadas". Esses processos serão melhor descritos no decorrer da pesquisa e exemplos de obras serão desenvolvidos com esses processos.

Imagem: 6 - Ladrilhos hidráulicos (CAD - auto adensáveis) após junção de argamassa em diferentes idades

6.1 - Concreto de Alto Desempenho (CAD)

Um concreto de alto desempenho é um material com baixa porosidade, no qual os grãos individuais de cimento estão densamente empacotados antes do início da hidratação. Normalmente esse concreto é caracterizado por uma baixa relação água/cimento, que é responsável pelas propriedades mecânicas superiores e pela maior durabilidade, porém, o uso de uma baixa relação água/cimento implica na redução da trabalhabilidade ou na utilização de um alto teor de cimento para a finalidade desejada.

Com a redução da relação água/cimento, uma matriz mais densa e menos permeável é obtida, não retardando apenas a taxa de penetração de água e/ou agentes agressivos, mas também fornecendo uma maior resistência às tensões geradas pelos carregamentos internos e externos (melhor desempenho mecânico) [13, 17]

Na evolução da hidratação do cimento ao longo do tempo são identificados cinco estágios distintos da hidratação: I - Reação inicial (pré-indução), entre 0 e 15 min; II - Período de indução, entre 15 min e 4 h; III - Período de aceleração, entre 4 e 8 h; IV - Período de desaceleração e endurecimento, entre 8 e 24 h; V - Período de reação lenta e contínua (difusão), entre 1 e 28 dias. Quando o cimento Portland reage com a água, os principais produtos formados são o silicato de cálcio hidratado (C-S-H), o hidróxido de cálcio ou portlandita (Ca(OH)_2), a etringita () e o monossulfoaluminato de cálcio hidratado ()*.

A situação atual do processo de produção de Ladrilhos Hidráulicos já passa por estudos de desenvolvimentos tecnológicos.

Segundo pesquisas desenvolvidos na USP de São Carlos a utilização de concretos de alto desempenho conferem viabilidade econômica à produção de revestimentos hidráulicos.

“O advento do concreto de alto desempenho(CAD), com valores de resistência a compressão que podem atingir os 140 MPa, permite que seja transposto para a prática um novo conceito de um revestimento hidráulico, com realces marcantes no tocante à durabilidade, resistências mecânicas (flexão, compressão, tração, desgaste, etc) e resistências químicas proporcionadas inclusive pela alta impermeabilidade.

Foram efetuados estudos para desenvolver uma argamassa para produção de ladrilhos hidráulicos utilizando a tecnologia utilizada na produção de concretos de alto desempenho. Os ladrilhos hidráulicos desenvolvidos apresentaram alto desempenho nas características avaliadas, com resistência à compressão axial simples de até 140 MPa e absorção de água próxima a 1 %, também apresentando viabilidade de produção”

Fonte - Catóia e Libório - Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 47, p. 53-74, 2008

6.2 - Concreto Auto-adensável

“Concreto auto-adensável é um concreto especial capaz de se adensar sem a necessidade de nenhum tipo de vibração mecânica, dando origem a um concreto denominado auto-adensável, onde seu primeiro protótipo foi realizado em 1988 (OKAMURA, 1997; GOMES, 2002). Após uma década de utilização no Japão, o CAA surge na Europa em meados dos anos 90, mais precisamente na Suécia e na Holanda, onde foi empregado em aplicações de concreto “in loco” (OKAMURA e OUCHI, 1999). Entende-se por concreto Auto-Adensável (CAA) o concreto capaz de preencher os espaços vazios das formas e se auto-adensar apenas sofre o efeito da gravidade. O CAA é caracterizado pela grande capacidade de fluxo sem segregação. O concreto para ser considerado como auto-adensável tem que satisfazer determinadas propriedades no estado fresco, tais como: preencher todos os espaços das formas sobre o efeito apenas do seu peso próprio; passar entre os obstáculos sem sofrer bloqueio; e manter a estabilidade, sem sofrer segregação e/ou exsudação de seus componentes. (SKARENDAHL e PETERSSON, 2000; EFNARC, GOMES e ROONEY, 2002).”

Vantagens e aplicações

“Redução do custo de aplicação por m³ de concreto; garantia de excelente acabamento em concreto aparente; otimização da mão-de-obra; maior rapidez durante a execução da obra, devido à redução no tempo de concretagem; melhoria nas condições de segurança na obra; eliminação do ruído provocado pelo vibrador; permite bombeamento em grandes distâncias horizontais e verticais; eliminação da necessidade de espalhamento e de vibração; possibilidades de trabalho com formas complexas e de pequenas dimensões; melhoria das condições de trabalho; permite o uso de grande volume de aditivos minerais provenientes de resíduos industriais, contribuindo para diminuição do impacto ambiental. redução do custo final da obra em comparação ao sistema de concretagem convencional.”

Materiais e proporções das misturas

Misturas com Cimento

“Em geral não existe um cimento específico para o CAA. O cimento portland composto, CP II, por ser o tipo de cimento mais utilizado, ser facilmente encontrado no Brasil, e sua composição se encontrar dentro do especificado pela EFNARC, o mesmo se apresenta como o mais indicado para a utilização em concretos auto-adensáveis. Segundo Mehta e Monteiro (1994), o limite máximo de C3A (Aluminatos tricálcicos), em geral, é de 8 %.

O CAA apresenta geralmente em sua composição uma grande quantidade de finos, o que gera um alto volume de pasta e reduzido volume de agregado graúdo. No entanto, um grande volume de pasta necessita de uma grande quantidade de cimento, gerando assim alto custo e alto calor de hidratação no concreto. Para contornar tal situação, são utilizados fileres e/ou pozolanas para substituir parte do cimento.

Segundo Neville (1997), os cimentos mais finos apresentam maior contribuição para o ganho de resistência, devido a uma maior velocidade de hidratação do cimento.

De acordo com os trabalhos técnicos da literatura, é observado um consumo mínimo de cimento de 350 kg/m³ e um máximo de 550 kg/m³ para a obtenção do CAA (KHAYAT, HU e MONTY, 1999; ERNARC e GOMES, 2002; WESTERHOLM, 2003; LISBOA, 2004).”

Mistura com Agregados

“A obtenção das propriedades de auto-adensabilidade do CAA exige misturas com elevado volume de pasta e reduzido volume e dimensão máxima característica do agregado graúdo. Algumas recomendações para os agregados de CAA são apresentadas na literatura, tais como:

- a) O volume de agregado miúdo é fixado em 40 % do volume de argamassa. Já para o agregado graúdo, a sua quantidade utilizada no concreto deve ser 50 % do volume de sólidos (OKAMURA, 1997 apud GOMES, 2002).*
- b) Os agregados devem satisfazer às exigências da EN 12620. Geralmente são utilizados agregados graúdos com dimensão máxima entre 16 mm e 20 mm. Para o agregado miúdo, todas as areias podem ser utilizadas, contanto que isenta de agentes nocivos e impurezas. É importante salientar a necessidade de se fazer um controle de umidade dos agregados para a obtenção de uma CAA com composição uniforme (EFNARC, 2002).”*

7 - Caracterização dos Materiais

7.1 – Aglomerantes

Aglomerante é o material ativo, ligante, em geral pulverulento, cuja principal função é formar uma pasta que promove a união entre os grãos do agregado. São utilizados na obtenção das argamassas e concretos, na forma da própria pasta e também na confecção de natas.

As pastas são, portanto, misturas de aglomerante com água. São pouco usadas devido aos efeitos secundários causados pela retração. Podem ser utilizadas nos rejuntamentos de azulejos e ladrilhos.

As natas são pastas preparadas com excesso de água. As natas de cal são utilizadas em pintura e as de cimento são usadas sobre argamassas para obtenção de superfícies lisas. . [Araujo, Rodrigues & Freitas]

7.1.2 - Classificação dos Aglomerantes

Os aglomerantes podem ser classificados, quanto ao seu princípio ativo, em:

7.1.3 – Aglomerantes Inertes: Endurecem por simples secagem. (Exemplo: Argila, barro) . [Araujo, Rodrigues & Freitas]

7.1.4 - Aglomerantes Aéreos: são os aglomerantes que endurecem pela ação química do CO₂ no ar, como por exemplo a cal aérea. . [Araujo, Rodrigues & Freitas]

7.1.5 - Aglomerantes Hidráulicos: são os aglomerantes que endurecem pela ação exclusiva da água, como por exemplo a cal hidráulica, o cimento Portland, etc. Este fenômeno recebe o nome de hidratação. . [Araujo, Rodrigues & Freitas]

7.1.6 – Aglomerantes Poliméricos: são os aglomerantes que tem reação devido a polimerização de uma matriz como por exemplo os plásticos e resinas. [Araujo, Rodrigues & Freitas]

7.2 - O cimento - Origens, mitos e fábulas

A par de toda esta evolução histórica, técnica e estética, e tendo o ladrilho como um significante desse processo, torna-se necessário entrar mais especificamente no conhecimento dos materiais que o compõe, principalmente o cimento e seus aditivos visando uma melhoria de suas qualidades com o uso das novas tecnologias.

Uma das primeiras habitações humanas foram as cavernas naturais, onde por milênios os seres humanos viveriam protegidos das intempéries e dos animais selvagens por paredes de pedra. Naquele local seguro, o fogo permanecia aceso, protegido das chuvas e ventos, e os clãs se reuniam, as famílias se formavam e posteriormente eram sepultadas.

Paredes de pedra se tornaram símbolos de segurança e religiosidade.

“Os primeiros Homo Sapiens refugiaram-se nos lugares que a natureza lhes oferecia. Esses locais poderiam ser aberturas nas rochas, cavernas, grutas ao pé de montanhas ou até no alto delas.”

A Evolução do Concreto Armado Luis Fernando Kaefer São Paulo dezembro – 1998

Até mesmo nos contos, mitos e lendas, a pedra, enquanto material para edificações, sempre foi apontada como superior, em comparação a outros materiais como a madeira, o barro e a palha. Em passagens bíblicas observa-se essa convicção:

*“...Desceu a chuva, vieram as correntes, sopraram os ventos e deram com ímpeto contra aquela casa, e ela não caiu; pois estava edificada sobre a rocha. ... Mas todo aquele que ouve estas minhas palavras e não as observa, será comparado a um homem néscio, que edificou a sua casa sobre a areia...”
Mateus/VII*

"Tu Cefas doravante será Pedro, e sobre esta pedra edificarei minha Igreja" (Mt 16,18).

Nas fábulas infantis, que tem o poder de penetrar o inconsciente coletivo e extrair valores que estão ocultos, encontram-se referências sobre a superioridade da pedra para edificação de moradias.

Na antiga fábula infantil: “Os Três porquinhos” as casas de palha e madeira, edificadas pelos porquinhos Heitor e Cícero ruem ante o sopro do “lobo mau”, mas a casa edificada com pedra, pelo porquinho chamado “Prático”, resiste.

A “prática” havia comprovado que edificações em pedra eram mais sólidas e confiáveis. O grande problema era que edificar com pedras era uma atividade extenuante e laboriosa, que exigia muitos conhecimentos específicos. Transportar, cortar, e sobrepor pedras era mais complexo que edificar com outros materiais.

Imagem;7.2.1 - Caverna da Serra da Capivara, Estado do Piauí. 10000 AC

Imagem;7.2.2 - Caverna da Serra da Construções de pedra no antigo Egito 3000 AC

Imagem;7.2.3 - Caverna da Serra da Construções de pedra na antiga Grécia 500 AC

O trabalho de cantaria se desenvolveria por todo o mundo antigo, atingindo seu apogeu no Egito faraônico, chegando ao supremo refinamento com os gregos e chegando ao período medieval com um domínio assombroso da técnica, que permitiria a construção das Catedrais góticas.

Os construtores sonhavam com um material que tivesse a resistência da rocha e a facilidade de manuseio do barro.

Na mesopotâmia experimentou-se misturar e compactar o barro, misturando-o com palha, surgindo assim o adobe.

Esse material podia ser moldado no local ou ser produzido em pequenas formas de madeira retangular. Seria o ancestral do tijolo cerâmico. Apesar da facilidade do manuseio, esse material, mais frágil que a rocha, não resistia a ação das intempéries necessitando de manutenção constante.

'Pela escassez de outros materiais de construção na região (pedra, madeira) os povos dessa região desenvolveram a fabricação de tijolos de barro e a construção sobre solos com pouca capacidade de suporte. Estes povos já sabiam da natureza frágil dos tijolos, como podemos observar pela forma de suas construções, como por vestígios do uso de esteiras de fibras vegetais para reforçar a estrutura de zigurates, combatendo os esforços de tração que tendem a desmoronar o maciço. A idéia de combinar materiais frágeis e dúcteis é lançada.'

A Evolução do Concreto Armado
Luis Fernando Kaefer
São Paulo dezembro – 1998

Imagem: 7.2.4 - Zigurate de Ur –
Mesopotâmia – fabricado com tijolos de barro

Imagem 7.2.4 - Zigurate de Ur –
Mesopotâmia – (adobe)

Imagem 7.2.5 - Fabricação do adobe,
barro misturado com palha, em forma
de madeira

Apesar da facilidade do manuseio, esse material, mais frágil que a rocha, não resistia a ação das intempéries necessitando de manutenção constante.

'Pela escassez de outros materiais de construção na região (pedra, madeira) os povos dessa região desenvolveram a fabricação de tijolos de barro e a construção sobre solos com pouca capacidade de suporte. Estes povos já sabiam da natureza frágil dos tijolos, como podemos observar pela forma de suas construções, como por vestígios do uso de esteiras de fibras vegetais para reforçar a estrutura de zigurates, combatendo os esforços de tração que tendem a desmoronar o maciço. A idéia de combinar materiais frágeis e dúcteis é lançada.'

A Evolução do Concreto Armado
Luis Fernando Kaefer
São Paulo dezembro – 1998

No antigo Egito experimentou-se misturar gesso calcinado para conseguir um material maleável e resistente, porem sua utilização era limitada ao assentamento e rejuntamento de pedras e, mesmo assim, com resistência limitada e longe de ser comparado a rocha.

Foram os romanos, sempre eminentemente “práticos” que buscaram uma solução que permitiria edificar grandes estruturas que tivessem, de fato, a resistência das rochas e a facilidade de manuseio própria do barro.

Observando a reação de endurecimento que ocorria com as cinzas vulcânicas, quando expostas a ação da água, passaram a desenvolver uma argamassa com diversas formulações, que permitiria a construção de grandes estruturas resistentes como a rocha.

7.3 - Opus caementitium (Concreto Romano)

Segundo Heinz O. Lamprecht, o Opus caementitium (Concreto Romano) é o termo em latim para uma substância que os romanos, a mais de 2000 anos, usavam na construção de fundações e estruturas, em particular, nas tubulações de água e cais devido a uma certa resistência à água. É um precursor de cimento atual.

O segredo do sucesso do "caementum" dos Romanos resultou da combinação de cal com "pozolana", (uma cinza vulcânica na zona de Pozzuoli, junto a Nápoles e ao Monte Vesúvio), sendo que esse processo permitia obter um cimento que oferecia maior resistência à ação da água, doce ou salgada.

O Concreto Romano era composto por uma mistura de pedra, areia e calcário queimado (cal virgem) e pozolanas vulcânicas que endureciam sob a água e permitiam sua aplicação em moldes.

Durante o século III AC, os romanos usariam uma argamassa composta de pozolana mesclada com areia, tijolo e mármore pulverizado, para a construção de pontes e aquedutos, obtendo um material muito sólido e durável, permitindo a evolução de novas formas arquitetônicas monumentais.

“A capacidade hidráulica do cimento pozolânico romano (ou mais corretamente cal pozolânica) utilizado pelos romanos permitiu que as fundações pudessem ser lançadas mesmo sob a água, como por exemplo em Ostia, a cidade portuária de Roma. Foi utilizada em argamassas utilizadas para construir a Via Ápia, os banhos romanos, o Coliseu e o Pantheon em Roma e aquedutos, como Pont du Gard no sul da França. Os romanos usaram a cal como material cimentício. Plínio relata uma argamassa com proporção 1:4 de cal e areia. Vitruvius reporta uma argamassa com proporção 1:2 de cal e pozolana.”

*A Evolução do Concreto Armado
Luís Fernando Kaefér
USP - São Paulo dezembro - 1998*

O Coliseu, as Termas de Caracalla e o Panteão em Roma foram edificadas, em grande parte, com “opus caementitium”.

7.4 - Cal Pozolânica

“Os romanos descobriram que, misturando uma cinza vulcânica encontrada nas proximidades do Vesúvio chamada pozolana com cal hidratada (que entra em proporção variável, de 25 a 45%), obtinham um aglomerante que endurecia sob a água. Esse material, atualmente encontra-se em desuso. Sua reação de endurecimento se dava por processo químico e produzia um material resistente sob a água.”

7.5 - Cal Hidráulica

“O nome cal hidráulica é aplicado a uma família de aglomerante de composição variada, obtidos pela calcinação de rochas calcárias que, natural ou artificialmente, contenham uma porção apreciável de materiais argilosos. O produto goza da propriedade de endurecer sob a água, embora, pela quantidade de hidróxido de cálcio que contém, sofra também ação de endurecimento pela carbonatação proveniente da fixação de CO₂ do ar.

A cal hidráulica é fabricada por processos semelhante ao da fabricação da cal comum. A matéria prima é calcinada em fornos e o produto obtido subsequentemente extinto. Apesar de endurecer sob a água (reação de hidratação) e resistir quando imerso, não é um produto apropriado para construções sob a água, pois sua pega é muito lenta.”

*A Evolução do Concreto Armado
Luís Fernando Kaefér
USP - São Paulo dezembro - 1998*

7.6 - O cimento na Idade Média

Na Idade Média o conhecimento sobre o cimento romano se perdeu e o uso da pedra voltou a ser dominante.

“Arquitetos medievais utilizaram pedras na maioria de suas construções. Para a fundação, construtores góticos usualmente preenchiam uma vala com pedregulhos e os compactavam para servir de base para a alvenaria, mas em alguns edifícios mais importantes, uma fundação melhor era feita com um resistente concreto constituído por pedregulhos e argamassa de cal. Muros inteiros eram feitos com pedras assentadas com argamassa, mas freqüentemente as faces exteriores eram cuidadosamente confeccionadas com pedras de cantaria, utilizando argamassa e pedregulhos para preencher o interior do muro, similarmente como os romanos faziam. A Idade Média não trouxe inovações expressivas no emprego de argamassas e concretos. Pelo contrário, a qualidade dos materiais cimentícios em geral decaí, perdendo-se o uso da cal pozolânica.”

A Evolução do Concreto Armado
Luís Fernando Kaefer
USP - São Paulo dezembro - 1998

7.7 - O cimento no Renascimento

Com o advento do renascimento, a busca pelas antigas técnicas clássicas voltaria a fazer parte do interesse dos construtores, porém os “segredos” do cimento romano seriam redescobertos.

“A utilização das argamassas pozolânicas perdeu-se com a desagregação do Império Romano, mas foi retomada a partir do Renascimento europeu e está na origem dos modernos cimentos. A redescoberta do uso das pozolanas deve-se ao labor dos humanistas italianos, tendo sido divulgado pelos grandes arquitectos e construtores renascentistas, entre os quais Filippo Brunelleschi, redescoberto a utilização das argamassas pozolânicas de presa rápida na construção de cúpulas e pontes.”

Fonte: João Dirceu N. Carvalho Maringá, Um pouco sobre a história do concreto
Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil -
Universidade Estadual de Maringá - DEC/UEM, 2008 -

Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAH4sAE/historia-concreto>

7.8 - O cimento e a revolução industrial

A revolução industrial e a ciência experimental levariam ao surgimento do cimento artificial industrializado.

Em 1786 o inglês John Smeaton desenvolveria uma mistura resistente através da calcinação de calcários argilosos tratados em fornos de altas temperaturas.

Em 1818, o francês Vicat obteve resultados semelhantes aos de Smeaton, pela mistura de componentes argilosos e calcários.

Em 1824, o construtor inglês Joseph Aspdin queimou conjuntamente pedras calcárias e argila, transformando-as num pó fino, obtendo uma mistura que, ao ser hidratada, após secar, tornava-se aparentemente tão dura quanto as pedras empregadas nas construções. A mistura não se dissolvia em água e foi patenteada pelo construtor no mesmo ano, com o nome de cimento Portland, por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland.

“Em 1824, Joseph Aspdin inventa o cimento Portland, queimando calcário e argila finamente moídos e misturados a altas temperaturas até que o gás carbônico (CO₂) fosse retirado. O material obtido era então moído. Aspdin denomina este cimento como cimento Portland em menção às jazidas de excelente pedra para construção existentes em Portland, Inglaterra.”

A Evolução do Concreto Armado
Luís Fernando Kaefer
USP - São Paulo dezembro - 1998

Estava “descoberto” o material sonhado pelos construtores, que tinha as qualidades da rocha e a facilidade de manuseio do barro, mas que ainda teria muito a evoluir.

8 - Materiais que compõe o cimento Portland

8.1- Clíntquer

O clíntquer de cimento Portland pode ser definido como um material obtido através da sinterização de rochas carbonáticas e argilosas, ou outro material similar que possua composição semelhante e suficiente reatividade. Estes materiais, previamente moídos, dosados e homogeneizados, são submetidos a tratamento térmico em forno rotativo, na temperatura de queima de 1450°C, onde ocorrem fusões parciais e, durante o resfriamento, nódulos de clíntquer são produzidos [TAYLOR, 1990].

Clinquer é o principal item na composição de cimentos portland, sendo a fonte de Silicato tricálcico $(CaO)_3SiO_2$ e Silicato dicálcico $(CaO)_2SiO_2$. Estes compostos trazem acentuada característica de ligante hidráulico e estão diretamente relacionados com a resistência mecânica do material após a hidratação. A produção do clíntquer é o núcleo do processo de fabricação de cimento, sendo a etapa mais complexa e crítica em termos de qualidade e custo. As matéria-primas são abundantemente encontradas em jazidas de diversas partes do planeta, sendo de 80% a 95% de calcário, 5% a 20% de argila e pequenas quantidades de minério de ferro.

Principais compostos químicos do clíntquer

Silicato tricálcico $(CaO)_3SiO_2$	45-75% C_3S (alíta)
Silicato dicálcico $(CaO)_2SiO_2$	7-35% C_2S (belíta)
Aluminato tricálcico $(CaO)_3Al_2O_3$	0-13% C_3A (celíta)
Ferroaluminato tetracálcico $(CaO)_4Al_2O_3Fe_2O_3$	0-18% C_4F (brownmillerita)

Sinterização

“processo no qual corpos uma vez compactados, são submetidos a temperaturas elevadas, ligeiramente menores que a sua temperatura de fusão. Este processo cria uma alteração na estrutura microscópica do elemento base.”

8.1.2 - Gesso

O gesso é uma adição obrigatória, presente desde os primeiros tipos de cimento Portland.

O gesso (ou gipsita) $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ é adicionado em quantidades geralmente inferiores a 3% da massa de clíntquer, tem função de estender o tempo de pega do cimento (tempo para início do endurecimento). Sem esta adição, o tempo de pega do cimento seria de poucos minutos, inviabilizando o uso.”

Fonte - GROVES, A.W., Gypsum and anhydrite, Her majesty's stationery office, Londres, 1958

8.1.3 - Calcário

Segundo Galopim de Carvalho, O calcário é composto basicamente de carbonato de cálcio $(CaCO_3)$, encontrado abundantemente na natureza.

“O calcário é empregado como elemento de preenchimento, capaz de penetrar nos interstícios das demais partículas e agir como lubrificante, tornando o produto mais plástico e não prejudicando a atuação dos demais elementos. O calcário é também um material de diluição do cimento, utilizado para reduzir o teor de outros componentes de maior custo, desde que não ultrapassando os limites de composição ou reduzindo a resistência mecânica a níveis inferiores ao que estabelece a norma ou especificação. O calcário também alimenta o blane do cimento, tornadono cimento com mais volume”.

Fonte: Galopim de Carvalho, A. M. (2006). Geologia Sedimentar. Vol. III. Rochas Sedimentares. Áncora, Lisboa, 332 p.

8.2 - Processo de produção do cimento

8.2.1 - Mineração

Por questões de praticidade de modo a minimizar os custos de transporte as fábricas de cimento geralmente se instalam próximas a jazidas de calcário e argila. A extração destes materiais se realiza em geral em lavras de superfície, com auxílio de explosivos. As rochas extraídas são britadas até atingirem tamanhos de aproximadamente 200 mm ou menos e transportadas para a fábrica em transportadores de correia.

8.2.2 - Pré-homogeneização de matérias-primas

“As jazidas de calcário e argila apresentam variações de composição ao longo de suas extensões. Por outro lado, a qualidade do produto e a estabilidade do processo de produção requerem materiais quimicamente homogêneos. Para isso, são empregados sistemas de empilhamento e recarregamento com longas pilhas de material, de modo a criar camadas horizontais provenientes de diferentes lotes, que posteriormente são misturadas no próprio processo de recarregamento.”

fonte: <http://www.abcp.org.br/> - disponível em 10/04/2015

8.2.3 - Moagem de matérias-primas

“Os materiais provenientes das pilhas de pré-homogeneização são introduzidos em um moinho (ou mais) para que se misturem e atinjam granulometria e umidade adequadas aos processos posteriores. Este processo, também chamado de “moagem de cru”, faz uso de gases quentes residuais do forno de clínquerização (descrito adiante), empregados como fonte de calor para secagem. No jargão da indústria, o produto desta moagem é chamado de “farinha” e de fato se assemelha a farinha de trigo com tom bege. A farinha é armazenada em silos que também promovem homogeneização e absorvem eventuais assincronias entre o forno e os moinhos de cru.

Os motivos para a redução de tamanho das partículas são a homogeneização e o aumento da superfície exposta que intensifica reações químicas e trocas de calor entre as partículas e os gases no interior do forno.”

fonte: <http://www.abcp.org.br/> - disponível em 10/04/2015

8.2.4 - Pré-aquecimento

“Quase a totalidade dos fornos de cimento atualmente operantes contam com torres de pré-aquecimento, responsáveis por remover a umidade ainda restante no material (inferior a 1%) e iniciar a descarbonatação do calcário. Dispostos em elevadas estruturas (que frequentemente ultrapassam 100 metros de altura), diversos separadores ciclônicos (equipamentos capazes de retirar partículas sólidas de uma corrente de gases) são interligados entre si através de tutos de imersão utilizados para troca térmica que ocorre em torno de 80% entre a farinha alimentada e gases quentes provenientes do forno. Através da sequência de ciclones fluem os gases quentes provenientes do forno, em contra-corrente com a matéria-prima. A medida que esta se mistura com o fluxo de gases, ocorre transferência de calor e transferência de massa. Nos primeiros trechos do processo, elimina-se a umidade superficial, enquanto a temperatura permanece próxima à temperatura de ebulição da água. A partir deste ponto, o material sólido contendo apenas umidade intergranular passa a ser aquecido gradativamente. No fim do processo, o material atinge de 700 °C a 1000 °C, suficiente para a água esteja eliminada e para se iniciarem decomposições químicas da matéria-prima. Na busca de maior produção e redução de custo estudos deram origem a mais um estágio no pré-aquecedor conhecido como calcinador responsável por 60% a 95% da calcinação da farinha crua nos fornos rotativos para cimento baixando a carga térmica na zona de queima e como consequência aumentando a vida útil do revestimento refratário.”

fonte: <http://www.abcp.org.br/> - disponível em 10/04/2015

A fabricação do clínquer de cimento portland tem como característica intrínseca a emissão de elevados volumes de CO₂.

De fato, para cada tonelada de clínquer produzida, uma quantidade similar de dióxido de carbono (CO₂) é emitida na atmosfera, considerando-se a soma da emissão relativa à queima de combustíveis fósseis e àquela relacionada à descarbonatação da principal matéria-prima do clínquer: o calcário (CaCO₃).’’ - [Duarte ; Pecchio ; Kihara]

8.2.5 – Clinquerização

’’Parte das reações de descarbonatação e a formação de silicatos de cálcio e aluminatos de cálcio ocorrem no interior do forno de cimento. Os fornos de cimento são na maioria rotativos, cilindros horizontais de até 160 metros de comprimento. Um leve ângulo de inclinação combinado ao lento movimento de rotação (de 0,5 a 4,0 rpm) permite que o material percorra o cilindro à medida que desliza pelas paredes. Internamente, há um revestimento de material refratário que protege a carcaça do forno das altas temperaturas e conserva o calor no seu interior. A matéria prima permanece no forno por um tempo de aproximadamente 4 horas e atinge temperaturas clinquerização de 1.230 °C (menor temperatura produz cal e maior temperatura apenas aumenta o consumo energético), suficientes para torna-la incandescente e pastosa. A capacidade de produção de um forno médio é 3.000 a 4.000 toneladas por dia, os maiores fornos do mundo produzem até 10.000t.’’ fonte: <http://www.abcp.org.br/> - disponível em 10/04/2015

8.2.6 - Resfriamento

O produto (clínquer) ainda é moído e diluído em gesso, calcário e/ou escória siderúrgica para se chegar ao produto final.’’

’’Há dois principais tipos de resfriadores empregados atualmente. Os fornos mais antigos ainda operantes utilizam resfriadores satélites, cilindros menores solidários ao movimento de rotação do forno, acoplados à carcaça do mesmo. Já os fornos construídos a partir da década de 1980 geralmente são dotados de resfriadores de grelha, com ventilação forçada, possibilitando maior taxa de transferência de calor entre o clínquer e o ar entrante. Desta forma, se reduz a temperatura de saída do material, recuperando parte da energia associada ao mesmo, aumentando a eficiência do sistema.

Hoje os resfriadores modernos além de propiciarem uma ótima troca térmica também possibilitam a recuperação de gases quentes que são reutilizados no processo de fabricação, que seriam o ar secundário - auxiliar na combustão na zona de queima; ar terciário - auxiliar na combustão do calcinador; e o ar de excesso - em algumas plantas, na troca de calor do moinho de matéria prima.

fonte: <http://www.abcp.org.br/> - disponível em 10/04/2015

8.2.7 - Combustíveis

’’A produção de cimento consome muito combustível. Geralmente utiliza-se uma combinação de diversos produtos como óleo, coque de petróleo e resíduos industriais. Cerca de 7% das emissões de CO₂ no planeta são decorrentes da produção de cimento, devido à combustão e ao processo de descarbonatação da matéria-prima.

Aproveita-se as altas temperaturas e o tempo de permanência dos gases no forno para empregar combustíveis de difícil utilização em queimas, como pneus picados. Em outras condições, este tipo de combustível poderia emitir altas concentrações de substâncias extremamente tóxicas, (tais como dioxinas e furanos) devido à queima incompleta. Além disso, o calcário e a cal contidos na mistura, têm a característica de reagir com o enxofre proveniente dos combustíveis, evitando maiores emissões de óxidos de enxofre na atmosfera e prevenindo, por exemplo, a ocorrência de chuva ácida.’’

fonte: <http://www.abcp.org.br/> - disponível em 10/04/2015

8.3 - Fabricação ilustrada dos cimentos

Imagem: 8.3.1 - A fabricação de cimento

<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/fabricacao/fabricacao#.U1gpJvldWS0>

8.4- Tipificação dos cimentos

Cimento	Tipo	<u>Clínquer</u>+ <u>Gesso</u>(%)	<u>Escória siderúrgica</u>(%)	<u>Material pozzolânico</u>(%)	<u>Calcalário</u>(%)
CP I	Comum	100	-	-	-
CP I - S	Comum	95-99	1-5	1-5	1-5
CP II - E	Composto	56-94	6-34	-	0-10
CP II - Z	Composto	76-94	-	6-14	0-10
CP II - F	Composto	90-94	-	-	6-10
CP III	Alto-forno	25-65	35-70	-	0-5
CP IV	Pozolânico	45-85	-	15-50	0-5
CP V - ARI	Alta resistência inicial	95-100	-	-	0-5

Tabela 1: Materiais de Construção – Araujo, Rodrigues & Freitas – UFRJ - 2002

- Influência dos tipos de cimento nas argamassa e concretos.

Influência	Tipo de Cimento					
	CP I e II	CP III	CP IV	CP V-ARI	RS	Branco Estrutural
Resistência à compressão	Padrão	Menor nos primeiros dias e maior no final da cura	Menor nos primeiros dias e maior no final da cura	Muito maior nos primeiros dias	Padrão	Padrão
Calor gerado na reação do cimento com a água	Padrão	Menor	Menor	Maior	Padrão	Padrão
Impermeabilidade	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Padrão	Padrão
Resistência aos agentes agressivos	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Maior	Padrão
Durabilidade	Padrão	Maior	Maior	Padrão	Maior	Padrão

Tabela 2: Materiais de Construção – Araujo, Rodrigues & Freitas – UFRJ - 2002

8.4.1 - Cimentos adequados a produção de ladrilhos hidráulicos

Estudos desenvolvidos pelo Prof. Esdras Poty França do CEFET – (Centro Federal de educação tecnológica) - MG e estudos desenvolvidos por Catóia e Libório na USP de São Carlos, recomendam o cimento o CP 5 ARI como o melhor cimento para a produção de concreto autoadensável devido a sua melhor reação com os policarboxilatos (plastificantes).

CATOIA, Thiago, LIBORIO, Jeferson. Ladrilhos e Revestimentos Hidráulicos de Alto Desempenho – Dissertação de Mestrado – 2007 - USP São Carlos -

8.4.2 - CP V ARI - (Alta Resistência Inicial)

O cimento Portland de alta resistência inicial não é propriamente um tipo de cimento que se diferencia dos demais pelas matérias-primas que são adicionadas ao seu clínquer moído com gesso. Trata-se, na realidade, de um tipo particular de cimento Portland comum, cuja principal diferença em relação aos demais tipos é atingir altas resistências nos primeiros dias. O que faz o cimento de alta resistência inicial desenvolver essas altas resistências nos primeiros dias é a utilização de uma dosagem diferenciada de calcário e argila na produção do clínquer, bem como a sua moagem mais fina, de modo que esse cimento, ao reagir com a água, adquira elevadas resistências, com velocidade muito maior. [Araujo, Rodrigues & Freitas]

CIMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTÊNCIA INICIAL (EB 2/NBR 5733)

Sigla	Clínquer+sulfatos de cálcio	Escória granulada	Material pozolânico	Material carbonático ⁽⁹⁾
CP V	100-95	-	-	0-5

(9) Com, no mínimo, 85% de CaCO₃, a determinação do teor é facultativa.

Tabela 3: Materiais de Construção – Araujo, Rodrigues & Freitas – UFRJ - 2002

8.4.3 - Cimento Portland Branco (CPB)

O cimento Portland Branco se diferencia por coloração, e está classificado em dois subtipos: estrutural e não estrutural. O estrutural é aplicado em concretos brancos para fins arquitetônicos, com classes de resistência 25, 32 e 40, similares às dos demais tipos de cimento. Já o não estrutural não tem indicações de classe e é aplicado, por exemplo, em rejuntamento de azulejos e em aplicações não estruturais. A cor branca é obtida a partir de matérias-primas com baixos teores de óxido de ferro e manganês, e, principalmente, utilizando o caulim no lugar da argila. O cimento branco oferece a possibilidade vez que pode ser associado a pigmentos coloridos.

Fonte: <http://www.abcp.org.br/> - disponível em 10/04/2014

CIMENTO PORTLAND BRANCO (PN 18:101.01-008)

Tipo	Clínquer branco+sulfatos de cálcio	Materiais Carbonáticos
Cimento Portland Branco Estrutural	100-75	0-25
Cimento Portland Branco Não Estrutural	74-50	26-50

Tabela 4 : Materiais de Construção – Araujo, Rodrigues & Freitas

9 - Empacotamento e dispersão das partículas

9.1 - Dispersão das partículas de cimento

As partículas de cimento apresentam uma grande tendência à aglomeração quando em contato com a água, devido a vários tipos de interação:

A força atuante entre as partículas de cimento depende da distância entre elas, e está relacionada com a energia de interação entre as partículas que compreendem às forças de Van der Waals (forças de atração) e as forças de repulsão eletrostática geradas pela carga elétrica presente na superfície das partículas.

Forças de atração e repulsão em equilíbrio

■ **Interação dipolo-dipolo**
Ocorre quando dois dipolos permanentes de sinais opostos se aproximam, aparece uma força de atração entre eles.

Adição de superplastificantes quebra atração entre as partículas e resulta na dispersão

■ **Interação dipolo-dipolo**
Ocorre quando dois dipolos permanentes de sinais opostos se aproximam, aparece uma força de atração entre eles.

— Forças de atração
— Forças de repulsão

Imagem; 9.1 e 9.1.2 - produzida pelo mestrand

Tal estrutura aglomerada implica na retenção de certa quantidade da água de mistura e, com isso, na geração de uma rede de canais entre as partículas que pode aprisionar parte da água que fica indisponível para hidratar a superfície das partículas de cimento e para fluidificar a mistura [Castro; Pandofelli].

Os aglomerados formados, permanentes ou não, além de influenciar a reologia das suspensões, podem interferir no empacotamento na microestrutura do material. Assim, os aglomerados devem ser eliminados, buscando sempre suspensões dispersas que, além de apresentarem menor viscosidade, permitem a utilização de maiores concentrações de sólidos no processo.

Para se obter suspensões dispersas, as forças de repulsão entre as partículas devem superar as forças de atração. Assim, o uso de dispersantes torna-se necessário para evitar a sedimentação de partículas e conseqüente segregação, possibilitando a preparação de suspensões homogêneas com alta concentração de sólidos.

Quando forças de atração são dominantes entre as partículas, o conjunto resulta na atração e as partículas tendem a se aglomerar; porém, na presença de aditivos superplastificantes, o conjunto resulta na repulsão e as partículas permanecem separadas.

“Esses aditivos aumentam as forças de repulsão eletrostática e reduzem ou eliminam a adesão entre as partículas vizinhas, (evitando o contato partícula-partícula), provocam a desaglomeração e dispersão das estruturas de partículas de cimento e reduzem o crescimento das longas agulhas de etringita, (que normalmente diminuem a capacidade de escoamento de uma mistura à base de cimento), e minimizam a quantidade de água necessária para a adequada trabalhabilidade da suspensão. Outros mecanismos também contribuem para um melhor empacotamento das partículas: Redução da tensão de superfície da água; filme lubrificante entre as partículas de cimento; dispersão dos grãos de cimento, liberando a água aprisionada entre os aglomerados; inibição da reação de hidratação na superfície das partículas de cimento, deixando mais água livre para fluidificar a mistura [Aïtcin].

9.2 - Empacotamento das partículas do cimento

Em 1892 Féret publicou o primeiro tratado sobre o empacotamento de partículas em concreto. As “partículas” são compreendidas nesta dissertação como os grãos de agregados, minerais, metais ou pós químicos, solos, moléculas, poros ou rochas.

Os concretos de alta resistência são considerados materiais com alta densidade de empacotamento e a idéia, por trás desse conceito, é a tentativa de reconstrução de uma estrutura similar a rocha sólida a partir de elementos que possuem granulometrias complementares [Stroeven].

O empacotamento de partículas pode ser definido como a correta seleção da proporção e do tamanho adequado dos materiais particulados, de forma que os vazios maiores sejam preenchidos por partículas menores, cujos vazios serão novamente preenchidos com partículas ainda menores e assim sucessivamente [Pandolfelli et al].

Componentes finos e ultrafinos, com formato esférico têm sido adicionados às misturas tanto para facilitar o auto-adensamento quanto para garantir uma melhor compactação e preenchimento dos vazios existentes entre os grãos, aumentando ainda mais a densidade desses materiais .

A demanda de água da mistura está relacionada com a área superficial e com densidade de empacotamento das partículas: quanto maior a área superficial e menor a densidade de empacotamento, maior a demanda de água. Quando a relação água/cimento é mantida constante, a área superficial aumenta com o aumento da densidade de empacotamento.

Os aditivos permitem uma redução substancial da água de mistura e, assim, o tamanho dos poros e a quantidade de ar aprisionado são reduzidos, criando-se uma microestrutura mais densa quando no estado endurecido. Já as adições minerais fornecem uma redução adicional da porosidade da matriz e melhoram a interface com os agregados [Castro; Pandolfelli].

9.3 - Efeito Füller

Füller e Thompson (1907) concluíram a partir de experimentos empíricos de dosagens que, para uma mesma porcentagem de cimento num dado volume de concreto, havia certa distribuição de tamanhos de grão do agregado que proporcionava maior resistência à ruptura, e melhor trabalhabilidade, ou seja, a distribuição granulométrica influencia na compacidade da mistura, e quanto maior a compacidade, maior a resistência mecânica. fonte: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/12/empacotamento-1-explicacoes.html>

O efeito Füller corresponde ao processo de refinamento dos poros associado à reação pozolânica e depende da distribuição granulométrica e da forma das partículas presentes. Como o material pozolânico possui uma área superficial específica maior do que o cimento, ele também influencia a quantidade de água na camada de superfície. Se a área específica do material pozolânico for muito elevada, a quantidade total de água será aumentada devido ao aumento significativo da demanda de água na camada de superfície, mesmo com a quantidade de água de preenchimento sendo reduzida [].

Sabe-se que o superplastificante pode reduzir a demanda de água; mais especificamente, na camada superficial, mas não a quantidade de água de preenchimento. Com a incorporação conjunta do material pozzolânico e do aditivo superplastificante, o efeito filler do material pozzolânico será evidente e significativo e a quantidade de água será reduzida.

Fatores econômicos e ambientais também têm um papel importante no crescimento do uso desses materiais pois subprodutos industriais são reciclados e emissões perigosas, lançadas na atmosfera durante a produção do cimento são reduzidas, matérias-primas são preservadas e energia é economizada.[Castro;Pandofelli]

Imagem; 9.3.1. produzida pelo mestrando

Observa-se na ilustração que a área ocupada pelo ``agregado`` é a mesma independentemente de seu diâmetro, portanto simplesmente diminuir o tamanho do agregado não altera a massa do compósito. [Poty França]

Para obtermos um compósito mais compacto é necessário ocupar os espaços vazios com agregados de menor diâmetro. O agregado (areia 1 - média) um deverá ter seus espaços vazios ocupados por um agregado de menor diâmetro (areia 2 - fina). Entre os espaços dos dois agregados ainda restará espaço que deverá ser preenchido pelo cimento e o espaço restante será ocupado pela microsilica ou metacaulin, que tem ainda qualidades pozolânicas.

Imagem:9.3.2 - produzida pelo mestrando

Nesta imagem idealizada, os espaços vazios são preenchidos por agregados cada vez mais finos, conferindo maior resistência ao compósito, diminuindo o espaço ocupado pela água e impedindo movimentos de acomodação de camadas que poderiam provocar rupturas no concreto.

A forma das partículas dos materiais granulares comumente encontrados nos concretos está distante de uma esfera e deve-se admitir que quanto menos esférica for a partícula, menor será a densidade de empacotamento de uma distribuição que a contenha, pois se verifica o atrito entre as partículas a partir do contato de suas superfícies irregulares. Quanto menor o tamanho das partículas irregulares, maior será esse efeito, devido à maior área superficial específica [Oliveira et al].

Em algumas situações, o problema da distribuição descontínua foi parcialmente superado com a incorporação de adições minerais pozolânicas (constituídas de partículas com formas próximas a esféricas) ao cimento.

10 - Aditivos Minerais

Os principais benefícios alcançados com a utilização de adições minerais são:

- * Ambiental, quando a adição é um resíduo industrial, pois evita que o material seja lançado ao ambiente sem nenhuma finalidade benéfica;
- * Econômico, devido à substituição parcial do cimento, o que reduz o consumo de cimento, e consequentemente, o custo do m³ do concreto
- * Tecnológico, pela melhora das propriedades do concreto nos estado fresco e endurecido, pois Contribui para a diminuição da dosagem do cimento; Reduzindo o calor de hidratação e evita a presença de fissuras internas no concreto; Melhorando o comportamento da microestrutura do concreto, preenchendo assim os poros de menor escala e aumentando a viscosidade, o que reduz a fricção entre os agregados, e consequentemente, aumenta a resistência à segregação e/ou exsudação. [Neville].

As adições minerais, normalmente pozolanas, são definidas como materiais inorgânicos finamente moídos, adicionados em quantidades significativas para melhorar certas propriedades ou para alcançar propriedades especiais no concreto [J. Buekett]. Uma definição mais formal descreve a pozolana como um material silicoso ou sílico-aluminoso que, por si só, tem pouco ou nenhum valor cimentício, mas quando finamente moído e na presença de umidade, reage quimicamente com o hidróxido de cálcio (resultante da hidratação do cimento) à temperatura ambiente formando silicatos estáveis com propriedades cimentícias, processo conhecido como reação pozolânica [Neville].

Uma das maneiras de se produzir um concreto com alta durabilidade é pela incorporação de adições minerais - tais como a sílica ativa, a cinza volante, a escória de alto forno, a cinza e/ou a sílica da casca de arroz, metacaulim etc. na composição de um concreto. Além de modificar as propriedades físicas e mecânicas do concreto quando usadas como material cimentício suplementar, essas adições preenchem a porosidade do esqueleto granular do concreto, melhorando a ação ligante do cimento e resultando em uma menor porosidade do concreto quando no estado endurecido (microestrutura mais densa), o que reduz a permeabilidade e aumenta a durabilidade do material frente à ação de agentes agressivos [Duval, Kadri].

De uma maneira geral, a demanda de água para um material à base de cimento pode ser bastante reduzida quando um material pozolânico é adicionado junto com um aditivo superplastificante. Com o refinamento dos poros, a zona de interface entre o agregado e a matriz é drasticamente reduzida e a exsudação interna e superficial da mistura é minimizada. [Bhanja, Sengupta].

10.1- Pozolanas

Na antiguidade as pozolanas, encontradas originalmente na região de Pozzuoli nas imediações do Vesúvio na Itália, eram cinzas vulcânicas conhecidas por “cinzas pozolânicas” ou pedra pome.

Atualmente, materiais com origens diferentes, mas com composições semelhantes também são considerados pozolânicos, tais como as pozolanas ativadas artificialmente e alguns sub-produtos industriais como cinzas volantes provenientes da queima de carvão mineral, metacaulim e silica ativa.

Segundo Neville, Pozolana é um material natural ou artificial que contém sílica em uma forma reativa. Uma definição mais formal da ASTM (especificação C618-72) descreve pozolana como um material silicoso ou material silicoso-aluminoso que em si mesmo possui pequeno ou nenhum valor cementício, mas poderá, em uma forma finamente dividida e na presença de umidade, reagir quimicamente com hidróxido de cálcio, em temperaturas tais que possuam propriedades cementícias. É essencial que a pozolana esteja em um estado finamente dividido para que ocorram as reações na presença da água para formar estáveis silicatos de cálcio que possuem propriedades cementícias.

“As pozolanas ativadas reagem espontaneamente com CaO em fase aquosa, por conterem elevado teor de sílica ativa SiO₂. Esta característica levou ao uso de pozolanas como ligante hidráulico complementar ao clínquer, com a característica de tornar os concretos mais impermeáveis o que é útil na construção de barragens, por exemplo. O processo de ativação de argilas é amplamente praticado pela própria indústria de cimentos, é geralmente realizado em fornos rotativos semelhantes àqueles utilizados na fabricação de clínquer ou mesmo em antigos fornos de clínquer adaptados, trabalhando a temperaturas mais baixas (até 900 °C) e menor tempo de residência. Assim como a escória siderúrgica, as pozolanas frequentemente têm menor custo comparadas ao clínquer e só podem substituí-lo até um determinado grau.”

Fonte: A. M. Neville, "Properties of concrete", Pitman Publishing,

As pozolanas são materiais com pouca qualidade cimentante intrínseca, uma vez que por si são ligantes pobres, mas quando finamente pulverizadas e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura normal, formando então silicatos de cálcio estáveis com apreciável capacidade cimentante.

As principais vantagens que resultam da adição de pozolanas ao cimento comum são a sua hidratação lenta, logo com baixa libertação de calor, e o aumento de resistência do concreto resultante aos sulfatos e a outros agentes agressivos ácidos.

A baixa libertação de calor durante a fase de presa torna os betões pozolânicos particularmente adequados para utilização em situações em que seja necessário concretar grandes volumes em simultâneo, evitando o sobreaquecimento das massas betonadas e a consequente fissuração.

A maior resistência à corrosão resulta da alta alcalinidade dos betões pozolânicos e do facto da reacção pozolânica deixar menos hidróxido de cálcio para ser lixiviado, reduzindo assim a permeabilidade do betão obtido. Esta mesma característica facilita a utilização dos cimentos pozolânicos em operações de betonagem de estruturas submersas, incluindo as estruturas submarinas. Apesar das vantagens atrás apontadas, a substituição de parte do cimento por pozolana, leva a que os betões assim compostos tenham menor resistência inicial, desvantagem que desaparece após cerca de 90 dias de cura, obtendo-se então resistências cerca de 10 a 15% superiores à de betões comuns de características composicionais semelhantes.

Fonte: Galopim de Carvalho, A. M. (2006). *Geologia Sedimentar. Vol. III. Rochas Sedimentares. Âncora, Lisboa, 332 p.*

10.1.2 - Silica Ativa / Microsilica

A adição desta substância muito fina no concreto faz com que os vazios sejam preenchidos, deixando o concreto mais denso e resistente, podendo-se fazer elementos estruturais de menores dimensões e mais leves podendo ser cada vez mais altos e delgados. Torna o concreto menos permeável, menos poroso e mais resistente a agentes externos, assim, a estrutura terá maior durabilidade com maior resistência a corrosão do aço e maior resistência a cloretos e carbonatação.

Fonte: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00159.pdf Disponível em 30/08/2014

Imagem: 10.1.2.1 – processo de fabricação do cimento

fonte: <http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/JPauloGuimaraes.pdf> - Disponível em 30/06/2015

10.1.3 - Granulometria da sílica ativa

Imagem: 10.1.3 – Granulometria da sílica ativa

fonte: <http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/JPauloGuimaraes.pdf> - Disponível em 30/06/2015

“ Microsilica (SiO_2) é um sub-produto da fabricação do silício metálico e das ligas de ferrosilício em fornos elétricos a temperaturas de 2000 o C. A Microsilica tem 2 efeitos positivos no concreto. Um efeito é químico. Quando se mistura a água com o cimento formam-se vários compostos, entre eles os silicatos hidratados de cálcio (C-S-H) e o hidróxido de cálcio (C-H). O C-S-H é o composto que dá resistência ao concreto. Quando se adiciona a Microsilica na mistura do concreto ela reage com o C-H formando mais C-S-H, aumentando a resistência mecânica do concreto. Como o C-S-H também é mais resistente aos agentes agressivos que o C-H, a resistência química do concreto também fica aumentada. Outro efeito é físico. Como a Microsilica é 100 a 150 vezes mais fina que o cimento, ela preenche os vazios criados pela a água livre na mistura cimento + água. A impermeabilidade aumenta muito porque a Microsilica reduz o número e o tamanho dos poros capilares que permitiriam a infiltração dos agentes externos agressivos ao concreto e às armaduras. Por isso as estruturas de concreto armado com microsilica são mais duráveis. Terminologia : C = CaO ; S = SiO_2 ; H = H_2O ”

Fonte: http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/microsilica.pdf

Desempenho mecânico

SEM SÍLICA ATIVA

COM SÍLICA ATIVA

- Efeito microfiller.
- Reduz Exsudação.
- Aumenta Coesão.
- Reduz Segregação.
- Colmatação de vazios.

Imagem: 10.1.4 – efeito micro filler da sílica ativa

fonte: <http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/JPauloGuimaraes.pdf> - Disponível em 30/06/201

Desempenho mecânico

Traços para $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$ (1 m ³ de concreto - materiais secos)			
Materiais	Sem Sílica Ativa	Com 5% Sílica Ativa	Com 8% Sílica Ativa
Cimento / kg	410	320	286
Sílica Ativa / kg	-	16	23
Areia / kg	710	780	800
Brita / kg	1080	1080	1080
Água / l	176	177	180
Aditivo (PF) / l	2,46	2,02	1,85

Sílica Ativa:

- Menor custo.
- Menor retração.
- Maior durabilidade.
- Excelente custo/benefício.

A **Sílica Ativa** proporciona para o mesmo desempenho mecânico, menores consumos de aglomerantes (menos energia).

Tabela 5 – Desempenho mecânico da sílica ativa

fonte: <http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/JPauloGuimaraes.pdf> - Disponível em 30/06/2015

10.1.4 - Metacaulim

Por tratar-se de uma pozzolana, o metacaulim se enquadra na norma brasileira de materiais pozzolânicos NBR 12653.

Na grande maioria das aplicações o Metacaulim pode ser usado como substituto direto da sílica ativa, nas mesmas proporções de dosagem. A quantidade ideal de Metacaulim a ser usada depende do tipo de cimento e finalidade do concreto, e em geral situa-se entre 4 e 12% sobre o peso de cimento. [Gamelas, J.; Ferraz, E.; Rocha, F.]

Tabela 6 - Fonte - ESTUDO DO METACULIM PARA OBTENÇÃO E PRODUÇÃO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL (CAA) Vicentini, Akasaki e Melegati

“O Metacaulim passa por rigoroso processo de fabricação, ao contrário de outras adições minerais que normalmente são rejeitos industriais secundários e que não possuem controle de produção específico.

O metacaulim não provoca reações de endurecimento como é o caso do cimento quando misturado com água. Reage quimicamente somente em presença de pasta de cimento e água, por isso o prazo de validade do Metacaulim HP é bem mais prolongado.

O Metacaulim HP pode ser usado mesmo sem a presença de qualquer outro aditivo na mistura, entretanto é aconselhável o uso de aditivo redutor de água para máxima eficácia do produto.

O único resíduo proveniente da produção do Metacaulim HP é vapor de água, lançado diretamente na atmosfera sem qualquer dano ao meio ambiente, e outros materiais cerâmicos inertes que são devidamente reciclados.

O metacaulim, comumente conhecido por metacaulim de alta reatividade, tem sido utilizado com sucesso em diversos países tais como Estados Unidos, Canadá, França, Inglaterra, Espanha e China há muitos anos.

Por se tratar de um pó muito fino, o Metacaulim HP deve ser manuseado por funcionários devidamente equipados com máscara facial com elemento filtrante e óculos protetor..”

Fonte: Gamelas, J.; Ferraz, E.; Rocha, F. (2014). "An insight into the surface properties of calcined kaolinitic clays: the grinding effect". Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 455: 49–57. doi:10.1016/j.colsurfa.2014.04.038.

10.1.5 - Escória siderúrgica

Sendo um sub-produto, este material tem menor custo em relação ao clínquer e é utilizado também por elevar a durabilidade do cimento, porém, a partir de certo grau de substituição de clínquer a resistência mecânica passa a diminuir.”

“A escória é um sub-produto de alto-fornos, reatores que produzem o ferro gusa a partir de uma carga composta por minério de ferro, fonte de Fe, e carvão vegetal ou coque, fonte de carbono. Entre diversas impurezas como outros metais, se concentram na escória silicatos, que apesar de rejeitados no processo de metalização, proporcionam-na características de ligante hidráulico.”

Fonte: <http://www.abcp.org.br/London> (1975)

10.1.6 - Resíduo de serragem de mármore e granito (RSMG)

“As indústrias beneficiadoras de mármore e granito gera uma quantidade significativa de resíduos na forma de lama (polpa abrasiva). (SILVA, 1998 apud NEVES, 2002).

Nos últimos quinze anos, essas indústrias vêm sendo citadas pelos ambientalistas como fontes de contaminação e / ou poluição do meio ambiente, devido à enorme quantidade de resíduos gerados e freqüentemente lançados diretamente nos ecossistemas (NEVES, 2002). No processo de serragem, pode-se perder até 30% dos blocos, na forma de costaneiras e lamas abrasivas. Deve-se ressaltar que, durante a manufatura de ladrilhos, podem-se atingir perdas da ordem de 10 %. Finalmente, estima-se que quando da aplicação de pedras ornamentais na construção civil, as perdas podem alcançar a cifra de até 30 %, sem mencionar os rejeitos do polimento (NEVES, 2002)”

11 - Endurecedores químicos de superfície à base de silicatos e fluorssilicatos metálicos

Os endurecedores de superfície são produtos químicos líquidos que por reação iônica penetram na capilaridade da pasta de cimento (pozolanita) e reagem com o hidróxido de cálcio liberado formando cristais de aragonita que são muito mais duros que a calcita formada sem o endurecedor com o conseqüente ganho de resistência à abrasão.

Existem diferentes tipos de endurecedores químicos de superfície, mas o melhor desempenho é obtido com um produto constituído por flúor-silicatos metálicos e agentes umectantes. No passado usou-se principalmente o silicato de sódio, sobretudo pela facilidade de obtenção deste composto e pelo seu custo relativamente baixo. Sabe-se, porém, que os silicatos não permitem a formação de cristais de dureza elevada e agem com baixo poder de penetração, formando um filme superficial com vida útil limitada ao tempo de desgaste desse filme. Sendo assim, este tipo de tratamento não é permanente. Outro inconveniente do uso de silicatos como endurecedores é que estes compostos reagem com o dióxido de carbono, CO_2 , da atmosfera, formando carbonato de sódio, um sal instável e solúvel em água. (Tula)

Ao contrário dos silicatos, os flúor-silicatos, cujo componente metálico mais usado é o magnésio, formando o flúor-silicato de magnésio, atua baseado na reação do fluoreto de silício com o hidróxido de cálcio formando cristais menores e mais duros, permitem ligações químicas mais estáveis com a pasta de cimento e possuem um alto grau de penetração. Com isso permitem a obtenção de resultados de caráter permanente. Os endurecedores de pisos de concreto à base de flúor-silicatos também proporcionam o aumento da resistência química do concreto tratado, sobretudo a óleo, graxa e sais orgânicos. (Oliveira e Tula)

Os flúor silicatos também reagem com os produtos da carbonatação como o carbonato de cálcio resultando em cristais também bastante estáveis, enquanto o silicato de sódio reage com o CO_2 formando carbonato de sódio, um sal solúvel em água. Promovem um maior fechamento da superfície que provoca um brilho que se intensifica com o uso; , aumento da resistência abrasiva, até 37% maior que uma superfície sem tratamento, os incrementos das características acima, dependem do concreto utilizado; , menor custo de manutenção, até 50% de redução nos custos de limpeza e conservação; maior longevidade, quanto mais velho o piso maior será o brilho do mesmo, não risca, não provoca a delaminação e não se descolora; promove a densificação da camada superficial do concreto, reduzindo a impregnação de óleos e outros contaminantes.(Inglesi)

11.1 - Mecanismos de atuação química dos endurecedores de superfície

O **mecanismo de atuação** dos endurecedores à base de flúor-silicato de magnésio baseia-se na reação dos fluoretos de silício com o hidróxido de cálcio, formando cristais duros de produtos estáveis e insolúveis conforme a reação demonstrada abaixo:

Os flúor-silicatos também reagem com os produtos da carbonatação, como o carbonato de cálcio (CaCO_3), por exemplo, resultando na formação de cristais bastante estáveis.

Figura 2. Superfícies tratadas com endurecedores de superfície.

Engº Paulo Sérgio Ferreira de Oliveira
Engº Leonel Tula

Imagem:11.1 - Endurecedores químicos de superfície de cimento - fonte: <http://technepini.com.br/engenharia-civil/65/artigo285232-1.aspx>

11.2 - Etapas para a aplicação de endurecedores químicos .

Os endurecedores para superfícies de cimento Portland somente devem ser usados após a cura do cimento por pelo menos 28 dias. A cura completa dos silicatos e fluorssilicatos se dará por outros 28 dias.

1ª. etapa

2ª. etapa

3ª. etapa

4ª. etapa

Imagem: 11.2 - - Etapas para a aplicação de endurecedores químicos fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=bWxd7BmT2RE>

12 - Aditivos Plastificantes

A quantidade de água a ser utilizada em pastas, argamassas ou concretos é definida a partir da relação água/cimento. Quanto maior a quantidade de água no concreto, menor é a tensão limite de escoamento, aumentando sua deformabilidade e diminuindo a viscosidade da mistura. No entanto, um elevado teor de água pode provocar segregação. Para garantir a grande fluidez, sem afetar negativamente as suas propriedades, parte da água pode ser substituída pelo aditivo superplastificante. (OUCHI, BILLBERG, DOMONE e JIN, 1999; EDAMATSU e GOMES, 2002; LISBOA, 2004).''

Segundo Fernandez Canovas, plastificantes e superplastificantes para concreto são aditivos capazes de reduzir o teor de água do concreto fresco conferindo-lhe um melhor desempenho em termos de funcionalidade e capacidade de bombeamento melhorando a resistência e durabilidade do concreto final.

12.1 - Classificação dos aditivos plastificantes

Do ponto de vista químico, os plastificantes e superplastificantes podem ser classificados nas seguintes categorias:

12.1.1 - Lignosulfonatos

''Eles pertencem à primeira geração de plastificantes e aditivos e são extraídos a partir do processo de produção da polpa na indústria de papel. Redução de água de cerca de 10 % é atingido.''

Fonte: Instrução espanhol Betão Estrutural (EHE). Fernandez Canovas: Concreto.

12.1.2 - Sulfonato de naftaleno e melamina sulfonato

''Eles são a segunda geração de plastificantes para concreto. Sulfonatos de naftaleno são extraídos a partir de processos de refinação de carvão. Lenhosulfonatos Comparado proporcionar maior redução de água de até 25 %. Aditivos à base de sulfonatos de melamina são à base de polímeros sintéticos. Tipicamente classificada entre as segunda e terceira geração de copolímeros de vinilo, polímeros sintéticos contendo moléculas maiores do que as mencionadas acima, que proporcionam um maior efeito de plastificação melhor dispersão das partículas de cimento e de uma maior redução de água (cerca de 30 %)''.

Fonte: Instrução espanhol Betão Estrutural (EHE). Fernandez Canovas: Concreto.

12.1.3 - Policarboxilatos

''Eles pertencem à última geração de superplastificantes. Quimicamente com base em copolímeros de ácido acrílico e ésteres destes ácidos (vulgarmente chamados policarboxilatos modificados) e, ao contrário de plastificantes tradicionais, são macromoléculas que possuem cadeias laterais que conferem "pente". Com este tipo de aditivo pode conseguir reduções de água de até 40 %.''

Fonte: Instrução espanhol Betão Estrutural (EHE). Fernandez Canovas: Concreto.

Fonte- <http://pessoal.utfpr.edu.br/ngsilva/arquivos/51CBC0047.pdf>

Segundo Nunes (2001), os superplastificantes mais recomendados são os de 3ª geração, os policarboxilatos, pois, permitem uma maior redução de água, maiores resistências iniciais, e manutenção de fluidez por um tempo prolongado, hidratação, porosidade, morfologia dos hidratos, evolução da resistência, fluidez, tempo de pega, retração, segregação e/ou exsudação, dentre outras.

12.2 - Aditivos retardadores de secagem

Como o trabalho que se pretende desenvolver, com a técnica de produção de ladrilhos hidráulicos de alta performance é para fins artísticos e artesanais torna-se interessante um maior tempo de trabalhabilidade do massa cimentícia e para tanto torna-se interessante a adição de retardadores de pega.

“Os aditivos retardadores são empregados quando se deseja trazer flexibilidade no tempo de pega do concreto, aumentando o tempo de trabalhabilidade e acabamento do concreto, sendo adequados para aplicações mais complexas em condições de climas quentes, quando a pega normal se reduz em função das temperaturas elevadas, mas é importante salientar que os aditivos retardantes não interferem no ganho final de resistência do cimento.”

Fonte: Aditivos: Plastificantes e Retardantes de pega. Prof.: Moacyr C. Filho. Março/2013. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento de Construção Civil e Transportes, Materiais de Construção Civil I

12.2.1 - Aditivos: Tipo R – Retardantes

A ação retardante é explicada devida a presença de algumas substâncias, podemos destacar os elementos mais comuns presentes nos aditivos do Tipo R:

1. Carboídratos (açúcares);
2. Ácidos hidróxi-carboxílicos e dicarboxílicos;
3. Fosfatos;
4. Sais de chumbo e de zinco.

O mecanismo de ação dos retardantes é explicado devido ao retardo da dissolução dos cátions e ânions do cimento, especialmente aqueles com alta velocidade de dissolução inicial, retardam a osmose da água nos grãos de cimento, agindo por defloculação e a adsorção dos compostos orgânicos sobre os grãos de cimento, formação de precipitados salinos insolúveis sobre os grãos de cimento, melhor distribuição do calor de hidratação e menos retração do concreto.

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf55sAF/aditivos-plastificantes-retardantes-pega> 12/10/2014

12.2.2 - Aditivos: Tipo PR – Plastificantes e retardantes.

Este grupo de aditivos possui o efeito combinado dos aditivos plastificantes (P) e dos aditivos retardantes (R). Podemos destacar as seguintes propriedades:

1. Os retardadores têm a função de retardar a hidratação inicial dos grãos de cimento;
2. Também plastificam a mistura;
3. Permitem maior tempo de manuseio do concreto;
4. Inibem o surgimento de juntas frias;
5. Permitem a concretagem das peças de difícil acesso e vibração;
6. Em climas quentes diminui a perda de consistência;

Entretanto devemos considerar que entre as desvantagens em se utilizar este aditivo é de segregação do concreto e o aumento da exsudação e retração plástica. Podemos esquematizar o mecanismo de ação como:“

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf55sAF/aditivos-plastificantes-retardantes-pega> 12/10/2014

13 - Pigmentos para a produção de ladrilhos hidráulicos

Pigmentos para aglomerantes cimentícios utilizados tradicionalmente nas oficinas artesanais que produzem ladrilhos hidráulicos.

As argamassas usadas na produção de ladrilhos hidráulicos devem ser coloridas com pigmentos minerais, pois os de origem orgânica não resistem ao meio alcalino próprio dos compósitos cimentícios.

13.1 - Propriedades dos pigmentos

A principal propriedade de um mineral para ser usado como pigmento é obviamente a cor. O matiz, a pureza e o brilho da luz difusa que ela produz vão depender do grau de absorção, do tamanho e forma das partículas do pigmento, bem como da texturadela.

Para um material ser útil como pigmento ele deve ser quimicamente inerte para resistir à luz, ao ar e à umidade, aos ácidos e alcalis, ou a combinações desses agentes.

Se ele for resistente a altas temperaturas, será importante para dar cor a cerâmicas vitrificadas.

Se a intenção é combinar dois ou mais pigmentos, é necessário que sejam inertes para que a cor de um não interfira na cor de outro.

Nesse aspecto, os óxidos simples são os melhores, mas também têm boa estabilidade os sulfatos, fosfatos e carbonatos.

Outras propriedades que também interessam no emprego dos pigmentos são o índice de refração, a densidade, insolubilidade.

13.1.2 - Pigmentos brancos

Pigmentos brancos, Branco de chumbo, Branco de zinco
Branco de sulfato de bário
Branco de sulfato de chumbo(freemann)
Branco de titânio

13.1.3 - Pigmentos amarelos

Amarelo de Antimônio (Nápoles)
Amarelo de Cádmio
Amarelo de Cromo
Amarelo de Magnésio
Amarelo de Cobalto e Potássio
Amarelo Oxido de ferro
Amarelo Hidrato de ferro (ocre)
Amarelo Ferro Silício (terra de siena natural)

13.1.4 - Pigmentos alaranjados

Laranja de cádmio

13.1.5 - Pigmentos vermelhos

Vermelho ferro Silício (terra de siena natural)
Vermelho óxido de Ferro (vermelhão)
Vermelho de Cádmio
Vermelho de Cromo
Vermelho óxido de Ferro e alumina (vermelho marte).

13.1.6 - Pigmentos verdes

Verde Sulfuro de cobre (verde terra)
Verde de óxido de Cromo hidratado (verde viridian)
Verde arseniato e acetato de cobre (verde veronese)
Verde óxido de Zinco e Cobalto
Verde silicato de alumínio, sódio e enxofre (verde ultramar).
Verde Ftalocianina de cobre
Verde óxido de cromo e silício

13.1.7 - Pigmentos azuis

Azul cobalto (aluminato de cobalto)
Azul Ultramar (sulfuro de sódio e silicato de alumínio)
Azul celúreo (estanho, cobalto e magnésio)
Azul Ftalocianina (cobre e amônia)
Azul silicato de cobalto

13.1.8 - Pigmentos violeta

Violeta de Cobalto (fostato e silicato de cobalto)
Violeta de bióxido de magnésio
Violeta ultramar (sulfato de sódio e silicato de alumínio)

13.1.9 - Pigmentos ``pardos``

Bióxido de magnésio (terra de sombra)``

Fonte : Pigmentos minerais- SGB – Serviço Geológico do Brasil -
<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1263&sid=129#ocre>

13.2 - Toxicidade dos pigmentos

Os pigmentos utilizados devem ser manuseados com cuidado, pois algumas deles são venenosos e podem ter efeitos graves sobre a saúde.

É importante compreender que a absorção de pequenas doses repetidas de materiais perigosos, pode vir a ter um efeito cumulativo .

Pigmentos contendo chumbo ou arsênio têm sido reconhecidos como sendo perigosos. Este grupo inclui:

- . Branco de chumbo [feito de carbonato de chumbo]
- . Nápole amarelo [quando feito de pigmento antimoniato de chumbo]
- . Amarelos de cromo [feitos de cromatos de chumbo]
- . Cromo verde [feito de misturas contendo cromato de chumbo]
- . Cobalto violeta [quando contém cobalto arseniato]
- . e verdes como verde esmeralda, Veronese verde ou verde Paris [quando feito de compostos de arsênio como acetoarsenito de cobre].

Desde 1975 muitos relatórios chamaram a atenção para os possíveis efeitos perigosos de pigmentos que contém cádmio, cromo, manganês e mercúrio. Estas bases de cores incluem o vermelho cádmio, amarelo cádmio, laranja cádmio, viridian e óxido de cromo opaco, manganês azul, violeta de manganês, umber queimado e cru, e vermelhão [sulfeto de mercúrio].

Fonte : Pigmentos minerais- SGB – Serviço Geológico do Brasil -
<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1263&sid=129#ocre>

14 - Produção de concretos de melhor desempenho com equipamentos simples e materiais disponíveis em oficinas artesanais

Considerando que um dos objetivos desta pesquisa é oferecer aos artesãos e artistas a possibilidade de trabalharem com concretos de melhor desempenho, para a produção de suas obras, e entendendo que, geralmente, esses profissionais trabalham em pequenas oficinas de produção artesanal e não possuem conhecimentos científicos ou equipamentos laboratoriais sofisticados para a obtenção de materiais com granulometrias precisas, foi desenvolvida uma experimentação que analisa a viabilidade da obtenção de concreto de alto desempenho para a produção de ladrilhos hidráulicos, com a utilização de materiais e equipamentos simples que estejam ao alcance do produtor artesanal, sem que seja necessário recorrer a um laboratório com equipamentos sofisticados, que dificultariam seu trabalho.

Considera-se que este meio empírico, em que pese a menor precisão e qualidade nos resultados obtidos e no desempenho do produto final, mesmo assim, permitirá uma notável melhora na qualidade das argamassas utilizadas.

Escolheu-se, em princípio, duas areias de origem fluvial, comuns na região de Ribeirão Preto, extraídas do Rio Pardo, com características que lhes permitem o uso na composição de concreto auto adensável.

Foi feita a separação manual dos agregados (areias) com peneiras comuns, disponíveis em canteiros de obra e oficinas artesanais, com o objetivo de facilitar o trabalho dos artesãos que não disponham de equipamentos sofisticados.

Converteu-se a massa dos agregados para volume para dispensar o uso de balanças dentro das oficinas.

Adicionou-se sílica, metacaulim e plastificantes na argamassa para aumentar a compactidade, reduzir o consumo de água e melhorar a trabalhabilidade da argamassa.

Aplicou-se sobre a superfície dos ladrilhos uma solução de endurecedores químicos de superfície a base de fluorsilicato de magnésio visando melhorar a resistência a brasão.

Todas essas medidas permitem dispensa da utilização das prensas para a compactação da argamassa.

A dispensa do uso de prensas é um dos principais objetivos da pesquisa, pois além de ser equipamento de alto custo, ocupa espaço considerável nas oficinas.

Atualmente alguns artesãos estão começando a utilizar prensas elétricas que contribuem para o impacto ambiental devido ao consumo de energia aumentando o custo de produção.

Outro fator negativo ao uso de prensas é que o artesão fica limitado a poucos formatos fixos. O uso de concreto auto adensável permite formas livres e de dimensões variadas, texturas e desenho mais complexos.

14.1 - Separação manual dos agregados com peneiras comuns

Peneira comprada no comércio – denominada “peneira de café”
Espaçamento médio entre trama e urdidura - +- 5mm

Material retido na peneira de +-5mm
Com variação diametral entre 5,1 mm a 20mm

Material bruto – Denominado comercialmente
como 50% “areia média” + 50% areia fina
originário de mineração no Rio Pardo
na cidade de Serrana – SP - Brasil
Materiais disponíveis no comercio
em Batatais – SP – 10/05/2014

Pineira comprada no comércio – denominada “pineira de feijão”
Espaçamento medio entre trama e urdidura - 2,5mm

Material retido na peneira de +-2,5mm

Material bruto – Denominado comercialmente
como 50% “areia média” + 50% areia fina
originário de mineração no Rio Pardo
na cidade de Serrana – SP - Brasil
Materiais disponíveis no comercio
em Batatais – SP – 10/05/2014

Imagens: 14.1.1 – Peneiragem manual do agregado 1 com peneiras comuns – fonte: foto feita pelo autor da pesquisa

Peneira comprada no comércio – denominada “pineira de arroz”
Espaçamento medio entre trama e urdidura - 2,5mm

Material retido na peneira de $\pm 2,5$ mm

Material bruto – Denominado comercialmente como 50% “areia média” + 50% areia fina originário de mineração no Rio Pardo na cidade de Serrana–SP - Brasil
Materiais disponíveis no comercio em Batatais – SP – 10/05/2014

Peneira comprada no comércio – denominada “pineira de fubá”
Espaçamento medio entre trama e urdidura - 0,83mm

Material retido na peneira de $\pm 0,83$ mm

Material bruto – Denominado comercialmente como 50% “areia média” + 50% areia fina originário de mineração no Rio Pardo na cidade de Serrana–SP - Brasil
Materiais disponíveis no comercio em Batatais – SP – 10/05/2014

Imagem: 14.1.2 – Peneiragem manual do agregado com peneiras comuns – fonte: foto de feita pelo autor da pesquisa

15 - Caracterização laboratorial dos Agregados utilizados

Duas amostras de areias foram retiradas do Rio Pardo, na cidade de Serrana, na região de Ribeirão Preto – SP. Estas areias são comercializadas e utilizadas frequentemente em toda a região de Ribeirão Preto – SP

Para a produção do concreto a ser usado nesta pesquisa será usado resíduo de serragem de mármore branco, coletado nas marmorarias da cidade de Batatais, em mistura com areias extraídas do Rio Pardo na região de Ribeirão Preto-SP.

Por tratar-se de areia que estava sujeita a ação do atrito provocado pela corrente de água do rio, muitos dos grãos são de formato aproximadamente esférico, o que confere aos agregados (areias) uma qualidade mecânica favorável ao desenvolvimento de concretos de auto desempenho, pois este formato permite um melhor deslizamento entre os grãos por reduzir atrito, além de possuir uma área menor que grãos de formatos menos arredondados, permitindo um menor consumo de cimento.

Imagem:15.1 agregado 1 – “areia média”
pelo autor da pesquisa

Imagem:15.2 Agregado 2 “areia fina” foto de feita
foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagem: 15.3 - Agregado 3 - Pó de Mármore branco
foto de feita pelo autor da pesquisa

15.1 - Granulometria dos agregados 1 e 2(areia media e areia fina)

Separação de diversas granulometrias por malhas de dimensões variadas
Anotação dos resultados da granulometria que servirá de guia para a escolha das proporções entre areias a serem usadas.

A areia passa por um processo peneiragem em equipamento apropriado com diversas subdivisões com malhas de diferentes diemensões que determinam a granulometria.

Imagens:315.1 - Granulometria dos agregados 1 e 2(areia media e areia fina) – foto de feita pelo autor da pesquisa

15.1.2 - Massa Especifica dos agregados 1 e 2 (areia media e areia fina)

*Adicionar água no frasco até a marca de 200 ml, deixando-o em repouso, para que a *água aderida na parte interna escorra.

*Em seguida, introduzir cuidadosamente, a amostra de areia no frasco com auxilio do funil.

*Agitar o frasco para eliminação das bolhas de ar.

*Executar movimentos para eliminar os grãos aderentes na parte interna do frasco.

*Fazer a leitura do nível de água no gargalo do frasco.

Imagens:15.1.2 - Massa especifica dos agregados 1 e 2 por meio do frasco de Chapmam (NBR 9776)
foto de feita pelo autor da pesquisa

15.1.3 - Massa unitárias dos agregados 1 e2 (areia media e areia fina)

Massa unitária das duas areias - agragado 1 e 2

Imagens:15.1.3 - Massa unitárias dos agregados 1 e2 (areia media e areia fina)
Foto de feita pelo autor da pesquisa

instituto de arquitetura e urbanismo usp são carlos LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÃO CIVIL FONES : (0**16) 3373-9315 – (0**16) 3373-9307	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADO 1 - MIÚDO – AREIA FINA
SOLICITANTE : Roberto Bérqamo	
Agregado Miúdo – Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios - NBR NM 45	
Agregado – Areia Fina	
Massa Unitária Seca = 1,46 Kg/l	
Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica - NBR NM 52	
Agregado – Areia Fina	
Massa Específica = 2,65 kg/l	
OBSERVAÇÕES	
1) Os resultados aplicam-se às amostras fornecidas pelo solicitante do ensaio.	
2) Todos os dados foram fornecidos pelo solicitante.	
São Carlos, 09/ 09/ 2014	
Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

instituto de arquitetura e urbanismo usp são carlos LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÃO CIVIL FONES : (0**16) 3373-9315 – (0**16) 3373-9307	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADO 2 – AREIA MÉDIA
SOLICITANTE : Roberto Bérqamo	
Agregado Miúdo – Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios - NBR NM 45	
Agregado – Areia Média	
Massa Unitária Seca = 1,43 Kg/l	
Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica - NBR NM 52	
Agregado – Areia Fina	
Massa Específica = 2,66 kg/l	
OBSERVAÇÕES	
1) Os resultados aplicam-se às amostras fornecidas pelo solicitante do ensaio.	
2) Todos os dados foram fornecidos pelo solicitante.	
São Carlos, 09/ 09/ 2014	
Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos	

15.1.4 - Massa unitária da mistura dos agregados 1 e 2

Ensaio no laboratório IAU – USP São Carlos –SP

40 - Massa unitária da mistura

Mistura das Areia 1 (média) + areia 2 (fina)

AREIA 1 – MÉDIA	AREIA 2- FINA	DENSIDADE
50% - 3 kg	50% - 3kg	1694,4 KG/litro
60% - 3.6kg	40% - 2.4 kg	1690.4 kg / litro
70% - 4.2kg	30% - 1.8kg	1680.6 kg / litro

Os resultados obtidos apontam a mistura de 50% areia + 50% areia 2 como a ideal para fins de melhor empacotamento das partículas.

Misturas das areia em diversas proporções

Homogeneização das misturas

Compactacao padrao

Obtenção da massa das diversas misturas

Fotografias de autoria do pesquisador

Agradeço aos técnicos do laboratório pela orientação e colaboração - 02/09/2014

Imagens:15.1.4 - Massa unitária da mistura dos agregados 1 e 2

Foto de feita pelo autor da pesquisa

15.1.5 - Massa específica do pó de mármore branco

Imagens:15.1.5.1 - Massa específica do pó de mármore branco
Foto de feita pelo autor da pesquisa

400 g de pó de Mármore - 300ml Água - frasco de Chapmam (NBR 9776)

1ª leitura – 441

2ª leitura – 443

Média – 442

Massa Especifica do pó de Mármore = 2,82 kg / L

15.1.6 - Massa unitária do pó de mármore branco

Imagens:15.1.6 - Massa unitária do pó de mármore branco
Foto de feita pelo autor da pesquisa

Recipiente de 3 litros, com 3,098,1 KG

Três leituras já descontado o peso do recipiente

1ª leitura = 4,618,0 kg

2ª leitura = 4,615,5 kg

3ª leitura = 4,619,2 kg

Kg/ L = 4,617,5/ 3 = 1.539,1 kg/l

15.1.7 - Granulometria do pó de mármore branco

imagem: 15.1.7 - Granulometria do pó de mármore feita no laboratório do IAU – São Carlos – 05/09/2015
Foto de feita pelo autor da pesquisa

Nota-se que o pó de mármore é composto por grande quantidade de “finos” que serão apropriados para preencher os “vazios” do concreto de alto desempenho que se pretende desenvolver.

Resultados da passagem pelas peneiras pelo Pó de Mármore			
Massa 01- 300 g		Massa 02- 300 g	
Peneira 4,8 -	0,0 g	Peneira 4,8 -	0,0 g
Peneira 2,4 -	0,0 g	Peneira 2,4 -	0,0 g
Peneira 1,2 -	0,0 g	Peneira 1,2 -	0,0 g
Peneira 0,6 -	1,2 g	Peneira 0,6 -	1,4 g
Peneira 0,3 -	81,6 g	Peneira 0,3 -	80,9 g
Peneira 0,15 -	31,1 g	Peneira 0,15 -	31,3 g
Peneira 0,125 -	14,0 g	Peneira 0,125 -	14,0 g
Peneira 0,106 -	11,5 g	Peneira 0,106 -	11,2 g
Peneira 0,090 -	7,5 g	Peneira 0,090 -	7,6 g
Peneira 0,075 -	6,2 g	Peneira 0,075 -	6,3 g
Peneira 0,063 -	9,6 g	Peneira 0,063 -	9,3 g
Peneira 0,053 -	1,7 g	Peneira 0,053 -	1,7 g
Peneira 0,045 -	10,4 g	Peneira 0,045 -	10,3 g
Peneira 0,038 -	58,2 g	Peneira 0,038 -	58,2 g
Fundo -	48,6 g	Fundo -	48,7 g

16 - Aplicação prática dos resultados da pesquisa.

16.1 - O Traço

Nas oficinas de artesanato, que trabalham com a produção de ladrilhos, percebe-se uma necessidade de rapidez na produção e o traço das argamassas é obtido através de medidas em volume e não por massa. Isso causa algumas confusões na obtenção dos traços das argamassas, pois as massas específicas do cimento e dos agregados são diferentes.

Nas areias usadas na pesquisa a massa das areias 1 e 2 ficou próxima a 1600gramas/ Litro enquanto que a massa do cimento ficou próxima a 1100gramas/Litro.

Os artesão geralmente fazem suas medidas usando volumes como referência e consideram que, uma pá de cimento misturada a três partes de areia, seria o traço de 1x3.

Comparando a massa desses agregados percebe-se que em termos de massa esse traço na verdade é de 1x 4,36 pois:

$$(1100\text{g cimento}/1600\text{g de areia} \times 3) = 1100\text{g}/4800\text{g} = 1.1\text{kg}/4.8\text{kg} = 1\text{kg}/4,36\text{kg}.$$

Considerando que em oficinas de produção artesanal o trabalho com medidas em volume é mais corrente que o trabalho com medidas em massa, seguem os traços transformados em massa para volume.

Massas dos agregados do compósito em KG/L (Kilogramas por Litro).

1 Litro de cimento = 1100g

1 Litro de areia 1 (fina) = 1600g

1 Litro de areia 2 (fina) = 1600g

1 Litro de sílica ativa = 330 g

1 Litro de metacaulim = 660 g

1 Litro de policarboxilato (Glenium) = 1000g

1 Litro de água = 1000g

16.2 - Traços comparativos entre massa e volume do cimento e agregados.

Traço em massa 1x3 $\approx$ traço 1 x 2 em volume

Traço em massa 1x2 $\approx$ traço 1x1 ½ em volume

Receitas de argamassas facilmente produzíveis em oficinas de artesanato:

- Traço em volume que correspondendo ao traço 1x3 em massa.

3 litros de cimento = 3300g

6 litros de areia = 9600 g

1 litro de sílica ativa ou 500 ml de metacaulim - ($\approx 10\%$)

(para traço com $\approx 7,5\%$ usa-se 750 ml sílica ou 375 ml de metacaulim

50 ml de policarboxilato ($\approx 1,5\% = 50\text{g}$)

300 ml de pó de mármore ($\approx 10\% = 330 \text{ g}$)

- Traço em volume correspondendo ao traço 1x2 em massa.

3 litros de cimento = 3.300g

4,5 litros de areia = 7.200g

1 litro de sílica ativa ($\approx 10\% = 330\text{g}$) ou 500 ml de metacaulim ($\approx 10\% = 330\text{g}$)

(para traço com $\approx 7,5\%$ usa-se 750 ml de sílica ou 375 ml de metacaulim

50 ml de policarboxilato ($\approx 1,5\% = 50\text{g}$)

300 ml de pó de mármore ($\approx 10\% = 330 \text{ g}$)

Obs: Considerando a diferença de massa entre o cimento, a Sílica e o pó de mármore, cada medida em volume da mistura entre cimento, sílica e pó de mármore contém:

75% de cimento

17,5% de sílica ativa

7,5 % pó de mármore

16.4 – Traço da argamassa para teste de fluidez e auto adensabilidade

Baseado na massa dos componentes do compósito
Foi utilizado como recipiente um copo de plástico com 300 ml de volume,
com diâmetro superior de 8cm e diâmetro inferior de 5cm e altura de 10cm.

CIMENTO ARI	CIMENTO BRANCO CP40	AREIA FINA TIPO 1	AREIA FINA TIPO 2	SÍLICA ATIVA OU METACAULIM	PIGMENTO	POLI CARBOXILATO	PÓ DE MÁRMORE BRANCO	ÁGUA	RESULTADO Com relação ao Diâmetro do recipiente
1	0	1,5	1,5	8%	0	1,5%	8%	1	NÃO FLUI
1	0	1	1	8%	0	1,5%	8%	0,7	FLUI (leve exudação) Diâmetro 10cm
1	0	0,75	0,75	8%	0	2%	8%	0,6	FLUI – diâmetro 12cm
1	0	0,5	0,5	8%	0	2 %	8%	0,4	FLUI BEM Diâmetro 16 cm
0	1	1,5	1,5	8%	0	1,5%	8%	1	NÃO FLUI
0	1	1	1	8%	0	2,0 %	8%	0,7	FLUI (leve exudação) Diâmetro 10cm
0	1	0,75	0,75	8%	0	1,5%	8%	0,5	FLUI – diâmetro 12cm
0	1	0,5	0,5	8%	0	2%	8%	0,4	FLUI BEM Diâmetro 18 cm
0	1	0	0	8%	0,3	1,5%	0	0,4	FLUI BEM Diâmetro 16 cm
0	1	0	0	8%	0,5	1,5%	0	0,4	FLUI BEM Diâmetro 18 cm

Tabela 7 – Traço e fluidez da argamassa usada na pesquisa

Traço 1x3

1 parte de cimento
3 partes de areia mista)
8% pó de mármore branco
8% sílica ativa
1,5% Policarboxilato
Solução com 50% de água
A argamassa não flui ficando presa no recipiente

Traço 1x2

1 parte de cimento
2 partes de areia mista
8% pó de mármore branco
8% sílica ativa
2.0% Policarboxilato
Solução com 60% de água
A argamassa flui com Slamp de duas vezes o diâmetro do recipiente

16.5 - Os pigmentos utilizados nesta pesquisa

Os pigmentos utilizados são óxidos metálicos e foram adquiridos na cidade de Porto

Ferreira- SP – Brasil.

Preto – Óxido de Cobalto, Óxido de manganês e óxido de ferro preto

Amarelo – Amarelo de cádmio, óxido de ferro amarelo

Verde – Óxido de cobre, Ftalocianina de cobre Verde

Laranja – Laranja de cádmio

Vermelho de cádmio, óxido de ferro vermelho

Azul – óxido de cobalto, Ftalocianina de cobre azul

Violeta – Violeta de cobalto, Ftalocianina de cobre violeta

O branco foi obtido com o uso de cimento Portland branco CPB 40

Obs> “A proporção da mistura entre pigmentos é variável porém sem nunca ultrapassar o traço de 1 (cimento) x 0,5 (pigmento) para minimizar o enfraquecimento da superfície.”

16.6 - Aplicação de endurecedores químicos de superfície.

Após a moldagem foi aguardada uma secagem inicial de 24 horas. Após essa secagem, as peças foram submersas em água limpa por 24 horas. Após essa imersão as peças foram deixadas a secar por 24 horas em temperatura ambiente e aplicaram-se diferentes endurecedores químicos (silicato de sódio, silicato de potássio, e fluossilicato de magnésio) na superfície das placas produzidas diluídos em 50% de água.

Os melhores resultados foram obtidos com o uso de fluossilicatos de magnésio que promoveram uma melhora visível na superfície da argamassa conservando o brilho e saturando a cor. Outro resultado observado foi a diminuição significativa da formação de incrustações de carbonato de cálcio na superfície. Estas incrustações ocorrem durante o período de imersão prolongada em água e danificam a superfície colorida.

16.7 - Argamassas para assentamento

Existem 3 tipos de Argamassas Colantes que recebem as siglas AC-I, AC-II e AC-III. Todas elas são compostas por cimento + areia + aditivos. O que muda de uma para outra é o consumo de cimento e a quantidade de aditivos que promovem a aderência e a retenção de água (AC-I < AC-II < AC-III em ordem crescente de aderência). A norma técnica relacionada é a NBR 14081 de 04/2012 .

16.7.1 - Tipos de Argamassa

- AC-I (ou AC1)

A AC-I é indicada para assentamento de revestimentos cerâmicos de pisos em ambientes internos e térreos. Ela pode ser utilizada no assentamento de pisos das áreas molháveis de uma residência como banheiros, cozinhas e áreas de serviço.

- AC-II (ou AC2)

A argamassa AC-II já possui propriedades que permitem absorver os efeitos de variações de temperatura e umidade e à ação do vento, podendo ser utilizada em ambientes internos e externos em pisos, paredes, e em lajes com vão inferior a 5 metros como áreas ao ar livre, fachadas, piscinas de água fria, pisos cerâmicos industriais ou de áreas públicas.

- AC-III (ou AC3)

A AC-III é a mais poderosa em aderência, por esse motivo ela é indicada para assentamento de porcelanatos e de revestimentos cerâmicos em ambientes mais agressivos como piscinas de água quente, saunas e churrasqueiras e também é utilizada para grandes placas (maiores que 60x60cm).

Quando uma argamassa recebe a denominação “E” (AC-I-E, AC-II-E, AC-III-E) ela apresenta maior tempo em aberto. Assim que a argamassa é espalhada na base ela entra em processo de cura (endurecimento) e a cada minuto que passa ela vai perdendo seu poder de aderência. As argamassas do tipo “E” retardam o início do endurecimento. Se as condições de assentamento não exigirem essa necessidade (muito vento, por exemplo), não será necessário adquirir este tipo de argamassa, uma vez que ela é mais cara que as comuns.

16.7.2 - Rendimento de Argamassa por Metro Quadrado

O consumo médio de argamassa por metro quadrado indicado pelos fabricantes varia de 5 a 7 kg/m². A diferença de consumo acontece pela imperfeições da base (quanto mais irregular, mais massa, ainda mais quando se utiliza argamassa na base e no tardo da peça cerâmica. “

FONTE: ABRAHÃO JÚNIOR, KARKLIS DINIZ E TOGNETTI

17 - Preços no varejo, em real brasileiro, dos materiais utilizados nesta pesquisa para a produção de revestimentos hidráulicos

17.1.2 – Preço do Cimento CP 5 - ARI (Alta Resistencia Inicial)

(O valor da saca de 40 kg = R\$ 22,00 – cotado na cidade de Ribeirão Preto em 10/ 2015)

17.1.3 – Preço do Cimento CPB 40 – Cimento Brando Estrutural

(O valor da saca de 20 kg = R\$ 30,00 – cotado na cidade de Ribeirão Preto em 10/ 2015)

17.1.4 – Preço da Areia fina (tipo 1) :

Valor da Saca de 20 kg = R\$ 3,50 (três reais e cinquenta centavos) em Ribeirão Preto 10/ 2015

17.1.5 – Preço da Areia média (tipo 2)

Valor da Saca de 20 kg = R\$ 3,50 (três reais e cinquenta centavos) em Ribeirão Preto 10/ 2015

17.1.6 – Preço do Policarboxilato``Basf Gleniun 51``

O valor do Tambor de 200 litros = R\$ 2375,00 (Dois mil Trezentos e setenta e cinco reais) em Campinas em 10/ 2015.

17.1.8 – Preço da Silica Ativa:

Valor da saca de 20 Kg = R\$ 20,00 (Vinte reais) cotado em Campinas em 10/ 2015.

17.1.9 – Preço da Água:

O valor de 1000 litros = +- R\$ 3,00 (três reais)

17.1.10 Preço dos Pigmentos:

Para os objetivos da pesquisa escolheu-se pigmentos na faixa de R\$ 35,00 (trinta e cinco reais) o Kg, (Azul ftalocianina, oxido de ferro vermelho, oxido de ferro amarelo, verde ftalocianina, preto de oxido de ferro); Cotados em lojas de materiais de construção, na região de Ribeirão Preto-SP – Brasil em 12/2015.

Obs: A gama de pigmentos disponíveis é vasta e os custos muito variáveis.

Os óxidos de ferro podem ser encontrados a partir de R\$ 20,00 (vinte reais) o Kg, no entanto existem outros pigmentos que tem um custo muito mais elevado, podendo chegar a R\$ 3000,00(três mil reais) o Kg. A escolha dos pigmentos dependerá dos objetivos pretendidos e da análise da viabilidade de custos.

17.2 - Consumo e custo de materiais necessários para a produção de revestimentos hidráulicos com 20cm x 20cm x 1,5 cm - traço 1x2

17.2 .1 - Cimento CP 5 - ARI (Alta Resistencia Inicial) : corpo do ladrilho

Consumo: 480 gramas - valor: R\$ 0,27 (Vinte e sete centavos de real)

17.2.2 - Cimento CPB 40 – Cimento Brando Estrutural : capa superficial

Consumo: 165 gramas – valor R\$ 0,24 (Vinte e Quatro centavos)

17.2 .3 - Areia fina (tipo 1) :

Consumo: 480 gramas - Valor: R\$ 0,09 (nove centavos de real)

17.2 .4 - Areia média (tipo 2) :

Consumo: 480 gramas - Valor: R\$ 0,09 (nove centavos de real)

17.2 .5 - Policarboxilato ``Basf Glenium 51``:

Consumo: 10 gramas - valor: R\$ 0,12 (doze centavos de real)

17.2 .6 - Silica ativa

Consumo: 51 gramas – valor: R\$ 0,05 (cinco centavos de real)

17.2 .7 - Pigmentos: traço 2x1 (cimento x pigmento)

Consumo: 50 gramas - R\$1,75 (Um real e setenta e cinco centavos)

17.2 .8 - Água:

Consumo na produção e cura de ladrilhos hidráulicos: 600 gramas - valor: 0,0018

(Com mil litros é possível produzir-se +- Um mil e quinhentos ladrilhos de 20cmx20cmx1,5cm)

17.2.9 – Pó de Marmore branco

Consumo: 38 gramas - R\$ 0,05 (cinco centavos de real)

17.3 - Custos matérias, em reais, ladrilho 20cmx20cmx1,5cm - traço 1x2

17.3.1 - Custos superfície multicolorida

R\$ 2,70 (Dois reais e setenta centavos) a unidade

R\$ 66,00 o m2 (Sessenta e seis reais) o metro quadrado

17.3.2 - Com superfície branca

R\$ 1,00 (Um real) a unidade

R\$ 25,00o m2 (vinte e cinco reais) o metro quadrado

17.3.3 - Com superfície cinza (cor do cimento comum sem pigmentos)

R\$ 0,75 (Setenta e cinco centavos) a unidade

R\$ 18,75 m2 (Dezoito reais e setenta e cinco centavos) o metro quadrado

18 - Revestimentos hidráulicos desenvolvidos pelo autor da pesquisa baseado em antigos processos usando-se concreto auto adensável.

18.1 – Técnica de Inversão

Foi desenvolvida uma pintura mural, medindo 90cm x 80cm composta de Ladrilhos com 30cmx40cm com a temática Dom Quixote, foi realizada com uma técnica que engloba os métodos praticados em Athangude – Índia, com o método de aresta, praticada em antigos azulejos portugueses.

Foi executada sobre uma forma de MDF (Medium-Density Fiberboard) revestida de plástico adesivo, com uma moldura de MDF (Medium-Density Fiberboard) com 20cm x 20cm x 1,5cm.

O plástico adesivo tem função de desmoldante e permite um brilho moderado na superfície da pintura.

Primeiramente sobre o plástico emoldurado foi realizado um desenho linear invertido, com uma tinta fluida pigmentada composta de:

- 3 partes de cimento branco estrutural CPB 40
- 8% de sílica
- 40% de água
- 1,5% de policarboxilato
- 1 parte de óxido de cobalto preto.

Etapa 1 – desenho e pintura invertidos, feito sobre suporte desmoldável, com cimento branco misturado com óxidos minerais.

Imagem: 18.1.1- Revestimentos hidráulicos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

A tinta foi aplicada com uma bisnaga plástica, que possibilitou executar traços negros com espessura e altura próxima a um milímetro.

Esse desenho formou arestas em relevo delimitadoras que, após uma secagem de 24 horas, foram preenchidos com cores variadas com uma espessura de dois milímetros.

A sobreposição de cores foi feita de claro para escuro prevendo-se intuitivamente como seria o resultado final.

Após a secagem da segunda camada, a moldura foi preenchida com uma argamassa composta de:

- 1 parte de cimento CP5
- 2 parte de areia (1 parte de areia 1 + 1 parte areia 2)
- 8% de sílica ativa
- 50% de água
- 1,5% de policarboxilato.
- 8% pó de mármore branco
-

Etapa 2 – Pintura invertida, recoberta com argamassa com limitadores de 1,5cm
Imagem; 18.1.2 - Revestimentos hidráulicos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Depois de secar por 24 horas, a peça foi retirada da moldura e emergida em água limpa e deixada a curar por 48 horas.

Obs. Experiências com imersões mais demoradas demonstraram que ocorrem formações de carbonato de cálcio, danificando a superfície decorada.

Após a secagem, a peça descansou em local seco por 28 dias para terminar as reações químicas mais notáveis do cimento.

Então cada ladrilho teve a superfície pintada banhada com uma solução de 50% de fluorssilicato de magnésio, com o objetivo de endurecer a superfície e preservar e saturar as cores e evitar a precipitação de carbonato de cálcio na superfície. Esse banho foi repetido após a secagem da peça. Após o banho final a peça foi lavada com água e sabão de pedra que estabilizou o fluorssilicato.

Obs. Esta estabilização provocada pelo ‘sabão em pedra’, rico em soda caustica, não foi estudada nesta pesquisa, mas seria necessário uma maior aprofundamento para saber as causas.

Imagem: 18.1.3 – Aplicação de fluorssilicato de magnésio na superfície dos ladrilhos

Fonte: fotos realizadas pelo autor desta pesquisa

Etapa 3 – A cura total do fluorssilicato de magnésio se dará após um prazo mínimo de 28 dias.

Trabalho terminado – 90cm x 80cm

Imagem: 18.1.4 - Revestimentos hidráulicos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Ladrilhos com 30cmx40cm onde observa-se o brilho da superfície.

Imagem: 18.1.5 - Fotografia realizada pelo autor da pesquisa

Obs. Esta peça estará exposta no dia na defesa da dissertação para avaliação da banca julgadora.

18.2 – Técnica de “aresta”

Similar a técnica cerâmica “Corda Seca” - baseada na cerâmica Tubat de Portugal.

Consiste em estabelecer limites para as cores usando-se uma “aresta” em relevo.

Este ladrilho foi realizado sobre uma base de cimento já seco composta de:

- 1 parte de cimento CP5
- 2 partes de areia (1 parte de areia 1 + 1 parte areia 2)
- 8% de sílica ativa
- 50% de água
- 1,5% de poliacarboxilato.
- 8% pó de mármore branco

Foi usada uma tinta fluida pigmentada composta de:

- 3 partes de cimento branco estrutural cpb 40
- 8% de sílica
- 50% de água
- 1,5% de poliacarboxilato
- 1 parte de óxidos metálicos como pigmentos variados.

Primeiramente foram realizadas as arestas delimitadoras e deixadas a secar por 24 horas. As cores foram depositas nos espaços entre as arestas.

Após a secagem por 24 horas a peça foi emergida em água pura por 24 horas. Depois de seca, a peça foi banhada em uma solução de 50% de fluorssilicato de magnésio, com o objetivo de endurecer a superfície e preservar as cores, evitando-se a precipitação de carbonato de cálcio na superfície. Esse banho foi repetido após a secagem da peça.

Imagem: 18.2 - produzidas pelo autor desta pesquisa – 07/2015

- Revestimento hidráulico desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Obs. Esta peça estará exposta no dia na defesa da dissertação para avaliação da banca julgadora.

18.3- O Sgraffitto

Este Sgraffiatto foi realizado sobre um ladrilho de cimento medindo 15cm x 15cm x 1,0cm, já seco, composta de:

- 1 parte de cimento CP5
- 2 partes de areia (1 parte de areia 1 + 1 parte areia 2)
- 8% de sílica ativa
- 50% de água
- 1,5% de poliacarboxilato.
- 8% pó de mármore branco

Primeiramente foi aplicada, sobre esta base, uma camada de aproximadamente dois milímetros de tinta preta fluida composta de:

- 2 partes de cimento branco estrutural cpb 40
- 1 parte óxido de cobalto preto
- 8% de sílica ativa
- 1,5% de poliacarboxilato
- 40% de água

Após meia hora, quando a tinta preta, apresentava uma superfície mais seca aplicou-se, sobre esta, uma outra camada de aproximadamente dois milímetros de tinta branca fluida, composta de cimento branco estrutural cpb 40, com 8% de sílica, dissolvidos em uma solução de água com 1,5% de poliacarboxilato.

Com um estilete foram feitos os “Esgraffiatos” ou seja riscados em profundidade, removendo parte da camada branca e revelando a negra.

Depois de seca a argamassa a peça foi mergulhada em água por 24 horas para a hidratação inicial do cimento.

Estando seca a peça foi banhada com fluorssilicato de magnésio com o objetivo de endurecer a superfície e preservar as cores, evitando a precipitação de carbonato de cálcio na superfície. O banho foi repetido duas vezes após a secagem da peça.

Imagem: 18.3 – Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

18.4 – Pintura “Afresco” com cimento

Trata-se de um processo, similar ao tradicional feito com cal, onde foi usada argamassa de cimento com características “auto adensáveis”.

Este ladrilho foi realizado sobre uma base de cimento, em estado úmido, composta de:

- 1 parte de cimento CP5
- 2 partes de areia (1 parte de areia 1 + 1 parte areia 2)
- 8% de sílica ativa, amassados
- 60% água
- 1,5% de poliacarboxilato.
- 8% pó de mármore branco

Foi usada uma tinta fluida pigmentada composta de:

- 3 partes de cimento branco estrutural cpb 40
- 8% de sílica
- 50% de água
- 2,0% de poliacarboxilato
- 1 parte de pigmentos minerais - (óxido de ferro vermelho, óxido de ferro amarelo, óxido de cobre verde, vermelho de cádmio) .

1 - Base de cimento branco em estado úmido “afresco”

2 - Amassamento das cores conforme fórmula acima

3 - Aplicação manual das cores usando-se espátula

4 - Sobreposição de cores com pincel, em estado úmido.
Nas áreas onde a argamassa estiver seca deve-se interromper a pintura

Após a hidratação e secagem do cimento, aplicou-se uma solução de Fluorssilicato de magnésio para endurecer, impermeabilizar e dar brilho a superfície.

ImageM: 18.4 – Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

18.5 – Superfície de alto brilho

Esta técnica permite a obtenção de superfícies altamente lisas e brilhantes, com cores de alta saturação cromática e variação tonal, com aparência semelhante ao vidro e ao porcelanato polido.

Tomou-se como referência os ladrilhos produzidos em Athangude na Índia, porém buscando ampliar as possibilidades estéticas.

Na técnica Athangude o artesanato fica restrito aos desenhos e tamanhos das formas, raramente se aventurando com experiências de novos formatos.

Todo o processo é semelhante ao da técnica de inversão, descrito anteriormente, porém as cores são aplicadas sobre uma superfície de vidro polido.

O brilho é obtido por quatro fatores:

- Uso de finos (sílica ativa e metacaulim) na composição da argamassa
- Uso de redutor de água (policarboxilato)
- Uso de uma superfície altamente polida (vidro)
- Uso de cimento branco como aglomerante para a tinta colorida da superfície possibilita cores mais vivas que o cimento escuro.

A argamassa mais compacta, com cores mais vivas, aplicada sobre uma superfície muito lisa (vidro) força a luz a refletir-se em linha reta dando a percepção de cores saturadas e brilho intenso.

Foram desenvolvidos dois ladrilhos; um medindo 20cm x 20cm x 1,5 cm, outro medindo 20cm x 20cm x 1,0 cm,

Foi executada sobre uma forma de MDF (Medium-Density Fiberboard) apoiada sobre vidro polido, com uma moldura de MDF (Medium-Density Fiberboard) com 20cm x 20cm x 1,5cm.

O vidro polido não permite a aderência da tinta cimentícia, funciona como desmoldante, e permite um alto brilho na superfície da pintura.

Primeiramente sobre o vidro emoldurado com forma de MDF foi realizado um desenho linear invertido, com uma tinta fluida pigmentada composta de:

- 3 partes de cimento branco estrutural CPB 40
- 8% de sílica
- 40% de água
- 1,5% de policarboxilato
- 1 parte de óxido de cobalto preto.

A tinta foi aplicada com uma bisnaga plástica, que possibilitou executar traços negros com espessura e altura próxima de um milímetro.

Esse desenho formou arestas em relevo delimitadoras que, após uma secagem de 24 horas, foram preenchidos com cores variadas com uma espessura de dois milímetros.

Observa-se a superfície altamente reflexiva e polida

Imagem: 18.5 – fonte: feitas pelo autor da pesquisa

Obs. Estas peças estarão expostas no dia na defesa da dissertação para avaliação da banca julgadora.

A sobreposição de cores foi feita de claro para escuro de maneira invertida prevendo-se intuitivamente como seria o resultado final.

Após a secagem da segunda camada, a forma foi preenchida com uma argamassa composta de:

- 1 parte de cimento CP5
- 2 partes de areia (1 parte de areia 1 + 1 parte areia 2)
- 8% de sílica ativa
- 50% de água
- 1,5% de policarboxilato.
- 8% de pó de mármore branco

Depois de secar por 24 horas, a peça foi retirada da moldura e emergida em água limpa e deixada a curar por 48 horas.

Experiências com imersões mais demoradas oferecem maiores resistências mecânicas porém, demonstraram que ocorrem precipitações de carbonato de cálcio, danificando a superfície decorada.

Após a secagem, a peça descansou em local seco por 28 dias para terminar as reações químicas mais intensas do cimento.

Então cada ladrilho teve a superfície banhada com uma solução de 50% de fluorssilicato de magnésio, com o objetivo de endurecer a superfície e preservar e saturar as cores e evitar a precipitação de carbonato de cálcio na superfície. Esse banho foi repetido após a secagem da peça.

18.6 – Objetos policromados em relevo obtidos através de moldes

Considerando a plasticidade do cimento é possível obter-se relevos detalhados através do uso de moldes.

Na experiência que segue foi usado um prato de louça como molde sem a aplicação de desmoldante.

A pintura foi feita na parte de traz do prato e todo o processo é igual ao da técnica de inversão descrito anteriormente acompanhando o relevo do molde.

A forma do prato foi copiada com espessura de 1cm

Imagem:18.6 – fonte: feitas pelo autor da pesquisa

Traço da pintura policromática:

- 3 partes de cimento branco estrutural CPB 40
- 8% de sílica
- 50% de água
- 1,5% de policarboxilato
- 1 parte de óxido de cobalto preto.

Após a secagem da pintura policromática o prato foi recoberto com uma argamassa composta de:

- 1 parte de cimento CP5
- 2 partes de areia (1 parte de areia 1 + 1 parte areia 2)
- 8% de sílica ativa
- 50% de água
- 1,5% de policarboxilato.
- 8% de pó de mármore branco

Após a secagem, a cópia foi hidratada em um banho com água por 24 horas e, após a secagem, foi banhada com fluorssilicato de magnésio para endurecer, impermeabilizar, proteger a cor e dar um leve brilho a superfície.

18.7 –Tesselas de cimento policromático para mosaico

A técnica consiste em desenvolver as tesselas (fragmentos de mosaico) com material cimentício .

Na experiência foi usado um delimitador de espaço, feito com MDF medindo 20cm x 3cm x 0,3cm onde foi depositada uma camada pigmentada composta de:

- 3 partes de cimento branco estrutural CPB 40
- 8% de sílica
- 40% de água
- 1,0% de poliacarboxilato
- 1 parte de pigmentos minerais - (óxido de ferro vermelho, óxido de ferro amarelo, óxido de cobre verde, vermelho de cádmio) .

Delimitador de espaço, feito com MDF medindo 20cm x 3cm x 0,3

Depositando as cores no molde

Cores secando no molde

Imagem: 18.7 – fonte: feitas pelo autor da pesquisa

Após a secagem obteve-se tesselas rígidas, que foram banhadas em fluorssilicato de magnésio para proteger a cor e dar resistência a superfície.

Tesselas já secas e banhadas em fluossilicato de magnésio

Ladrilho de mosaicos de tesselas de cimento

Imagem: 18.8 – fonte: feitas pelo autor da pesquisa

Com esse material é possível obter-se uma ampla gama de cores, opacas e brilhantes, com boa resistência mecânica e formatos variados, que possibilitam reproduzir diversas técnicas de mosaico

19 - Ensaio de Resistência do material desenvolvido pelo autor desta pesquisa

19.1 - Ensaio de Resistência à compressão axial simples

LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO USP SÃO CARLOS
FONES: (016) 3373-9315 - (016) 3373-9307

ENSAIO DE COMPRESSÃO SIMPLES EM CORPOS-DE-PROVA DE ARGAMASSA - NBR5739

CERTIFICADO /2015

INTERESSADO: FIPAI - Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial
PROCEDÊNCIA DECLARADA: Obra:
SOLICITANTE: Roberto Bergamo
FORNECEDOR:
CARACTERÍSTICAS DECLARADAS: fck= MPa brita:

CP (nº)	Indicações Declaradas	Data da Moldagem	Data de Ruptura	Idade (Dias)	Carga (TF)	f _{cd} (MPa)
01		03/09/2015	01/10/2015	3528	11,96	60,9
02		03/09/2015	01/10/2015	3528	11,40	58,1
03		03/09/2015	01/10/2015	3528	11,98	61,0

Observações:
1) Os resultados aplicam-se às amostras fornecidas pelo solicitante do ensaio.
2) Todos os dados são fornecidos pelo solicitante.
3) Máquina de Ensaio de Compressão, Marca A.J.Amsler, tipo eletro-hidráulica, No.66/64, No. pat. 018020794, Capacidade Máxima 100 tf.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DNTT/399c/13 - DINATEST.

São Carlos, 03/09/2015

5x10 Prof. Dr. Javier Mazariegos Pablos

www.lau.usp.br, av. Trabalhador São-carlense 400 centro | cep 13566-900 | cp 31 | são carlos sp brasil | +55 (16) 3373-9315

Texto de compressão Axial Simples

A resistência do material ficou em torno de 60 MPa

A ruptura deu-se em formato cônico indicando que a argamassa tem uniformidade em sua estrutura

Imagem: 19.1.2 - Ensaio de Resistência à compressão axial simples - produzida pelo autor desta pesquisa em 2015

19.2 - Resistência à tração na flexão

19.2.1 – Teste de tração na Flexão efetuados em Ladrilhos Hidráulicos **prensados**, com mais de um ano de idade, comprados no comércio de São Carlos – SP – Brasil - (Traço desconhecido)

Força máxima atingida de 1.41kn. e 1.85kn = média 1.63kn

Ladrilho Hidráulico prensado - 1
comprado no comércio de
São Carlos – SP – Brasil
Com mais de um ano de idade

Ladrilho Hidráulico prensado - 2
comprado no comércio de
São Carlos – SP – Brasil
Com mais de um ano de idade

Imagem: 19.2.1 - Teste de tração na flexão de ladrilhos com mais de um ano de idade, comprados no comércio de São Carlos – SP - Brasil

Laboratório de materiais do IAU (Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos), efetuado em Setembro de 2015. – Brasil

Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

19.2.2 – Teste de tração na Flexão efetuados em Ladrilhos Hidráulicos produzidos pelo autor da pesquisa, com argamassa feita com **cimento comum CP2, sem aditivos e sem prensagem**, com 28 dias de idade em Setembro de 2015, traço:

- * 1 parte de cimento CP2
- * 2 parte de areia (1 parte de areia 1 + 1 parte de areia 2)
- * 60% de água

Força máxima atingida de 0,85kn e 0,97kn. – média = 0,91 kn

A argamassa feita com cimento CP2 comum, com traço 1x3, sem aditivos redutores de água, sem adição de pozolanas e sem prensagem obteve resultados inferiores aos alcançados pelos Ladrilhos Hidráulicos prensados tradicionais.

Ladrilho Hidráulico 1
produzido pelo autor da pesquisa
com argamassa feita com cimento
comum CP2, traço 1x3, sem aditivos e
sem prensagem com 28 dias de idade

Ladrilho Hidráulico 3
Produzido pelo autor da pesquisa
com argamassa feita com cimento comum
CP2, traço 1x3, sem aditivos e sem
prensagem com 28 dias de idade.

Imagem: 19.2.2 - Ladrilhos Hidráulicos produzidos pelo autor da pesquisa com argamassa feita com cimento comum CP2, traço 1x3, sem aditivos e sem prensagem, com 28 dias de idade.

Laboratório de materiais do IAU (Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos), efetuado em Setembro de 2015. – Brasil - Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

19.2.3 - Teste de tração na Flexão efetuados em Ladrilhos Hidráulicos produzidos pelo autor da pesquisa, **com argamassa auto adensável**, com aditivo redutor de água, com adição de pozolanas e **sem prensagem**, aos **9 dias de cura**, obteve resultados similares aos alcançados pelos Ladrilhos Hidráulicos prensados tradicionais com mais de um ano de idade.

Força máxima atingida de 1.54kn e 1.72 kn. – média = 1,63 kn

Com traço:

19.2.3.1 - Para o estrutura do ladrilho (traço 1) feito com cimento ARI (Alta Resistencia Inicial)

- * 1 parte de cimento CP5 (ARI)
- * 2 partes de areia (1 partes de areia 1 + 1 partes areia 2)
- * 8% de silica ativa
- * 50% de agua
- * 1,5% de policarboxilato.

19.2.3.2 - Para a superfície decorada foi usado cimento portland CPB 40 (Cimento branco estrutural).

- * 1 parte de cimento CPB 40 (Cimento branco estrutural)
- * 8% de silica ativa
- * 40% de agua
- * 2% de policarboxilato.

Imagem:19.2.3 - Teste de tração na flexão de ladrilhos produzidos pelo autor da pesquisa com argamassa auto adensável
Efetuados no Laboratório de materiais do IAU (Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos) em Outubro de 2015,
Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

19.3 – Teste laboratorial de Absorção de água dos ladrilhos produzidos com argamassa auto adensável.

O material foi colocado para secar em uma estufa, na temperatura de 105° C (Cento e Cinco Graus Celcius), por um período de 30 horas, para perder o máximo de umidade. Depois de seca e após esfriar, a peça foi colocada em uma balança de precisão para obter-se sua massa em estado seco.

Posteriormente a peça foi emergida em agua, por um período de trinta horas, para absorver o máximo de umidade e foi, novamente colocada em uma balança de precisão para obter-se sua massa em estado úmido.

A diferença de massa entre o estado úmido e o estado seco corresponde a massa da água absorvida.

Segundo estudos desenvolvidos por Angelina Cavalli e Laila Valduga em estudos desenvolvidos no Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil - a absorção de água de ladrilhos hidráulicos convencionais fica em torno de 11% (onze por cento).

Imagens: 427,428 – Estufa para aquecimento a 105° Celcius

Peças que passaram pelo teste de absorção de agua

Imagem:19.3 – Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

Resultados

Massa Seca	Massa Saturada	Absorção Individual	Absorção Média 1 e 2
Peça 1 - 1356,0	Peça 1 - 1474,1	8,71 %	8,05 %
Peça 2 - 1425,1	Peça 2 - 1530,4	7,39 %	

A absorção de agua dos ladrilhos produzidos pelo autor desta pesquisa ficou abaixo da media obitida com ladrilhos convencionais.

Cap. 20 – Conclusão

Conforme corroboram os testes laboratoriais a produção de revestimentos hidráulicos com CAD (Concretos de Alto desempenho) e CAA (Concretos Auto Adensáveis) mostrou-se viável e os resultados obtidos pelo pesquisador na sua produção, demonstram que o material desenvolvido se equipara e, em alguns aspectos, supera os materiais tradicionais dispensando a utilização de prensas.

Cabe notar porém que, o termo concreto não é de todo apropriado, pois não houve utilização de brita na produção do compósito desenvolvido. Trata-se, mais apropriadamente, de argamassa de alto desempenho e de argamassa auto adensável.

Algumas mudanças simples no processo tradicional praticado no Brasil permitirá uma melhora significativa na aparência dos revestimentos hidráulicos produzidos, conferindo-lhes superfícies mais resistentes, com cores e texturas mais variadas.

A produção de tamanhos e formatos variados, sem estar-se limitado ao tamanho das prensas, amplia as possibilidades criativas para o artista e artesão.

A utilização das diversas técnicas utilizadas por artistas e artesãos que trabalham com outros materiais como a pintura, a cerâmica, a gravação e o mosaico podem ser adaptadas ao material cimentício desenvolvido, abrindo possibilidades estéticas e criativas conforme pode ser observado no pequeno mostruário desenvolvido pelo pesquisador.

Mesmo a produção de ladrilhos hidráulicos nos formatos tradicionais pode ser simplificada, conforme demonstram os artesãos da região de Athangudi na Índia que, com uma técnica simples e barata, dispensam o uso de prensas e conseguem ladrilhos de aparência melhor que os produzidos em outras partes do mundo. (Ver pag. 100)

A utilização de ‘‘CAD (Concreto de alto desempenho)’’ se mostrou positiva em todos os modelos produzidos e testados, no entanto, considerando a variedade de técnicas possíveis, concluiu-se que a utilização de ‘‘CAA (Concreto Auto Adensável)’’ somente é adequado onde a fluidez for um fator vantajoso, no entanto em outras (como por exemplo a argamassa que é aplicada sobre a parte pigmentada) essa característica pode oferecer desvantagens, pois a fluidez da argamassa dificulta sua remoção imediata do molde, além de gerar um maior consumo de cimento e polícarboxilato.

Para as natas corantes a adição de polícarboxilato permitiu uma redução significativa no volume de água necessário para a fluidez, a adição de sílica ativa ou metacaulim melhorou significativamente a resistência mecânica da superfície pigmentada. A utilização de suportes variados como o vidro, o plástico e a madeira permitiram criar superfícies diferenciadas possibilitando superfícies altamente polidas e com cores vibrantes.

A simplicidade do processo pode ser um atrativo para artesãos que trabalham com outras técnicas pois, com a versatilidade do material hidráulico produzido seria possível desenvolver

peças semelhantes as produzidas em outras técnicas como a cerâmica, o mosaico, a pintura, o desenho, o Sgraffito, e a modelagem.

A pesquisa concluiu que para o desenvolvimento de projetos envolvendo revestimentos hidráulicos é necessário compreender e formular claros conceitos sobre o que é o material, relacionando-o com seus aspectos históricos, culturais, econômicos, técnicos e tecnológicos, buscando compreender quais suas origens e influências, pois de outra maneira seria produzida uma visão unilateral do processo.

O ladrilho Hidráulico é um significante que precisa ser claramente conceituado para compreender-se com mais clareza seus significados.

Os materiais e as técnicas são resultados de evolução dentro de conflitos históricos e de múltiplas experiências e circunstâncias, difíceis de serem compreendidas em sua totalidade, no entanto uma parte destes processos precisa ser desvendada, sob o risco de produzirem-se produtos e obras esdrúxulas e anacrônicas, sem relação com a atualidade.

A simples reprodução do ladrilho hidráulico, nos dias atuais, obedecendo a suas antigas formulações técnicas, processos e estética, reduzem as possibilidades do material tornando-o apenas uma espécie de relicário saudosista.

A clara compreensão das relações geométricas envolvidas no seu design, desde as formulações clássicas até as concepções contemporâneas, o conhecimento sobre os materiais que o compõe, a utilização de novas tecnologias e novos designs para sua produção, a adequação as novas estéticas artísticas, a valorização do trabalho artístico em consonância com o saber tecnológico permitirão aos revestimentos hidráulicos, e ao “ladrilho hidráulico” em particular, ampliar sua relevância enquanto material adequado e acessível para a expressão dos valores da contemporaneidade.

A pesquisa necessita de aprimoramento em vários aspectos e vários testes laboratoriais ainda seriam necessários, como por exemplo:

- 1) Aprofundar o estudo das dosagens entre a massa cimentícia e os pigmentos
- 2) Aprofundar o estudo sobre o dimensionamento das placas
- 3) Experimentação com fatiamentos da argamassa policromada
- 4) Fazer Análises, da resistência a incêndio das placas obtidas, da tração na compressão diametral, do desgaste por abrasão, da retração por secagem, da ação química, das variações de dimensões em diferentes tempos de cura e resistência a incêndio.
- 5) Análise do desempenho térmico e acústico
- 6) Verificação prática dos processos de limpeza do produto e exposição à ação de agentes químicos para verificar manchamento.

7) Análise de eventuais problemas quanto as características geométricas dos produtos a serem desenvolvidos ortogonalidade, retitude, empena, curvatura lateral, curvatura central.

8) Verificação do peso do produto comparando vários modelos desenvolvidos, suas finalidades e sua composição material.

9) Escolha e aplicação da argamassa do processo de assentamento

Tendo como base a NBR 14081 e NBR 9458 fazendo amostragens de tempo em aberto, preenchimento do verso, escorregamento da placa sobre cordões frescos e resistência a aderência.

10) Escolha e aplicação do rejunte

Experimentando rejunte comum de cimento, rejunte cimento areia, rejunte de aplicação a seco, rejunte cimento látex, rejunte mastic, rejunte borracha de silicone.

11) análise de resistência a produtos químicos como ácidos, bases, óleo orgânico e mineral, graxa, produtos de limpeza, cloro etc...

12) Levar a técnica para a avaliação prática dos artistas e artesãos

13) Realização de peças de grandes dimensões, com técnicas variadas, para avaliar as dificuldades decorrentes.

Finalizando... Tecnologia e arte são faces opostas de uma mesma moeda chamada conhecimento e a interação, entre o conhecimento científico e o conhecimento artístico, poderá ampliar a visão de ambas as disciplinas.

Obs. Veja em anexo - Desenhos baseados nos estudos sobre geometria e simetria desenvolvidos pelo autor durante a pesquisa, com o objetivo de criar murais artísticos com argamassa auto adensável.

21 - Referências Bibliográficas

- AVILA, G. Retângulo Aureo, divisao aurea e sequencia de Fibonacci, Revista do Professor de Matematica, Sao Paulo, v.6p.9-14, 1985
- ARGAN, Giulio Carlo; Arte moderna, São Paulo: Cia das Letras, 1992
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Mãos a Obra. ABCP, São Paulo, s.d.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12255: Execução e utilização de passeios públicos. Rio de Janeiro, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9459/2013: Ladrilho hidráulico -
- AGULLÓ, L., Toralles-Carbonari B., Gettu, Aguado R. A., Fluidity of cement pastes with mineral admixtures and superplasticizer – a study based on the Marsh cone test, Mater. Struct. 32, 221 (1999) 479-485.
- AIGIN, W. Chengzhi, Z. Ningsheng, Z., Study of the influence of the particle size distribution on the properties of cement, Cem. Concr. Res. 27, 5 (1997) 685-695.
- AIGIN W. Chengzhi, Z. Ningsheng, Z., The theoretic analysis of the influence of the particle size distribution of cement system on the property of cement, Cem. Concr. Res. 29, 11 (1999) 1721-1726.
- AITCIN, P.-C., Cements of yesterday and today; concrete of tomorrow, Cem. Concr. Res. 30, 9 (2000) 1349-1359.
- AITCIN. P.-C., Jolicoeu C. r, MacGrego J. G. r, Superplasticizers: how they work and why they occasionally don't, Concrete Int. 16, 5 (1994) 45-52.
- AITCIN. P.-C., Concreto de alto desempenho, PINI, S. Paulo (2000).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 11768: aditivos para concreto de cimento Portland, Rio de Janeiro (1992).
- American Society for Testing and Materials, ASTM C 494: standard specification for chemical admixtures for concrete, Book of Standards Volume 04.02 (1992).
- BARRAL, Thiago, Os tipos de cimento e os critérios de escolha – 1990
- BENÉVOLO, Leonardo; História da arquitetura moderna, São Paulo: Perspectiva, 2004
- Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 47, p. 53-74, 2008
- BENJAMIN, Walter, A Obra de Arte na Era da sua Reprodutibilidade Técnica, 1936,
- BOTELHO, MARCHETTI - Concreto armado eu te amo – Volume 1 e 2- Editora Edgard Blücher Ltda- 2011
- BRASIL. Decreto n. 5296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nºs 10.048, de 8 de

novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade.

BHANJA S. Sengupta, B., Modified water-cement ratio law for silica fume concretes, Cem. Concr. Res. 33, 3 (2003) 447-450.

BROOKS J. J. Megat Johari, M. A. Mazloom, M., Effect of admixtures on the setting times of high-strength concrete, Cem. Concr. Comp. 22, 4 (2000) 293-301.

CATOIA, Thiago, LIBORIO, Jeferson. Ladrilhos e Revestimentos Hidráulicos de Alto Desempenho – Dissertação de Mestrado – 2007 - USP São Carlos - <http://www.bv.fapesp.br/pt/pesquisador/61824/thiago-catoia/>

CASTRO. A. L. de; PANDOFELLI. V. C.. Revisão: conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil, Departamento de Engenharia de Materiais - DEMa, Universidade Federal de S. Carlos

CAVALLI, Angelina, VALDUGA Laila . Ladrilhos Hidráulicos: Reconstituição e Caracterização - Departamento de Engenharia Civil – Área de Ciências Exatas e da Terra – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_4042_4050.pdf

CHAVARRIA, J. O mosaico. Espanha: Estampa, 1998. (Colecao Artes e Oficios)

COLLEPARD, M. i, Admixtures used to enhance placing characteristics of concrete, Cem. Concr. Comp. 20, 2-3(1998) 103-112.

CHANDRA S., Björnström J., Influence of cement and superplasticizer type and dosage on the fluidity of cement mortars – part I, Cem. Concr. Res. 32, 10 (2002) 1605-1611.

CHANDRA S., Björnström J., Influence of cement and superplasticizer type and dosage on the slump loss of Portland cement mortars – part II, Cem. Concr. Res. 32, 10 (2002) 1613-1619. [24] D. Bonen, S. L. Sarkar, The superplasticizer adsorption capacity of cement pastes, pore solution composition, and parameters affecting flow loss, Cem. Concr. Res. 25, 7 (1995) 1423-1434.

CHAVES, Larissa Patron A RELAÇÃO ENTRE HISTÓRIA E HISTÓRIA DA ARTE NA LEITURA ICONOGRÁFICA DA ANUNCIAÇÃO. <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Arte/article/viewFile/3000/2579>

COIMBRA, M,A, W. N. dos Santos, M. R. Morelli, Recuperação de resíduos inorgânicos para a construção civil

DAVIDOVTS, José Química Geopolimérico e Aplicações . Saint Quentin, França: Instituto geopolimérico - (2008).

DESIR J. J., J. Alexandre, A. M. Castro, "Estudo da atividade pozolânica da metacaulinita", Anais do 45º Congresso Brasileiro Cerâmica Florianópolis, SC (2001).

DOCZI, G, O poder dos limites- harmonias e proporcoes na natureza, arte e arquitetura. 1. Ed. Sao Paulo- Mercuryo, 1990

DUNBABIN, Katherine. Mosaics of the Greek and Roman world. Cambridge University Press, 1999. p. 5

DUVAL, R. Kadri, E. H., Influence of silica fume on the workability and the compressive strength of highperformance concretes, *Cem. Concr. Res.* 28, 4 (1998)

DUREKOVIC, A., Cement pastes of low water to solid ratio: an investigation of the porosity characteristics under the influence of a superplasticizer and silica fume, *Cem. Concr. Res.* 25, 2 (1995) 365-375.

Enciclopédia Barsa. Companhia Melhoramentos São Paulo -SP 1982.

Enciclopedia Delta Larouse – Editora Delta – Rio de Janeiro – RJ 1964

ERDOGDU, S., Compatibility of superplasticizers with cements different in composition, *Cem. Concr. Res.* 30, 5 (2000) 767-773. [17] K. C. Hover, Concrete mixture proportioning with waterreducing admixtures to enhance durability: a quantitative model, *Cem. Concr. Comp.* 20, 2-3 (1998) 113-119.

FAGURY, S.C. (2002) Concretos e pastas de elevado desempenho- Contribuicao aos estudos de reparos estruturais e ligações entre concretos novos e velhos, com tratamento de zona de interface, São Carlos. Dissertacao de mestrado – Interunidades de Engenharia dos materiais, EESC/IQSC/IFSC-Universidade de São Paulo.

FLATT, R. J., Bowen P., Electrostatic repulsion between particles in cement suspensions: domain of validity of linearized Poisson-Boltzmann equation for nonideal electrolytes, *Cem. Concr. Res.* 33, 6 (2003) 781-791.

FLATT, R. J., Dispersion forces in cement suspensions, *Cem. Concr. Res.* 34, 3 (2004) 399-408.

FERRARIS, C. F. Obla, K. H. Hill, R., The influence of mineral admixtures on the rheology of cement paste and concrete, *Cem. Concr. Res.* 31, 2 (2001) 245-255.

GALLIAS J. L. Kara-Ali, R. Bigas, J. P., The effect of fine mineral admixtures on water requirement of cement pastes, *Cem. Concr. Res.* 30, 10 (2000) 1543-1549.

GAMELAS, J.; Ferraz, E.; Rocha, F. (2014). "An insight into the surface properties of calcined kaolinitic clays: the grinding effect". *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 455: 49–57. [doi:10.1016/j.colsurfa.2014.04.038](https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.04.038).

GRADIVA; A Mente Virtual; 1997; [ISBN 9726625793](https://www.isbn.org/9789726625793)

GALOPIM DE CARVALHO, A.M., Introdução ao estudo dos minerais, Âncora Editora, Lisboa, 2002

GROVES, A.W., Gypsum and anhydrite, Her majesty's stationery office, Londres, 195

GONZALES - Novelles Farrús, Natàlia. Escola Universitaria Politècnica de Barcelona (ed.): «[El mosaic hidràulic i la casa Orsola Solà i cia](#)» (en catalán). Consultado el 13 de mayo de 2012

GULLAR, Ferreira, Argumentacao contra a morte da arte , Editora Revan, Sao Paulo, 1993

HARVEY, David. A condição pós moderna- Edições Loiola- São Paulo- Brasil – 1993

HELENE, P. R. L. Concreto de elevado desempenho: O material para construção das obras nos anos 2000. CD-ROM: Concreto de Alto Desempenho, versão 1.0 Produzido por NUTAU/USP. 1997

HASSAN, K. E. Cabrera, J. G. Maliehe, R. S., The effect of mineral admixtures on the properties of high-performance concrete, *Cem. Concr. Comp.* 22, 4 (2000) 267-271.

HANHARA, S., Yamada K., Interaction between cement and chemical admixture from the point of cement hydration, absorption behavior of admixture, and paste rheology, *Cem. Concr. Res.* 29, 8 (1999) 1159-1165.

HU C., F. Larrard de, The rheology of fresh highperformance concrete, *Cem. Concr. Res.* 26, 2 (1996) 283-294.

HAWKING, Stephen, A Natureza do Espaço e do Tempo ; 1997; Papirus; ISBN 8530804651

HAWKING, Stephen, O universo numa casca de noz ; 1997

HELENE, P. R. L. TERZIAN, P. (1992) . Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo. Pini, 349

HEINS O. Lamprecht: Opus caementitium. Bautechnik der Römer. Bau und Technik, 5. Aufl. 2001, ISBN 3-7640-0350-2.

HEINS, O. Lamprecht: Bauwerke aus römischem Beton. Herausgegeben anlässlich der Dauerausstellung „Opus Caementitium - Römische Baustoffe“ im Römisch-Germanischen Museum, Düsseldorf, Beton-Verlag, 1987.

2000 Jahre alter Beton, Süddeutsche.de, 16. Dezember 2014

HERNANDES, Navarro, Mario Arturo. Barcelona Tile Designs. The Pepin Press (Agile Rabbit Editions). ISBN 90-5768-073-4.

JAMESON, Fredric : O fim da temporalidade ArtCultura, Uberlândia, v. 13, n. 22, p. 187-206, jan.-jun. 2011

JOLICOEUR C. Simard, M.-A., Chemical admixture-cement interactions: phenomenology and physico-chemical concepts, *Cem. Concr. Comp.* 20, 2-3 (1998) 87-101.

JANSON, H. W. História geral da arte: o mundo antigo e a idade média. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

JAUME, Rossell i Joan Ramón Rossell. "El mosaic hidràulic. 1895". Col·legi oficial d'Aparelladors i Arquitectes tècnics de Barcelona.

JIANG, S., Kim B.-G., Aïtcin P.-C., Importance of adequate soluble alkali content to ensure cement/superplasticizer compatibility, *Cem. Concr. Res.* 29, 1 (1999) 71-78.

KAUPPI A., Andersson K. M., Bergström L., Probing the effect of superplasticizer adsorption on the surface forces using the colloidal probe AFM technique, *Cem. Concr. Res.* 35, 1 (2005) 133-140.

KREPELT F. Weibel, M. Zampini, D. Romer, M., Influence of solution chemistry on the hydration of polished clinker surfaces – a study of different types of polycarboxylic acidbased admixtures, *Cem. Concr. Res.* 32, 2 (2002) 187-198.

KLUG, S.U. Catedral de Chartres – a geometria sagrada do cosmos. 1. Ed. São Paulo- Madras , 2002

LARRARD, F. de, Ultrafine particles for the making of very high strength concretes, *Cem. Concr. Res.* 19, 2 (1989) 161-172.

LARRARD, F. de, Sedran T., Optimization of ultra-highperformance concrete by the use of a packing model, *Cem. Concr. Res.* 24, 6 (1994) 997-1009.

LARRARD, F. de, Bosc F. Catherine, C., F. Deflorenne, The AFREM method for the mix-design of high performance concrete, *Mater. Struc.* 30, 7 (1997) 439-446.

LAWRENCE, P. Cyr, M. Ringot, E., Mineral admixtures in mortars: effect of inert materials on short-term hydration, *Cem. Concr. Res.* 33, 12 (2003) 1939-1947.

LILKOV V. Dimitrova, E. Gaidardzhiev, S., Microscopic and laser granulometric analyses of hydrating cement suspensions, *Cem. Concr. Res.* 29, 1 (1999) 3-8.

533547.

LANGE, F. Mörtel, H. Rudert, V., Dense packing of cement pastes and resulting consequences on mortar properties, *Cem. Concr. Res.* 27, 10 (1997) 1481-1488.

LACERDA, C.S (2005) Estudo da influencia da substituição de cimento Portland por metacaulim em concretos. São Paulo. Dissertacao de mestrado- Escola Politecnica, Universidade de São Paulo.

LAWLOR, Robert. Geometria Sagrada. Editora Del Prado – 1964

MALDONADO, Tomás. Design industrial. [S.l.]: Edições 70, 2006.

MEDEIROS, F, CAPPI, T. PALHAIS, M (2003) Ladrilhos Hidráulicos nasce um clássico, *Revista Casa e Jardim*. N 578. São Paulo. Globo , mar . 3003

MC CANN, A.M. (1994). The Roman Port of Cosa, (273 BC), *Scientific American*, Ancient Cities, pp. 92–99, by Anna Marguerite McCann. Covers, hydraulic concrete, of "Pozzolana mortar" and the 5 piers, of the Cosa harbor, the Lighthouse on pier 5, diagrams, and photographs. Height of Port city: 100 BC.

TIBURI, Marcia. Arte Contemporânea: sobre nossa dificuldade de pensar e fazer
<http://revistacult.uol.com.br/home/2012/12/arte-contemporanea-sobre-nossa-dificuldade-de-pensar-e-fazer/>

MASSOD, I., Agarwal S. K., Effect of various superplasticizers on rheological properties of cement paste and mortars, *Cem. Concr. Res.* 24, 2 (1994) 291-302.

MEHTA, P. K e P. J. M. Monteiro, Concreto: estrutura, propriedade e materiais, Ed. Pini, São Paulo, 1994.

MORA, Paolo; Mora, Laura; Philippot, Paul (1984). Conservation of Wall Paintings. Butterworths. pp. 34–54. ISBN 0-408-10812-6.

- MORRIS, Charles. Fundamentos da Teoria dos Signos - <http://www.bocc.ubi.pt/~fidalgo/semiotica/morris-charles-fundamentos-teoria-signos.pdf>
- NAKAGIMA, Y., Yamada K., The effect of the kind of calcium sulfate in cements on the dispersing ability of poly β -naphthalene sulfonate condensate superplasticizer, Cem. Concr. Res. 34, 5 (2004) 839-844.
- NEVILLE, A. M., Propriedades do concreto, 2ª Ed., PINI, S. Paulo (1997).
- NEHDI M. Mindess, S., P.-C. Aïtcin, Rheology of highperformance concrete: effect of ultrafine particles, Cem. Concr. Res. 28, 5 (1998) 687-697.
- NEVILLE, M. Properties of concrete, Pitman Publishing, London (1975).
- OLIVEIRA, I.R. ET AL.(2000) Dispersão e empacotamento de partículas> Princípios e aplicação em processamento cerâmico. São Paulo – Fazendo Arte Editorial. 195 p.
- OLIVEIRA, I. R. de, Studart A. R., Pileggi R. G., Pandolfelli V. C., Dispersão e empacotamento de partículas – princípios e aplicações em processamento cerâmico, Fazendo Arte Editorial, S. Paulo, SP (2000). [2] Richard P., Cheyrezy M., Composition of reactive powder concretes, Cem. Concr. Res. 25, 7 (1995) 1501-1511.
- PENROSE, Roger, A Mente Nova do Rei- computadores, mentes e as leis da física. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- PENNIK, Nigel. Sagrada Geometria. ED.. Pensamento. 1987
- PIERRE, C. A. Concreto de Alto Desempenho Editora: PINI - Edição: 1ª edição. São Paulo/SP – 2000
- PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO.
Conheça as regras para arrumar sua calçada. São Paulo, 2005.
- ROSSI. L. , J.P. Mena-Chalco (01/05/2014). Projeto de Genealogia dos Matemáticos - Uma descrição dos dados registrados no período de 1363 à 2013 Relatório técnico. Página visitada em 07/06/2014.
- PILLEGRÍ R. G., Efeito da distribuição granulométrica sobre o comportamento reológico de concretos refratários, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de S. Carlos, S. Carlos, SP (1996).
- PRINCE W., Lajnef M. Edwards-, Aïtcin P.-C., Interaction between ettringite and a polynaphthalene sulfonate superplasticizer in a cementitious paste, Cem. Concr. Res. 32, 1 (2002) 79-85.
- SANTANA, João Romano de; Desconstruir Duchamp, Vieira e lent, 2003
- STROEVEN. P. Stroeven, M., SPACE system for simulation of aggregated matter application to cement hydration, Cem. Concr. Res. 29, 8 (1999) 1299-1304.
- STROEVEN. P. Stroeven, M., Assessment of packing characteristics by computer simulation, Cem. Concr. Res. 29, 8 (1999) 1201-1206.
- SCRIVENER, K. L. Kirkpatrick, R. J., Innovation in use and research on cementitious material, Cem. Concr. Res. 38, 2 (2008) 128-136. (Rec. 19/01/2008, Rev. 09/04/2008, Ac. 11/04/2008)
- SARI, M. Prat, E., J.-F. Labastire, High strength selfcompacting concrete: original solutions associating organic and inorganic admixtures, Cem. Concr. Res. 29, 6 (1999) 813-818.

SICHIERI, Eduvaldo, PABLOS, javier - O sistema Revestimento Cerâmico - Depto. De Arquitetura e Urbanismo – USP – São Carlos – SP- Grupo de Pesquisa Arq TeMa – Brasil - 2010
TUTIKIAN, B. F., MOLIN, Denise Carpena - Concreto Auto-adensável Editora: PINI – 2008

UCHIKAWA, H., Hanehara S., Sawaki D., The role of steric repulsive force in the dispersion of cement particles in fresh paste prepared with organic admixture, Cem. Concr. Res. 27, 1 (1997) 37-50.

WARD, Gerald W. R., ed. (2008). The Grove Encyclopedia of Materials and Techniques in Art. Oxford University Press. pp. 223–5. ISBN 978-0-19-531391-8.

TIAGO Bandeira Duarte (1); Marcelo Pecchio (2); Yushiro Kihara (3). (1) CPRM/SBG; (2) ABCP; (3) ABCP E USP - UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIAS SIDERÚRGICAS PARA A PRODUÇÃO DE CLÍNQUERES ECOLÓGICOS DE CIMENTO PORTLAND

TUMOLO, Paulo Sergio. Trabalho, vida social e capital na virada do milênio: apontamentos de interpretação - - Educ. Soc. vol.24 no.82 Campinas - Abril. 2003 -

VARGAS, Milton. História da Técnica e da Tecnologia no Brasil. SP, Unesp, CEETEPS, 1994

VANDERLEI, R. D., Análise experimental do concreto de pós reativos: dosagem e propriedades mecânicas, Tese Doutorado em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de S. Carlos, Universidade de S. Paulo, S. Carlos, SP (2004).

VELDE, Bruce; Alain Meunier. The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks - Springer, 2008.

YAMADA, K., Takahashi T., Hanehara S., Matsuhisa M., Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplasticizer, Cem. Concr. Res. 30, 2 (2000) 197-207.
[11] T. M. Vickers Jr., S. A. Farrington, J. R. Bury, L. E. Brower, Influence of dispersant structure and mixing speed on concrete slump retention, Cem. Concr. Res. 35, 10 (2005) 1882-1890.

YOUSUF, M., Mollah A., Palta P., Hess T. R., Vempati R. K., Cocke D. L., Chemical and physical effects of sodium lignosulfonate superplasticizer in the hydration of Portland cement and solidification/stabilization consequences, Cem. Concr. Res. 25, 3 (1995) 671-682.

YOSHIHARA, K., Tazawa E.-I. Kawa, K. Enohata i, T., Adsorption characteristics of superplasticizers on cement component minerals, Cem. Concr. Res. 32, 10 (2002)

ZAMPIERI, Valdir Aparecido, Cimento Portland aditivado com pozolanas de argilas calcinadas: fabricação, hidratação e desempenho mecânico, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

ZHANG, C., A. Wang, M. Tang, X. Liu, The filling role of pozzolanic material, Cem. Concr. Res. 26, 6 (1996) 943-947.

22 - Referências de imagens:

- Imagem: 2.1 e 2.2** - Ladrilhos Hidráulicos –
Fonte- Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 47, p. 53-74, 2008
- Imagem: 2.3** Forma metálica para ladrilho hidráulico
Fonte- <http://casa.abril.com.br/materia/ladrilho-hidraulico-exposicao-mostra-a-criacao-de-ladrilhos-hidraulicos>
- Imagem: 2.4** -Propaganda da fábrica “Orsola, i Solà cia” em 1894 na revista The Ilustración Española y Americana.
- Imagem: 2.5** - Ladrilho de Alexandre de Riquer, Barcelona
- Imagem: 2.6** - Ladrilho de Domenechi Montaner
- Imagem: 2.7 - 2.8 - 2.9** - Ladrilhos de Domenechi Montaner - Fonte-
<http://www.escofet.com/pages/museo/museo.aspx?Mas=true>
- Imagem: 2.10** - Pavimento hidráulico desenhado por Gaudí e colocado no “ Paseo de Gracia de Barcelona” **Imagem Imagem: 2.11** - Pavimento hidráulico desenhado por Gaudí e colocado no “ Paseo de Gracia de Barcelona”.
- Imagem 2.12** - Pavimento hidráulico desenhado por Gaudí e colocado no “ Paseo de Gracia de Barcelona”.
fonte - <http://www.escofet.com/pages/museo/museo.aspx?Mas=true>
- Imagem: 2.13** - Pavimento hidráulico formado por pequenas lajotas de cor sólida - Casa Burés (Barcelona) - fonte -
<http://www.escofet.com/pages/museo/museo.aspx?Mas=true>
- Imagem: 3.1** - Escola de Atenas – Rafael – Vaticano - sec XVI
- Imagem: 3.2** - idealismo-de-platao que aponta para céu – em oposição ao -materialismo de-aristoteles que aponta para a terra/ -
Fonte: <https://aliancaciada.wordpress.com/2012/08/>
- Imagem: 4.2.1 – 4.2.2 – 4.2.3** Padrões e Espirais pré-históricas em Newgrange - Irlanda Fonte: <http://www.newgrange.eu/tri-spiral.htm>
- Imagem: 4.2.4 – 4.2.5 – 4.2.6** Ladrilhos Hidráulicos atuais
- Imagem: 4.2.7 – 4.2.8 – 4.2.9** - Babilônia 1500ac - fonte: <http://platea.pntic.mec.es/~aperez4/html/babiegipt/babiegipto.html>
05/10/201
- Imagem: 4.2.10 – 4.2.11** - Mosaico de pedra em Uruk – antiga Sumeria (mesopotamia) – atual Iraque – +- 2000 a.c - Fonte:
<https://www.studyblue.com/notes/note/n/art-history-335-test-1/deck/12172265> - 06/2015
- Imagem: 4.2.12** - Piso em Mosaico de pedras em Delos – Grecia – sec. VII a.c.
Fonte: <http://pt.depositphotos.com/43849947/stock-photo-mosaic-in-delosgreece.html> - 06/2015
- Imagem: 4.2.13** - Piso em Mosaico de pedras romano na Turquia – sec IV a.c.
Fonte: <http://hypescience.com/mosaicos-de-2-000-anos-de-idade-sao-descobertos-na-turquia-antes-de-serem-perdidos-em-inundacao/>
- Imagem: 4.2.14 – 4.2.15** - Piso em mosaico cerâmico da Alhambra – Arte muçulmana na Espanha
Fonte: <http://www.alfurcan.pt/index.php/palacio-de-alhambra/18-arte-islamica/arquitectura> - 03/2015
- Imagem: 4.2.16 – 4.2.17** - Piso em mosaico de mármore e granito - Catedral medieval de siena
Fonte: <http://viagem.uol.com.br/noticias/ansa/2014/07/08/mosaico-do-piso-da-catedral-de-siena-podera-ser-visto-a-partir-de-agosto.htm>
- Imagem: 4.2.18 – 4.2.19** - Piso de mármore e granito da Basílica renascentista – barroca de São Pedro Roma – sec. XVI - Fonte:
http://www.tripadvisor.com/LocationPhotoDirectLink-g187793-d631111-i49627168-St_Peter_s_Basilica-Vatican_City_Lazio.html
- 03/2015
- Imagem 4.2.20** - Piso de madeira incrustada da Sala do Gabinete italiano no Museu neoclássico Hermitage
Fonte: <http://www.asergeev.com/pictures/archives/compress/2009/758/10.htm> - 04/2015
- Imagem: 4.2.21-** padrões em Verulanium
- Imagem: 4.2.22-** padrões nos Mosaico mourisco
- Imagem: 4.2.23-** padrões em machetaria em madeira
- Imagem: 4.2.24-** Padroes em tapeçaria persa
- Imagem: 4.2.25-** padrões em vitrais góticos
- Imagem: 4.2.26-** padroess em azulejos portugueses
- Imagem: 4.2.27** - “Cartão” - Esquema geométrico dos Tapetes Persas
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Tapete_persa - 06/2015
- Imagem: 4.2.28** – Piso “ tapete” de Ladrilhos Hidráulicos do Palácio Guanabara - Rio de Janeiro – Brasil – 1853
Fonte: <http://vidrado.com/loja/blog/noticias/arquitetura-e-engenharia/palacio-guanabara-ganha-piso-de-vidro-e-revela-tesouros-historicos/#.VjCdhX6rSM8> – 06/2015
- Imagens: 4.3.1** Padronagens de lagrilhos hidráulicos - fonte: www.ladrilar.com.br – em 06/10/2014
- Imagens: 4.3.2** - Padronagens de lagrilhos hidráulicos - fonte: www.ladrilar.com.br – em 06/10/2014 fonte -
<http://www.ladrilhosartesanais.com.br/> -1/10/2014
- Imagem: 4.3.3** - Ladrilhos Hidráulicos Contínuos fonte – www.ladrilar.com.br - 05/10/2014
- Imagem: 4.3.4** - faixas e cantoneiras – fonte: www.ladrilar.com.br Disponível em 05/10/2014
- Imagem: 4.3.5** - faixas e cantoneiras – fonte: www.ladrilar.com.br Disponível em 05/10/2014
- Imagem: 4.3.6** - fonte www.ladrilar.com.br - Disponível em 05/10/2014
- Imagem: 4.3.7 e 4.3.8** - Ladrilho hidráulicos com relevos - fonte www.ladrilar.com.br - em 05/10/2014
- Imagem: 4.5.1** - “Vesica piscis” - Fonte: Robert Lawlor – Geometria Sagrada - Editora Delprado
- Imagem: 4.5.2** - Geração de polígonos regulares – Triângulo – Quadrado – Pentágono – Hexágono – Heptágono – Octógono – Eneágono – Decágono- etc...
- Imagem: 4.5.3** - polígonos regulares - “ Fonte: Robert Lawlor – Geometria Sagrada - Editora Delprado
- Imagem: 4.5.4- 4.5.5** - Ad quadratum e Ad triangulum “ - Fonte: Robert Lawlor – Geometria Sagrada - Editora Delprado
- Imagem : 4.5.6** - Piso da Catedral de Amiens - França
Fonte: <http://medievalarchitecturalgeometry.com/The%20Tradition%20of%20sacramental%20geometry.htm> -08/02/014
- Imagem: 4.5.7** - Caedral de Florença - Italia
Fonte: <http://medievalarchitecturalgeometry.com/The%20Tradition%20of%20sacramental%20geometry.htm> -08/02/014
- Imagem: 4.6.1** - Pedra gravadas em Knowth e Newgrange, desenhos de por Martin Brennan
Fonte: http://www.bradshawfoundation.com/ancient_symbols_in_rock_art/index.php - 02/07/2014

Imagem: 4.6.2 - Motivos megalíticos irlandeses (esquerda) - Alucinações (à direita)
Fonte http://www.bradshawfoundation.com/ancient_symbols_in_rock_art/index.php

Imagem: 4.7.1 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.2 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.3 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.4 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.5 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.6 - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.7 - Simetria por rotação com centro equidistante produzida com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.8 - Simetria do Ladrilho - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.9 - Simetria a partir do triângulo - produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.10 - simetria do Exágono a partir do triângulo retângulo produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.11 - Plano fechado a partir do exágono produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.7.12 - Plano aberto a partir do exágono produzida pelo autor com o programa de computador Sketchup 8

Imagens: 4.8.1 – 4.8.2 – 4.8.3 – 4.8.4 – 4.8.5 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

Imagens: 4.8.3.1 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

Imagens: 4.8.4.1 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

Imagens: 4.8.5.1 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

Imagem: 4.8.6.1 - Alhambra – Espanha – sec. XV

Imagem: 4.8.6.3 - `Passarinho Nazari` Alhambra – Espanha – sec. XV

Imagens: 4.8.6.4 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

Imagem: 4.8.9.1 - Mosaico em Alhambra – Espanha – sec. XV

Imagens: 4.8.9.1 - Fonte: Roy Nelson - <https://www.youtube.com/watch?v=SQtE3-Rz5x8> – 15/10/2014

Imagem: 4.9.1 - Auto retrato de Heschel com esfera

Imagem: 4.9.2 - Retrato de Roger Penrose

Imagens: - 4.9.3, 4.9.4 - Obras de Heschel com temática relativa aos estudos geométricos de Penrose
Fonte: <http://www.worldofeschel.com/misc/penrose.html> - 15/10/2014

Imagem: 4.9.2.1 - Pavimentação Penrose - Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.2 - Pavimentação Penrose regular linear com simetria rígida - Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.3 - Pavimentação Penrose não linear - Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.4 - Pavimentação Penrose não linear aperiódica – método Conway- dois módulos matriz
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.5 - Pavimentação Penrose não linear aperiódica – dois módulos matriz
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.6 - Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.7 - Pavimento Penrose –periódico - Linear
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.8 - Pavimento Penrose – Aperiódico - Não Linear
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.2.10 - Pavimento Penrose – Aperiódico - Não Linear - método Conway
Fonte: Imagem produzida pelo autor com o programa Sketchup 8

Imagem: 4.9.3.1 - Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador com o programa de computador Sketchup 8

Imagem: 4.9.3.2 - Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador com o programa de computador Sketchup 8

Imagens: 5.1.1 – 5.1.2 - *Cenas em mosaico - Grécia clássica* - fonte: <http://www.artesmagazine.com/2013/04/editors-->

Imagem: 5.1.3 – 5.1.4 - Mosaico do século 6, na Igreja de São Apolinário, em Ravena, Itália
Fonte - <http://aeromagnamg.wordpress.com/2012/03/12/uma-breve-historia-do-mosaico/12/10/2014>

Imagem: 5.1.5 - 5.1.6 - fonte- <http://en.wikipedia.org/wiki/Mosaic> - 10/10/2014

Imagem: 5.1.7 - Mosaico – Basílica de São Pedro Itália - Detalhe do mosaico ao lado
Fonte-<http://en.wikipedia.org/wiki/Mosaic#mediaviewer/File:St.peters.basilica.tesserae.arp.jpg>

Imagem: 5.2.5 - Afresco do século V a.C., Paestum, antiga colônia grega da Magna Grécia, no sul da Itália
Fonte: <http://www.galanto.com.br/monicablog/?p=1397> - em 08/10/2014

Imagem: 5.2.6, 5.2.7 - Villa dei Misteri - Pompeia (século 1 aC) - Fonte: <http://enfaseemhistoriadaarte.wordpress.com/2013/03/22/aula-2-o-afresco-continuacao/> em 10/10/2014

Imagem: 5.2.8, 5.2.9 - Igrejas de Goreme século X E XI dc, Capadócia – Turquia - Fonte: <http://goremotours.com/about-turkey/6/Cappadocia/Goreme-museu-a-c%C3%A9u-aberto.html>

Imagem: 5.2.10 - Sigiriya, Sri Lanka. c. 477 -495 dC

Imagem: 5.2.11 - cavernas de Ajanta Império Gupta, século 6 dC -Fonte: <https://www.srilankaholidaytravel.com/sigiriya--dambulla---village-tour.html> Fonte: <http://pt.slideshare.net/mspnet/as-cavernas-de-ajanta-ndia>

Imagem: 5.2.11 - cavernas de Ajanta Império Gupta, século 6 dC -Fonte - Fonte: <http://pt.slideshare.net/mspnet/as-cavernas-de-ajanta-ndia>

Imagem: 5.2.10 - Sigiriya, Sri Lanka. c. 477 -495 dC - dC -Fonte: <https://www.srilankaholidaytravel.com/sigiriya--dambulla---village-tour.html>

Imagem: 5.2.12, 5.2.13 - Afresco na Igreja do Mosteiro de São Moisés, o Abissínio na Síria
Fonte: http://www.snpcultura.org/tvb_deir_mar_musa.html - 10/10/2014

Imagem: 5.2.14, 5.2.15 - Igreja do Cristo Pantocrator de Sant Climent de Taüll, Barcelona.
Fonte: <http://www.romanicocatalan.com/02a-Lleida/Ribagorça/Taüll-SantCliment/Taüll-SantCliment01.htm>

Imagem: 5.2.16, 5.2.17 - Capela degli Scrovegni pintada por Giotto (1305), usando a técnica do afresco.
Fonte: <http://italiasecreta.blogspot.com.br/2015/06/a-capela-degli-scrovegni.html-10/08/2015>

Imagem: 5.2.18 - Capela Sistina – Michelangelo Buonarroti – Sec. XIV - Roma - Itália
<http://dasculturas.com/2013/02/06/capela-sistina/>

Imagem: 5.2.19 - Escola de Atenas - Rafael – Sec. XIV – Vaticano – Roma - Itália
Fonte: <http://enfaseemhistoriadaarte.wordpress.com/2013/03/22/aula-2-o-afresco-continuacao/em-10/10/2014>

Imagem: 5.2.20 - Qasr Amra, palácio dos Omiadas – Jordania séc. VIII
Fonte: <http://www.molon.de/galleries/Jordan/Castles/Amra/img.php?pic=19>

Imagem: 5.2.21 - A fabricação de um Afresco, de uma cidade. San Francisco Art Institute – a direita detalhe
Fonte: <http://farandwise.com/rivera2/> em 10/10/2014

Imagem: 5.2.22 - Le Corbusier pintando afresco, nu na Villa E-1027 de Eileen Gray Verão 1939
<http://arquis.blogspot.com.br/2011/06/e1027-e-le-corbusier-historia-de-uma.html>

Imagem: 5.2.1.1 – Camadas de um afresco - Imagem produzida em computador pelo autor da dissertação.

Imagem: 5.2.2 - Aplicação do Ariccio - Fonte <http://tecnicasantulietal.blogspot.com.br/2012/05/16042012.html>

Imagem: 5.2.3 - O “Intonaco” Fonte: <http://www.rifaidate.it/pareti-solai/pittura/affresco.asp-10/03/2015>

Imagem: 5.2.4 - O “Enlucido” Fonte: <http://www.rifaidate.it/pareti-solai/pittura/affresco.asp-10/03/2015>

Imagem: 5.2.5 - Ilustração das etapas da execução de um afresco - Intonaco – cartão - espóvo - pintura
fonte - <http://arteimmaginecossato.altervista.org/nuovosito/tecnica-dellaffresco/>

Imagem: 5.2.6 - O cartão — fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp>

Imagens: 5.2.7 - O Espóvo – fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp>

Imagem: 5.2.8 - Aplicação do ariccio - fonte <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp> -10/2014

Imagem: 5.2.9 - Aplicação do intonaco- fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp>

Imagem: 5.2.10.1 - Aplicação sucessivas e por partes do “intonaco” e da pintura
fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp> - 2014

Imagem: 5.2.10.2 - Pintura concluída - fonte: <http://www.italianfrescoes.com/aboutus.asp> - 201

Imagem 5.3.1 – Murais da babilônia - fonte: http://www.designboom.com/history/tiles_history.html - 03/2014

Imagem: 5.3.2 - Fonte: A Handbook of Chinese Ceramics - Metropolitan Museum of Art - NY – USA

Imagem 5.3.3 – fonte: <https://br.pinterest.com/pin/498632989964288387/> - 02/2014

Imagem: 5.3.4 - Reação às importações - Convento de São Francisco (Salvador) - BA – mestres portugueses

Imagem: 5.3.5 - Igreja da «Madre de Deus», Lisboa, c. 1700. Willem van der Kloet foto: Nicolas Lemonnier

Imagem: 5.3.6 - Azulejos portugueses “GROTESCOS”
Fonte: http://www.ceramicaantiguareproducciones.com/portugues_archivos/pajaritos.jpg - 12/10/2014

Imagem: 5.3.6 – Fachadas de azulejo em Portugal - Século XIX - Fonte: <http://www.museudoazulejo.pt/> - 10/10/2014

Imagem: 5.3.7 - fachadas de azulejo no Brasil - Século XIX Fonte: <http://www.museudoazulejo.pt/> -10/10/2014

Imagem: 5.3.1.1 - “Mural do MES”

imagem: 5.3.1.2 – Mural do Instituto Moreira Salles

Imagem: 5.3.1.3 - Athos Bulcão

imagem: 5.3.1.4 – Artistas portugueses

Imagens: 5.3.3.1 - Etapas de produção do “azulejo português - Fonte: <http://santiagoatelier.blogspot.com.br/> - 02/10/2014

Imagens: 5.3.1.2 - Etapas de produção do “azulejo português - Fonte: <http://santiagoatelier.blogspot.com.br/> - 02/10/2014

Imagem: 5.3.4.1 - esmaltação do azulejo

Imagem: 5.3.4.2 - Forno cerâmico a lenha imagem 5.3.4.3 - Forno a gás imagem 5.3.4.4 - Forno cerâmico elétrico - Fonte: <http://santiagoatelier.blogspot.com.br/> - 02/10/2015 Imagem: 5.3.5 - Técnicas básicas de cerâmica esmaltada. Fonte: <http://cvc.instituto-camoes.pt/conhecer/exposicoes-virtuais/a-arte-do-azulejo-em-portugal.html>

Imagem: 5.4.1 - Sego Canyon Petroglyphs - Thompson Springs, Utah fonte: U.S. Geological Survey Geographic Names Information System: Thompson Springs – 10/06/2015

Imagem: 5.4.2 – Obra de Sarah Blacke- Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2p6c3KmN1MA> - 04/10/2015

Imagens: 5.4.3 – Cerâmica Marajoara- fonte <http://www.hak.com.br/blog/ceramica-marajoara-a-riqueza-do-artesanato-da-regiao-norte-do-brasil/>

Imagem: 5.4.4 - Palácio Nassi, Florença - Itália
Fonte: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/537397/sgraffito> - Disponível em 04/10/2014

Imagem: 5.4.5 - Cauchie House - França - Fonte: <http://aboutartnouveau.wordpress.com/2012/09/25/sgraffito/>

Imagens: 5.4.1 - Esgraffito autor Miguel Hachem, artista argentino, em Foz do Iguaçu – Brasil
Obra concluída em 2008 - fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=QA0la1wpeTk>

Imagem: 5.5 - Cimento Queimado – Técnica - Fonte: http://www.pigmax.com.br/comofazer_cimentoqueimado.php

Imagem: 5.5.1.1 – Santa Terezinha - Pintura direta sobre ladrilho com tinta de base cimentícia

Imagem: 5.5.1.2 – Helicônia - Pintura direta sobre ladrilho de cimento com tinta de base cimentícia

Imagem: 5.5.2 – Revestimentos cimentícios fabricados com moldes de borracha de silicone
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Fu3sfr37o-Y> - <https://www.youtube.com/watch?v=QD9xIDLl4mc> -05/9/15

Imagem: 5.6 – Calçamento com ladrilhos de concreto intertravado
<http://www.mvintertravados.com.br/index.php?pagina=nav/home>

Imagem: 5.6.1 - Esquema estrutural do ladrilho hidráulico
Fonte – Imagem produzida pelo autor desta pesquisa com o programa de computador Sketchp 8

Imagens: 5.7.1 - Pasta preparada com cimento branco e pigmentos minerais
Fonte: <http://www.ladrilhoshidraulicosrp.com.br/> - em 07/10/2014 -

Imagem: 5.7.2 - Moldes metálicos para ladrilhos hidráulicos
fonte: <http://blog.gerencialconstrutora.com.br/noticias/decoracao/ladrilhos-hidraulicos-o-que-sao>

Imagem: 5.7.3.1 - fonte: <http://tudojuntoemisturadopatv.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html> em 07/10/2014

Imagem: 5.7.3.2 - Artesão distribuindo as cores no molde metálico -
Fonte: <http://tudojuntoemisturadopatv.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

Imagem: 5.7.4 - Remoção cuidadosa do molde metálico
fonte: <http://tudojuntoemisturadopatv.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

Imagem: 5.7.5 - espalhamento de uma camada de aproximadamente 2mm de cimento em pó
fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html> em 07/10/2014

Imagem: 5.7.6 - Enchimento do restante do suporte de ferro
fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html> em

Imagem: 5.7.7 - Fechamento do suporte de ferro
fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

Imagem: 5.7.8 - prensagem manualmente
fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

Imagem: 5.7.9 - Secagem por 12 horas
fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

Imagem: 5.7.10 - imersão em água limpa
fonte: <http://tudojuntoemisturadopaty.blogspot.com.br/2011/11/ladrilhos-hidraulicos.html>

Imagem: 5.8.1 - Artesãos da Aldeia de Athangudi – Índia
Fonte: <https://www.facebook.com/776420789141927/videos/vb.776420789141927/841609362623069/?type=2&theater>

Imagem: 5.8.2 – Etapas do Processo direto de produção de Ladrilhos Hidráulicos da região de Athangudi – Índia
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=hwn-QbYR13o>

Imagem: 5.8.3 – Etapas do Processo direto de produção de Ladrilhos Hidráulicos da região de Athangudi – Índia
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=hwn-QbYR13o>

Imagem: 5.8.4 – Etapas do Processo direto de produção de Ladrilhos Hidráulicos da região de Athangudi – Índia
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=hwn-QbYR13o>

Imagem: 5.8.5 – Etapas do Processo direto de produção de Ladrilhos Hidráulicos da região de Athangudi – Índia
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=hwn-QbYR13o>

Imagem: 6 - Ladrilhos hidráulicos (CAD - auto adensáveis) após junção de argamassa em diferentes idades

Imagem: 7.2.1 - Caverna da Serra da Capivara, Estado do Piauí. 10000 AC

Imagem: 7.2.2 - Caverna da Serra da Construções de pedra no antigo Egito 3000 AC

Imagem: 7.2.3 - Caverna da Serra da Construções de pedra no antiga Grecia 500 AC

Imagem: 8.3.1 - A fabricação de cimento - <http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/fabricacao/fabricacao#.U1gpJvldWS0>

Imagem: 9.3.1 - produzida pelo mestrando

Imagem: 9.3.2 - produzida pelo mestrando

Imagem: 10.1.2.1 – processo de fabricação do cimento
fonte: <http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/JPauloGuimaraes.pdf> - Disponível em 30/06/2015

Imagem: 10.1.3 – Granulometria da sílica ativa
fonte: <http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/JPauloGuimaraes.pdf> - Disponível em 30/06/2015

Imagem: 10.1.4 – *efeito micro fililler da sílica ativa*
fonte: <http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/JPauloGuimaraes.pdf> - Disponível em 30/06/2015

Imagem: 11.1 - Endurecedores químicos de superfície de cimento

Imagens: 14.1.1 - Peneiragem manual do agregado 1 com peneiras comuns – fonte: foto feita pelo autor da pesquisa

Imagem: 14.1.2 - Peneiragem manual do agregado com peneiras comuns – fonte: foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagem: 15.1 - agregado 1 – areia média – foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagem: 15.2 - Agregado 2 – areia fina – foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagem: 15.3 - Agregado 3 - Pó de Mármore branco - foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagens: 15.1 - Granulometria dos agregados 1 e 2 (areia media e areia fina) – foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagens: 15.1.2 - Massa específica dos agregados 1 e 2 por meio do frasco de Chapmam (NBR 9776)
foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagens: 15.1.3 - Massa unitárias dos agregados 1 e 2 (areia media e areia fina)
Foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagens: 15.1.4 - Massa unitária da mistura dos agregados 1 e 2
Foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagens: 15.1.5.1 - Massa específica do pó de mármore branco
Foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagens: 15.1.6 - Massa unitária do pó de mármore branco
Foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagem: 15.1.7 - Granulometria do pó de mármore branco feita no laboratório do IAU – São Carlos – 05/09/2015
Foto de feita pelo autor da pesquisa

Imagem: 16.4 – Traços da argamassa e Slamp - Fonte: Fotos de autoria do autor desta pesquisa

Imagem: 18.1.1- Revestimentos hidráulicos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem: 18.1.2 - Revestimentos hidráulicos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem: 18.1.3 – Aplicação de Florssilicato de magnésio na superfície dos ladrilhos
Fonte: fotos realizadas pelo autor desta pesquisa

Imagem: 18.1.4 - Revestimentos hidráulicos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem: 18.1.5 - Fotografia realizada pelo autor da pesquisa

Imagem: 18.2 - Revestimento hidráulico desenvolvidos pelo autor da pesquisa - produzidas pelo autor desta pesquisa

Imagem: 18.3 – Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

Imagem: 18.4 – Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

Imagem: 18.5 – fonte: feitas pelo autor da pesquisa

Imagem: 18.6 – fonte: feitas pelo autor da pesquisa

Imagem: 18.7 – fonte: feitas pelo autor da pesquisa

Imagem: 18.8 – fonte: feitas pelo autor da pesquisa

Imagem: 19.1.2 - Ensaio de Resistência à compressão axial simples - produzida pelo autor desta pesquisa em 2015

Imagem: 19.2.1 - Teste de tração na flexão de ladrilhos com mais de um ano de idade, comprados no comércio de São Carlos – SP – Brasil – Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

Imagem: 19.2.2 - Ladrilhos Hidráulicos produzidos pelo autor da pesquisa com argamassa feita com cimento comum CP2, traço 1x3, sem aditivos e sem prensagem, com 28 dias de idade Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

Imagem: 19.2.3 - Teste de tração na flexão de ladrilhos produzidos pelo autor da pesquisa com argamassa auto adensável
– Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

Imagem: 19.3 – Estufa para aquecimento a 105° Celcius - Fonte: produzidas pelo autor desta pesquisa

Imagem: 23.1 a 23.42- Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Tabelas

Tabela 1 : Materiais de Construção – Araujo, Rodrigues & Freitas – UFRJ – 2002 -

Tabela 2 - Materiais de Construção – Araujo, Rodrigues & Freitas – UFRJ – 2002

Tabela 3 – Materiais de Construção – Araujo, Rodrigues & Freitas – UFRJ – 2002

Tabela 4 – Materiais de Construção – Araujo, Rodrigues & Freitas - UFRJ – 2002

Tabela 5 –*Desempenho mecânico da sílica ativa.*

fonte:<http://www.ibracon.org.br/eventos/56cbc/JPauloGuimaraes.pdf> - Disponível em 30/06/2015.....pag.121

Tabela 6 - Fonte - ESTUDO DO METACULIM PARA OBTENÇÃO E PRODUÇÃO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL (CAA) Vicentini, Akasaki e Melegati

Tabela 7 – Traço e fluidez da argamassa usada na pesquisa

23 - Anexos - Desenhos desenvolvidos pelo autor desta pesquisa, com o objetivo de criar murais artísticos com argamassa auto adensável.

Os desenhos são desenvolvidos em módulos matrizes desenhados a mão livre com tinta nanquim sobre papel , tendo como referência os estudos de geometria e simetria desenvolvidos no decorrer desta pesquisa:

- Simetria por translação - repetição simples
- Simetria por translação invertida - repetição invertida
- Simetria especular – (por espelhamento simples)
- Simetria especular – (por espelhamento duplo e inversão)
- Simetria especular – (por espelhamento duplo e dupla inversão)
- Simetria por rotação com centro equidistante

A partir dos desenhos dos módulos matrizes feitos a nanquim se passou para a digitalização das imagens, por meio de computação gráfica para facilitar o processo de criação da diversas possibilidades simétricas estudadas com o programa Corel Draw X3 (Photo Paint) .

A mescla de técnicas de desenho tradicionais feitos a mão livre, aliada aos recursos dos modernos computadores, demonstra que a interação entre arte e tecnologia permite ampliar ambas as disciplinas.

Dentre as técnicas de produção de revestimentos , feitos com argamassas auto adensáveis que foram desenvolvidos pelo autor desta pesquisa, a que mais se adequa ao aproveitamento desses desenhos é a técnica de inversão descrita no cap. 18 com a pintura “Dom Quixote”.

A técnica consistirá em desenvolver desenhos ampliados sobre papel que seriam colocados sobre vidro ou plástico transparente apoiados sobre um suporte rígido.

O desenho ficaria visível e permitiria que fosse usado como guia para a execução detalhada dos desenhos com tintas de base cimentícia.

Após a execução da pintura sobre o vidro emoldurado, executada com cimento colorido auto adensável, seria aplicada a argamassa consolidante e, após a secagem inicial seria feita a desmoldagem e sucessivos procedimentos de cura e tratamento da superfície conforme desenvolvidos durante a pesquisa.

**Variações sobre um mesmo tema:
Estudos sobre simetria**

**“Espiral Medieval”
(Projeto para mural em ladrilhos hidráulicos)**

**baseado em desenho a a nanquim
com tratamento digital**

Imagem 23.1 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.2 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Doze variações simétricas desenvolvidos a partir deste único desenho matriz.

Desenho matriz feito a nanquin

Imagem 23.3 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e inversão)
Imagem 23.4 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e inversão)
Imagem 23.5 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e inversão)
Imagem 23.6 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e inversão)
Imagem 23.7 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – por espelhamento duplo e inversão 4 centros equidistantes
Imagem 23.8 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e dupla inversão)
Imagem 23.9 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e dupla inversão)
Imagem 23.10 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e dupla inversão)
Imagem 23.11 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e dupla inversão)

Imagem 23.12 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo horizontal)

Simetria especular – (por espelhamento e rotação horizontal)

Imagem 23.13 , 23.14 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento e rotação vertical)

Simetria especular – (por espelhamento duplo vertical)

Imagem 23.15 , 23.16 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Variações sobre um mesmo tema 2

Imagem 23.17 - Desenho matriz feito com tinta nanquim

Simetria especular – (por espelhamento duplo e inversão)
Imagem 23.18 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – por espelhamento duplo e inversão 4 centros equidistantes
Imagem 23.19 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Simetria especular – (por espelhamento duplo e dupla inversão)
Imagem 23.20 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.21 - - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.22 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.23 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.24 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.25 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

**Para cada desenho a seguir
existem doze variáveis
simétricas possíveis como
demonstrado no desenho
"Espiral medieval"**

Imagem 23.26 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.27 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.28 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.29 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.30 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.31 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.32 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.33 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.34 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.35 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.36 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.37 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.38 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.39 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.40 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.41 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.42 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa

Imagem 23.43 - Desenhos desenvolvidos pelo autor da pesquisa