

EDNA BERONHEIRO SIGNORELLI TOLEDO

**MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO E RESÍDUOS DE POEIRA
DE JATEAMENTO (MICRO ESFERAS DE VIDRO) PARA PRODUZIR CERÂMICA
VERMELHA.**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre, Área de
concentração de Engenharia e Ciência dos
Materiais, do Setor de Tecnologia, da
Universidade Federal do Paraná,.

Orientador: Dr.Sc. Vsévolod Mymrine
Co-Orientador: Prof.Dr. Fernando Wypych

CURITIBA

2006

“Dedico este trabalho aos meus filhos
Carlos Augusto, Bruno Augusto,
Jessica Marina, Luiz Augusto e ao
Carlos meu companheiro guerreiro
que sempre esteve ao meu lado,
colaborando em todos os momentos
da minha vida.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a Deus que no seu infinito amor está sempre ao nosso lado, zelando pelo nosso progresso contínuo.

Aos meus pais Antenor e Luziana, e especialmente, à D^a. Terezinha e a querida Sirlei.

Ao Prof. Sérgio Renato Vaz pelo incentivo em todos os momentos e ao meu orientador Dr.Sc. Vsévolod Mymrine que sempre dividiu comigo seu conhecimento e experiência.

À coordenação, professores e funcionários do Programa Interdisciplinar de Pós Graduação em Engenharia/PIPE.

Ao Prof. Dr. Haroldo Araújo Pontes, pela cessão do Laboratório de Tecnologia Ambiental/LTA, possibilitando com isto o desenvolvimento dos ensaios.

Ao Prof. Ney Pereira Matoso Filho e aos técnicos do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura/MEV.

Ao Prof. Dr. José Manuel e aos técnicos do laboratório de Análises de Minerais e Rochas/LAMIR pela cordialidade, presteza e gentileza com que sempre me atenderam e pelas análises realizadas.

À prof^a. Karin Borsato e aos alunos Luiz Gustavo Capraro e Renato Calvanha Almeida do Laboratório de Ensaios - Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pelos ensaios de resistência a flexão desenvolvidos.

Em especial ao Prof. Carlos Ytsuo Yamamoto, Lílian Cristina Cocco e aos meus amigos do LCAUT e a todos os demais que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada a Todos.

MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO E RESÍDUOS DE POEIRA DE JATEAMENTO (MICRO ESFERAS DE VIDRO) PARA PRODUZIR CERÂMICA VERMELHA

RESUMO

O rigor da legislação atual sobre o gerenciamento de resíduos ao quais as empresas estão subordinadas, os requisitos rígidos que disciplinam os processos de armazenamento, transporte e disposição em aterros industriais, exigem a busca constante de alternativas tecnológicas para diminuir riscos ambientais e o ônus sobre o processo produtivo. Neste sentido, pesquisas têm sido desenvolvidas através de instituições de ensino, parcialmente financiadas pelas próprias indústrias geradoras ou suas associações, visando o aproveitamento parcial ou total de resíduos sólidos industriais em diversas áreas da atividade produtiva. Alguns dos aspectos vantajosos para a utilização de areia de fundição em fabricação de cerâmica vermelha são: a redução de custos com a disposição dos resíduos em aterros industriais; a economia de recursos naturais; e a preservação do meio ambiente. No presente trabalhos foram estudadas seis composições diferentes que alternam resíduos de poeira de jateamento (micro esferas de vidro), resíduos de areia de fundição e argila natural. Na composição dos experimentos combinou-se a variação de concentração de resíduos poeira de jateamento de 10% a 20%; de areia de fundição de 65% a 80%; e argila natural de 10% a 25%. A composição “F” possibilitou um novo tipo de cerâmica que foi desenvolvido e patentado, anexo 1, usando resíduos do processo industrial, que resultou da combinação de 65% da areia da fundição; 10% de micro esferas de vidro e adição de 25% de argila natural. Este novo material, obtido a partir de exposição a temperaturas que variam de 1180°C a 1230°C, mostrou alta resistência a flexão (até os 7 MPa) e baixos valores de absorção de água (2,43% a 3,75%). Todos os componentes e estruturas originais do produto final foram analisados por Fluorescência Raios X, Difração Raios X, Microscopia Eletrônica de Varredura, os quais certificam as propriedades alcançadas nesta cerâmica. Os baixos níveis de lixiviação e solubilização, aliados as propriedades mecânicas adequadas, permitem que esta cerâmica seja aplicada na manufatura de materiais (tijolos, telhas, telhas decorativas, lajotas, etc) para a construção civil.

Palavras-chaves: cerâmica vermelha, micro esfera de vidro, areia fundição, , resíduos industriais.

METHOD OF FOUNDRY SAND AND CLEANING DUST (MICRO SPHERES OF GLASS) UTILIZATION FOR RED CERAMIC PRODUCTION

ABSTRACT

The severity of the current legislation on the management model employed by companies, and the storage, transportation and disposal of these wastes in industrial dumps, have contributed to the search for alternatives based on technologies aimed at reducing the burden of the productive process. Researches have been developed at educational institutions, partially funded by the waste-generating companies themselves or by their associates, aiming at making partial or total use of solid industrial wastes from various areas of productive activity.

Some of the advantages of using foundry sand in the manufacture of red ceramics are the reduction of the cost of disposing of these residues in industrial dumps, the saving of natural resources, and the preservation of the environment.

In this experiment had been studied six different compositions alternating glass micro spheres (abrasive blasting residue), sand and natural clay, varying foundry sand ranging from 65 to 80%, glass micro sphere from 10 - 20% and natural clay from 10 - 25%. The composition "F" that it made possible the new type of ceramic was developed and patented using from industrial process – 65% of foundry sand and 10% glass micron spheres with the addition of natural clay. This new material, which was obtained at temperatures ranging from 1180°C to 1230°C, shows high ceramic flexural strength (up to the 7 MPa) and low values of water absorption (2.43 to the 3.75%). All the original components and structures of the final product were analyzed by X-ray Fluorescence, X-ray diffraction and Spectrophotometer Electron Microscopy, which explain the properties attained in these ceramics. Their low levels of leaching and solubilization and adequate mechanical properties allow these ceramics to be applied in the manufacture of bricks, decorative tiles, lajotas for the civil construction.

Key words: Red ceramics, glass micro spheres, foundry sand, wastes industrial

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos do trabalho	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivo Específico.....	16
1.2	Apresentação do trabalho	17
2.	TENDÊNCIAS MUNDIAIS E PRIORIDADE NA GESTÃO DOS RESÍDUOS.	18
2.1	Sustentabilidade.....	20
2.2	Ações positivas sob o contexto mundial.....	21
2.3	Áreas contaminadas <i>versus</i> passivos ambientais.....	23
2.4	Avanços da estrutura legal no Brasil.....	26
2.4.1	Avanços das regulamentações no Paraná.....	33
2.5	Identificação e quantificação dos resíduos.....	34
2.6	Degradação ambiental <i>versus</i> extração mineral.....	36
3.	ALTERNATIVAS DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS.....	38
3.1	Fabricação de cerâmica no Brasil.....	38
3.2	Resíduos industriais como alternativa de fabricação de cerâmicas.....	39
4.	RESÍDUOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO.....	43
4.1	Caracterização tecnológica do experimento.....	43
4.2	Matérias primas utilizadas.....	43
4.2.1	Argilas.....	43

4.2.2	Propriedades da argila natural.....	44
4.3	Resíduos utilizados nos experimentos.....	44
4.3.1	Jateamento com micro esferas de vidro.....	44
4.3.2	Areia de fundição.....	45
4.3.3.	O segmento da fundição no Brasil	46
4.3.4.	Definição de tecnologia de fundição.....	46
4.3.5	Resíduos de fundição - areias de fundição.....	47
4.3.6	Componentes de areia de fundição.....	47
5.	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	48
5.1	Critérios de amostragem dos materiais para o experimento.....	48
5.1.1	Resíduos de areia de fundição.....	48
5.1.2	Resíduos poeira de jateamento/ micro esferas de vidro.....	48
5.1.3	Argila natural.....	49
5.2	Classificação dos resíduos sólidos.....	49
5.3	Caracterização dos materiais utilizados no experimento.....	51
5.3.1	Análise química Fluorescência de Raios X.....	51
5.3.2	Análise mineralógica dos materiais - Difração de Raios X.....	52
5.4	Avaliação dos corpos de prova.....	52
5.4.1	Análise visual do aspecto superficial.....	53
5.4.2	Absorção de Água - AA.....	53
5.4.3	Massa Específica Aparente - MEA.....	54
5.4.4	Porosidade Aparente - PA.....	55
5.4.5	Variação Linear Dimensional - VLD.....	55
5.4.6	Módulo de Resistência a Flexão.-MRF.....	56
5.4.7	Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV.....	57
5.5	Preparação das composições para confecção dos corpos de prova.....	57
5.5.1	Confecção dos corpos de prova do experimento.....	58
5.5.2	Preparação e compactação dos materiais.....	59
5.5.3	Secagem e queima dos corpos de prova.....	60
6.	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	62

6.1	Classificação dos Resíduos Utilizados no Experimento.....	62
6.1.1	Classificação dos resíduos - areia de fundição.....	62
6.1.2	Classificação dos resíduos de poeira de jateamento (micro esfera de vidro).....	63
6.2.	Composição química Fluorescência Raios X - (FRX).....	64
6.3	Caracterização mineralógica Difração de Raios X - (DRX).....	65
6.3.1	Difratograma dos resíduos de areia de fundição.....	65
6.3.2	Difratograma dos resíduos de micro esfera de vidro (poeira de jateamento).....	66
6.3.3	Difratograma da argila Taguá.....	67
6.4	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	68
6.4.1	Micrografia dos resíduos de areia de fundição.....	68
6.4.2	Micrografia dos resíduos de micro esfera de vidro.....	69
6.4.3	Micrografia da argila Taguá.....	70
6.5	Avaliação dos corpos de prova após a queima.....	70
6.5.1	Análise visual do aspecto superficial.....	71
6.5.2	Representação gráfica das comparações entre as composições	72
6.5.2.1	Absorção de Águas - AA.....	72
6.5.2.2	Variação Linear Dimensional - VLD.....	73
6.5.2.3	Módulo de Resistência à Flexão - (MRF).....	74
6.5.2.4	Porosidade Aparente - (PA).....	75
6.5.2.5	Massa Específica Aparente - (MEA).....	76
6.5.3	Resultado em relação à temperatura e tempo de queima.....	77
6.5.3.1	Composição “A”	77
6.5.3.2	Composição “B”	78
6.5.3.3	Composição “C”	79
6.5.3.4	Composição “D”	80
6.5.3.5	Composição “E”	81
6.5.3.6	Composição “F”	82
6.5.4	Difratograma de Raios X da composição “F”	83
6.5.5	Caracterização química da composição “F”	84
6.5.6	Caracterização da microestrutura após a queima.....	86

6.5.7	Avaliação do impacto ambiental dos corpos de prova expostos ao meio ambiente.....	89
7.	CONCLUSÕES.....	91
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS - RECOMENDAÇÕES.....	94
	REFERÊNCIAS.....	96
	ANEXO I - Resultados em Relação à Temperatura e Tempo de Queima.....	106
	ANEXO II - Registro de Patente	109

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Tendência de crescimento populacional	18
Figura 2	Áreas contaminadas cadastradas em São Paulo	24
Figura 3	Áreas contaminadas por atividade	24
Figura 4.1	Quantidade de fundidos por região do Brasil	46
Figura 5.1	Medições da variação linear dimensional	56
Figura 5.2	Equipamento para medição do módulo de resistência à flexão.....	56
Figura 5.3	Moinho de carbeto de tungstênio.....	58
Figura 5.4	Componentes do experimento: areia de fundição, poeira de jateamento e argila Taguá.....	58
Figura 5.5	Molde utilizado na compactação dos corpos de prova.....	60
Figura 6.1	Análise quantitativa de resíduos de areia de fundição.....	64
Figura 6.2	Análise quantitativa de resíduos de micro esfera de vidro.....	64
Figura 6.3	Análise quantitativa de argila Taguá.....	65
Figura 6.4	Difratograma do resíduo - areia de fundição	66
Figura 6.5	Difratograma do resíduo - micro esfera de vidro.....	67
Figura 6.6	Difratograma da argila Taguá	68
Figura 6.7	Micrografia Eletrônica de Varredura - areia de fundição.....	69
Figura 6.8	Micrografia Eletrônica de Varredura - micro esfera de vidro.....	69
Figura 6.9	Micrografia Eletrônica de Varredura da argila Taguá	70
Figura 6.10	Corpos de prova antes e após a queima.....	71
Figura 6.11	Absorção de água (AA) em função das temperaturas de queima	72
Figura 6.12	Variação Linear Dimensional (VLD) em função das temperaturas de queima	73
Figura 6.13	Tensão de Ruptura à Flexão (TRF) em 3 pontos em função das temperaturas de queima.....	74
Figura 6.14	Porosidade Aparente (PA) em função das temperaturas de queima.....	75
Figura 6.15	Massa Específica Aparente (MEA) em função das temperaturas de queima...	76
Figura 6.16	Resultados da caracterização física da composição “A”-1 hora de queima.....	77

Figura 6.17	Resultados da caracterização física da composição “A”-2 horas de queima.	78
Figura 6.18	Resultados da caracterização física da composição “B”-1 hora de queima...	78
Figura 6.19	Resultados da caracterização física da composição “B”-2 horas de queima..	79
Figura 6.20	Resultados da caracterização física da composição “C”-1 hora de queima...	79
Figura 6.21	Resultados da caracterização física da composição “C”-2 horas de queima..	80
Figura 6.22	Resultados da caracterização física da composição “D”-1 hora de queima...	80
Figura 6.23	Resultados da caracterização física da composição “D”-2 horas de queima.	81
Figura 6.24	Resultados da caracterização física da composição “E”-1 hora de queima...	81
Figura 6.25	Resultados da caracterização física da composição “E”-2 horas de queima..	82
Figura 6.26	Resultados da caracterização física da composição “F”-1 hora de queima....	82
Figura 6.27	Resultados da caracterização física da composição “F”-2 horas de queima..	83
Figura 6.28	Difratograma de Raios X da composição “F” após queima 1230°C/ 1 hora..	84
Figura 6.29	Composição química do corpo de prova da composição “F”	85
Figura 6.30	Micrografia Eletrônica de Varredura da composição “E” (1.180°C/1h).....	86
Figura 6.31	Micrografia Eletrônica de Varredura da Composição “E” (1.230°C/2hs)....	86
Figura 6.32	Micrografia Eletrônica de Varredura da Composição “F” (1.180°C/2hs).....	87
Figura 6.33	Micrografia Eletrônica de Varredura da Composição “F” (1.230°C/1h).....	87
Figura 6.34	Micrografia Eletrônica de Varredura da Composição “F” (1.230°C/1hs)....	88
Figura 6.34	Mosaico decorativo dos resíduos dos corpos prova.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	Parâmetros e metodologias aplicadas.....	50
Tabela 5.2	Dados técnicos para leitura no E.A.A.....	51
Tabela 5.3	Identificação e composição dos corpos de prova do experimento.....	59
Tabela 5.4	Temperatura de queima dos corpos de prova.....	61
Tabela 6.1	Limites máximos permitidos dos elementos para disposição dos resíduos de areia verde de fundição e classificação.....	62
Tabela 6.2	Limites máximos permitidos dos elementos para disposição dos resíduos de poeira de jateamento (micro esferas de vidro) e classificação	63
Tabela 6.3	Composição mineral dos resíduos de areia de fundição.....	65
Tabela 6.4	Composição mineral dos resíduos de micro esfera de vidro.....	66
Tabela 6.5	Composição mineral da argila Taguá.....	67
Tabela 6.6	Composição “F” após a queima a 1230°C/ 1 hora	84
Tabela 6.7	Resultado da análise química da composição “F” após a queima a 1230°C/ 1 hora.....	85
Tabela 6.8	Resultados dos ensaios de lixiviação dos corpos de prova “F” após queima a 1230°C/ 1 hora.....	89
Tabela 6.9	Classificação de tijolos maciços-NBR7170(1983).....	92
Tabela 6.10	Classificação de blocos cerâmicos-NBR7171(1992).....	92

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
ABIFA	Associação Brasileira de Fundições
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS _{cp}	Ensaio de Absorção de Água
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
Cp	Corpo-de-prova
DRX	Difração de Raios X
FRX	Fluorescência de Raios X
hrs	Horas
Kg	Quilograma
Kg/m ³	Quilograma por Metro Cúbico
LAMIR	Laboratório de Análise de Minerais e Rochas - UFPR
LTA	Laboratório de Tecnologia Ambiental - UFPR
m ²	Metro Quadrado
m ³	Metro Cúbico
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
mm	Milímetro
mA	Mili Ampere
MPa	Mega Pascal (Unidade de Tensão)
Mton/ano	Milhões de Toneladas por Ano
NBR	Norma Brasileira
PR	Paraná
ton	Tonelada
UFPR	Universidade Federal do Paraná

1. INTRODUÇÃO

O crescimento industrial e a globalização obrigam a indústria à geração de produtos e serviços de baixo custo, em combinação com a necessidade da preservação da qualidade de seus processos, produtos e serviços, sendo estas, premissas básicas para a sustentabilidade de uma condição competitiva no mercado. O rigor da legislação atual sobre o gerenciamento de resíduos ao quais as empresas estão subordinadas, os requisitos rígidos que disciplinam os processos de armazenamento, transporte e disposição em aterros industriais, exigem a busca constante de alternativas tecnológicas que permitam diminuir riscos ambientais e o ônus sobre o processo produtivo. Por força da legislação e da crescente cobrança da sociedade, observa-se que a indústria tem tido uma participação mais ativa no cumprimento de sua responsabilidade com o meio ambiente. O crescimento econômico e a sobrevivência das empresas independentemente de suas dimensões podem estar limitados por conta da questão ambiental.

Uma questão importante a ser considerada é que os problemas ambientais e sociais do planeta são interdependentes. Como exemplos fundamentais estão os efeitos adversos que o crescimento populacional exerce tanto sobre o ambiente natural quanto para a própria sociedade (DREW, 1998).

Mediante esta realidade, novas metas estão sendo desenvolvidas na prevenção de problemas ambientais, relativas à poluição e geração de resíduos, isto através de gerenciamento adequado dos resíduos sólidos industriais, o que é hoje um dos principais problemas vivenciados pelas empresas. A priorização destas metas é definida em cada empresa, através de seus profissionais e baseada em sua política gerencial e de forma pró-ativa, e também, em cumprimento à legislação vigente.

Conforme (LERÍPIO, 2001) cita que existem dois tipos de pressões que são exercidas sobre as organizações produtivas industriais, indutoras de mudanças no trato da variável ambiental. *Pressões perceptíveis* são aquelas que afetam diretamente as organizações e, portanto são prioritárias e estratégicas dentro de seu planejamento, tais com: (competitividade, saúde e segurança no trabalho, legislação, fornecedores, clientes e opinião pública). Já as *pressões não perceptíveis* são aquelas que não são (ou não eram) tratadas como prioridades, embora também afetem diretamente a organização ou as partes interessadas, (biodiversidade, efeito estufa, resíduos industriais, redução de recursos naturais, etc.).

Na verdade, sabe-se que ações isoladas não irão solucionar os problemas advindos por este resíduo e que a indústria deve tentar fechar seu ciclo produtivo de tal forma que minimize a saída de resíduos e a entrada de matéria-prima não renovável (DORSTHORST; HENDRIKS, 2000).

Pesquisas têm sido desenvolvidas, através de instituições de ensino parcialmente financiadas pelas próprias indústrias geradoras ou suas associações, visando o aproveitamento parcial ou total de resíduos sólidos industriais, em diversas áreas da atividade produtiva.

A reciclagem de resíduos permite vantagens potenciais para a sociedade, entre elas, preservação de recursos naturais, economia de energia, redução do volume de aterros, menor poluição, geração de empregos, redução de custos de controle ambiental pelas indústrias, aumento da durabilidade e até mesmo economia de divisas afirma (JOHN, 2000).

Embora a redução da geração de resíduos seja sempre uma ação necessária, ela é limitada, uma vez que existem impurezas na matéria-prima, envolve custos e patamares de desenvolvimento tecnológico (SOUZA; PLIARI, 1999; JOHN, 2000).

Segundo (CECATTO, 2003) a reciclagem de resíduos sólidos industriais tem sido fundamental na busca pelo desenvolvimento sustentável, possibilitando a preservação de recursos naturais não renováveis, através da substituição destes por materiais alternativos, com propriedades adequadas ao uso, além da minimização de custos e redução do impacto ambiental.

Para (JOHN; ZORDAN, 2001), a reciclagem de resíduos como material útil, é uma ferramenta de administração ambiental muito importante para alcançar o desenvolvimento sustentável. Sendo assim, sintetizam bem as regras para a adaptação da indústria às novas propostas de desenvolvimento sustentável:

- a) Minimizar a geração de resíduos industriais;
- b) Um novo produto deve ser reciclável;
- c) Um novo produto deve apresentar vantagens competitivas em comparação com competidores já estabelecidos no mercado e melhorar o valor dos resíduos.

As alternativas de reciclagem de resíduos dependem de laboratórios capacitados para caracterização de vários tipos de resíduos e de alguma forma agregá-los no segmento da construção civil, a fim de utilizá-los em artefatos, avaliando a viabilidade econômica e na busca de clientes internos e externos, interessados no novo produto.

A opção da utilização de areia de fundição em substituição a argila na fabricação de cerâmica vermelha, busca além de avaliar o comportamento dos contaminantes, a possibilidade da minimização do impacto causado com a extração de argila, reduzindo as áreas de degradação.

A classificação do resíduo com base na Norma ABNT-NBR 10.004/2004, é que possibilita o seu reaproveitamento e a atividade do gerenciamento deverá ser contínua, pois os resíduos podem sofrer alterações de suas características técnicas. As avaliações do desempenho ambiental das alternativas de reciclagem reforçam de forma positiva a mudança do paradigma de que os resíduos de fundição são prejudiciais ao meio ambiente.

1.1 Objetivos do Trabalho

1.1.1 Objetivo geral

Diante dessa realidade este trabalho tem como objetivo geral fornecer referências importantes para a adequação do programa de gestão de resíduos, com visão de uma gestão sustentável proporcionando à reciclagem adequada dos resíduos industriais (areia de fundição e micro esferas de vidro) agregados com argila vermelha.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são os de desenvolver novas composições de materiais cerâmicos, tais como telhas, tijolos, etc., através de reaproveitamento de resíduos industriais (areia de fundição e micro esfera de vidro), com propriedades mecânicas e ambientais suficientes para atender as Normas Brasileiras e as legislações pertinentes, além de implementar novas tecnologias para a fabricação de materiais de infra-estrutura básica, usados na construção civil e a diminuição do custo de materiais usados, sem alterar as qualidade e segurança da obra.

1.2 Apresentação do Trabalho

Este trabalho para melhor compreensão está estruturado em oito capítulos, demonstrando os assuntos a serem abordados. O primeiro capítulo apresenta o contexto introdutório da pesquisa, destacando a relevância da correta gestão dos resíduos industriais, a justificativa e os objetivos a serem alcançados. Do segundo ao quarto capítulo são apresentadas a evolução da população, tendências mundiais, sustentabilidade, e a prioridade da gestão dos resíduos, contemplando ainda com ações positivas e avanços nas estruturas legais no Brasil, as alternativas de reaproveitamento de resíduos na produção cerâmica no país, a fundamentação teórica da dissertação, os tipos de matéria prima para obtenção da cerâmica vermelha, e ainda através de revisão bibliográfica, os procedimentos técnicos adotados a partir de materiais já publicados.

No quinto capítulo é abordada a metodologia com a descrição da metodologia empregada para a execução dos ensaios, escolha dos resíduos, caracterização dos resíduos, definição das composições, confecção dos corpos de prova, ensaios físico-químicos dos resíduos, ensaios de resistência à compressão, absorção de água, a difração de raios X, e a microscopia eletrônica de varredura dos corpos de prova.

No sexto capítulo são analisados e comentados os resultados dos ensaios apresentados anteriormente.

No sétimo capítulo apresentam-se as conclusões e finalmente o oitavo capítulo as considerações finais e recomendações.

2 . TENDÊNCIAS MUNDIAIS E A PRIORIDADE NA GESTÃO DOS RESÍDUOS

A melhoria da qualidade de vida, aliado ao avanço tecnológico possibilitou que expectativa de vida aumentasse consideravelmente, ocasionando um aumento significativo da taxa de crescimento populacional.

A reflexão deste cenário gerou preocupações com a sustentabilidade e com o futuro da humanidade, visto que atualmente a população global total do planeta é aproximadamente 6,5 bilhões com taxa de crescimento de cerca de 1% ao ano e projeções que antecipam aumentos rápidos conforme mostra a Figura 1, que prevê para o ano de 2060 aproximadamente 9,5 bilhões de habitantes. Em vista desta expansão populacional e da limitação dos recursos naturais, ações crescentes no contexto mundial têm avançado para criação de mecanismos de percepção quanto aos rumos do planeta.

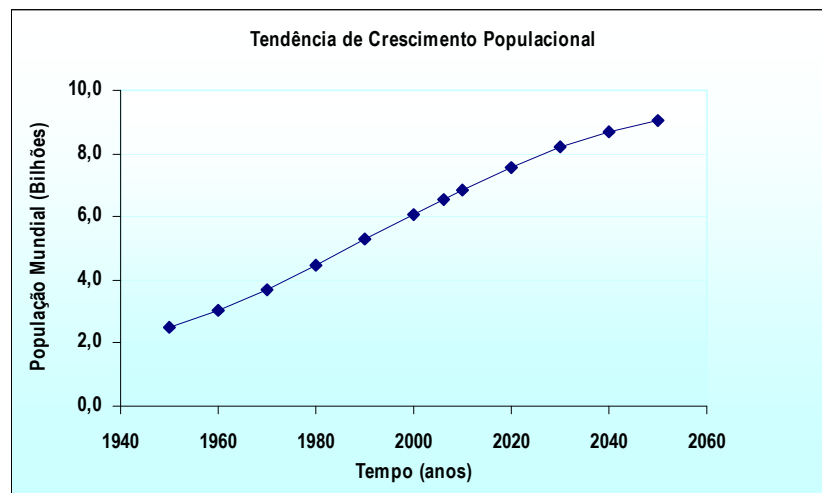


Figura 1 - Tendência de crescimento populacional - Fonte: World Resources Institute

Em 1972, em Estocolmo (Suécia), a Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente reuniu 113 países, iniciando assim, uma reflexão sobre a relação entre a proteção do ambiente e o desenvolvimento humano. Deste encontro resultou a “Declaração sobre o Ambiente Humano” ou “Declaração de Estocolmo” e a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA.

Na busca de avançar na questão, as Nações Unidas, em 1983, através da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento criaram a Comissão Brundtland e publicaram o relatório "Nosso Futuro Comum", conhecido como (relatório de Brundtland), o qual veio alertar para a importância do desenvolvimento sustentável.

O conceito de “desenvolvimento sustentável”, caracterizado no Relatório Brundtland, foi incorporado nas decisões resultantes do Rio-92. Ele caracteriza uma situação de justiça social, para a humanidade, em que todas as necessidades básicas da presente geração, e alguns de seus desejos, estejam satisfeitos sem prejuízos para as gerações futuras. Em outras palavras, haveria melhoria na qualidade de vida das populações, certo equilíbrio de desenvolvimento socioeconômico mantendo a qualidade do ambiente, e assegurado à integridade e o controle dos recursos naturais essenciais, tais como água, energia e alimentos.

O documento principal do Rio-92, a Agenda 21, possui extrema relevância. Para ser preparado levou pelo menos dois anos de discussões entre governos, e em sua essência inclui os princípios básicos necessários para atingir uma situação de sustentabilidade para o planeta, através de soluções pragmáticas e bastante realísticas para os problemas globais diagnosticados. Nesse aspecto, a Agenda 21 é um programa de ações cobrindo os temas de desenvolvimento e ambiente de maneira integrada, e sugerindo o emprego de tecnologias ambientalmente “limpas”, como por exemplo, agricultura regenerativa, reciclagem industrial, proteção dos recursos hídricos, dos ecossistemas frágeis, dos recursos dos oceanos, dos solos aráveis etc.

O crescimento populacional impulsiona o crescimento econômico e colocando em risco à preservação ambiental. A imensa variedade de espécies de um ecossistema florestal, por exemplo, foi substituída pelo cultivo/criação de umas poucas espécies, selecionadas em função de seu valor, seja como alimento, seja como fonte de outros tipos de matérias primas que os seres humanos consideravam importantes (ROMEIRO, 2003).

Os recursos físicos são resultantes de ciclos naturais do planeta Terra que duram milhões de anos. O principal critério para a classificação desses recursos tem sido a capacidade de recomposição dos mesmos no horizonte de vida humano. Os recursos naturais podem ser renováveis, ou reprodutíveis, e não - renováveis ou não- reprodutíveis (SILVA, 2003).

De acordo com (EIGENHEER,1993) somado ao drástico quadro de intenso e acelerado esgotamento de alguns recursos naturais não renováveis e com as dificuldades crescentes de conviver com resíduos das nossas atividades e consumo, insere-se a questão dos

resíduos sólidos, típicos de uma sociedade industrializada e contemporânea, gerados em quantidades e qualidades espantosas, resultando em inúmeros problemas ambientais, provocando sérias consequências para as futuras gerações.

2.1 Sustentabilidade

As estimativas são de que as regiões em desenvolvimento, onde se estima ocorrer 90% do aumento populacional, se voltem para o caminho da sustentabilidade ou seus problemas afetarão as áreas mais prósperas do globo (BORTOLANZA, 1999).

O desenvolvimento sustentável é multidimensional, e questões de sustentabilidade podem ser abordadas em cinco possíveis dimensões: a social, a econômica, a ecológica ou ambiental, a espacial e a cultural (SACHS, 1986).

A percepção da relação entre problemas do meio ambiente e o processo de desenvolvimento se legitimam através do surgimento do conceito de Desenvolvimento Sustentável (BELLEN, 2003). A tendência a evoluir baseado no crescimento da economia, na melhoria da qualidade de vida das gerações presente e futura e do meio ambiente exigindo profundas mudanças nas políticas nacionais e internacionais.

As implicações ambientais só fazem sentido quando observadas na escala global e é importante lembrar, no entanto, que as origens desses efeitos globais são com frequências locais, nacionais ou regionais, e reflete as mudanças de atitudes, de comportamentos e de valores pelo aproveitamento dos subprodutos, possível pelo aprimoramento de tecnologias apropriadas.

Os impactos ambientais do seu uso são mantidos aquém da capacidade da natureza de assimilá-los ou na busca de tecnologia para reverter entre o uso dos recursos e a sua disponibilidade.

O sucesso da aplicação do conceito de Desenvolvimento Sustentável está diretamente relacionado à adoção de medidas que visem à proteção do solo e da água, bem como a redução de perdas e a crescente tendência da reutilização de materiais, (PÊRA, 1996). O termo sustentável não se abre a muita disputa: quer dizer permanência, durabilidade e manutenção da existência. Então, desenvolvimento sustentável é capaz de se manter ao longo do tempo. Isso significa durabilidade tanto da produção quanto da base de recursos que a viabilizam (REIS NETO, 2003).

A evolução nas regulamentações mundiais e as tendências de gerenciamento ambiental têm contribuído para a substituição das medidas corretivas por medidas preventivas, beneficiando o desenvolvimento sustentável, que é definido por (MAIMON, apud SILVA e SILVA, 1998), como “busca simultânea de eficiência econômica, justiça social e harmonia ecológica”.

Conforme cita (GRAEDEL; ALLENBY, 1995, apud REIS NETO, 2003) para que a população da terra apresentasse hoje o mesmo padrão de consumo de materiais dos americanos, o consumo mundial de recursos naturais teria de aumentar de 4 a 6 vezes. Um aumento dessa ordem teria consequências desastrosas para a natureza.

Atualmente no Brasil, tem se focado o conceito de sustentabilidade acerca do uso, do reaproveitamento e da reciclagem de resíduos industriais, o setor empresarial já tomou consciência da necessidade de ações que privilegiem o desenvolvimento sustentável, que tem como objetivo manter equilíbrio global, visando à economia sustentável, podendo as gerações futuras desfrutar de um padrão de vida igual ou superior ao atual, conforme a percepção de (CAVALCANTI; CHRIF, 1996) significa a possibilidade de se obterem continuamente condições iguais ou superiores de vida para um grupo de pessoas e seus sucessores em um dado ecossistema.

Segundo (TOLMASQUIM, 2001) em nosso país, o Ministério do Meio Ambiente criou o Programa Nacional de Indicadores de Sustentabilidade – PNIS, para que de forma emergencial se pudesse privilegiar a elaboração de indicadores de sustentabilidade ambiental.

Em algumas indústrias, o meio ambiente já está sendo trabalhado de uma maneira sustentável. Mas todo o meio empresarial brasileiro deve se engajar nesse processo, reconhecendo que “não pode haver desenvolvimento econômico sem que ele seja sustentável”. (SCHMIDHEINY, 1992).

2.2 Ações positivas sob o contexto mundial

Com o crescimento das pressões humanas sobre o meio ambiente e a interferência direta na qualidade de vida dos povos, cresce o chamado “movimento ambientalista”, um novo comportamento coletivo que visa corrigir as formas destrutivas de relacionamento entre o homem e seu ambiente natural.

A agência de proteção ambiental dos Estados Unidos *Environmental Protection Agency - EPA*, preocupada com a prevenção à poluição, e com o objetivo de fazer com que as indústrias cumprissem a legislação americana, relativa à minimização de resíduos gerados nos processos produtivos, desde 1988, já divulgava procedimentos para esta gestão.

Além disso, houve proposta apresentada pela organização ambientalista não-governamental *Greenpeace*, em 1990, alertando para a busca de produtos de forma sustentável, energia renováveis, não-nocivas, conservando ao mesmo tempo a biodiversidade isto é, usando com eficiência para representar um sistema de produção industrial.

Em 1991, surge o programa da produção mais limpa, que prioriza a prevenção da poluição, como uma abordagem intermediária entre a Produção Limpa e a minimização de resíduos, não necessariamente requerendo a implementação de tecnologias mais sofisticadas, podendo atingir um número maior de organizações, que não detêm o desenvolvimento tecnológico.

A *International Organization for Standardisation (ISO)*, começou a trabalhar em 1991, sobre vários aspectos da gestão ambiental, inclusive na elaboração da norma que viria a surgir ISO 14001, através de seu grupo consultivo estratégico para o meio ambiente *Strategic Action Group on the Environment – (SAGE)*, para formular recomendações com respeito a normas ambientais internacionais, a fim de buscar essa abordagem comum à gestão ambiental.

Em 1992, o SAGE recomendou a formação de um comitê específico dedicado ao desenvolvimento de uma norma internacional para sistemas de gestão ambiental, criando-se então o Comitê Técnico sobre Gestão Ambiental (TC-207), que em 1996 lança normas internacionais relativas às questões ambientais dando início as Normas do Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Durante o ECO-92 e a definição da Agenda 21, a questão foi amplamente tratada, nos Capítulos 19, 20 e 21, houve destaque a necessidade urgente de se implementar um adequado sistema de gestão ambiental para os resíduos sólidos, complementa (GÜNTHER, 2000).

Segundo (LUSTOSA, 2003) com essas mudanças, o comportamento ambiental das empresas passou a ser pró-ativo. As estratégias empresariais passaram a considerar o meio ambiente, através da implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), possibilitando a certificação das organizações que as cumpriam. O conjunto de normas ISO 14000, mais especificamente a ISO 14001, auxilia uma organização no que é necessário para

desenvolver e melhorar um sistema de gestão, permitindo a qualquer organização independente da localização, atividade ou porte, formular uma política de objetivos que levem em conta os requisitos legais e as informações referentes aos impactos ambientais significativos.

Essa prática contribuiu para a conscientização das empresas e para a preocupação com a causa ambiental, prevendo através da melhoria contínua e prevenindo os possíveis riscos de acidentes causadores de impactos ao meio ambiente.

Entre as principais características ou benefícios operacionais da implementação de um Sistema de Gestão Ambiental para as empresas, pode-se destacar a redução da utilização da matéria-prima e demais recursos produtivos, a redução da geração de resíduos e de custos utilizados para a disposição dos mesmos, além do aumento da utilização de recursos renováveis ou recicláveis (LA ROVERE, 2001).

2.3 Áreas contaminadas *versus* passivos ambientais

A disposição inadequada dos resíduos deu origem às áreas contaminadas e estão relacionadas à falta de conhecimento do potencial tóxico dos resíduos, infelizmente as estimativas de danos à saúde humana, o comprometimento dos solos e dos recursos hídricos foram os alertas para procedimentos seguros quanto ao manejo das substâncias perigosas.

Os impactos ambientais geram repercussões que abalam a confiança dos investidores, acionistas, consumidores e outros grupos sociais acarretando prejuízos às empresas.

Segundo dados da CETESB, desde maio de 2002, quando da divulgação da primeira lista de áreas contaminadas no Estado de São Paulo, até agora, após 5 atualizações, observa-se um acréscimo considerável no número de áreas contaminadas, “A contaminação de áreas urbanas por hidrocarbonetos provenientes de postos de serviços tem sido uma preocupação crescente nas grandes cidades, pelo fato de que muitos desses postos mantêm essas instalações em uso por muitos anos, sem a manutenção adequada” (VALLE e LAGE, 2003) conforme mostra o gráfico da Figura 2.

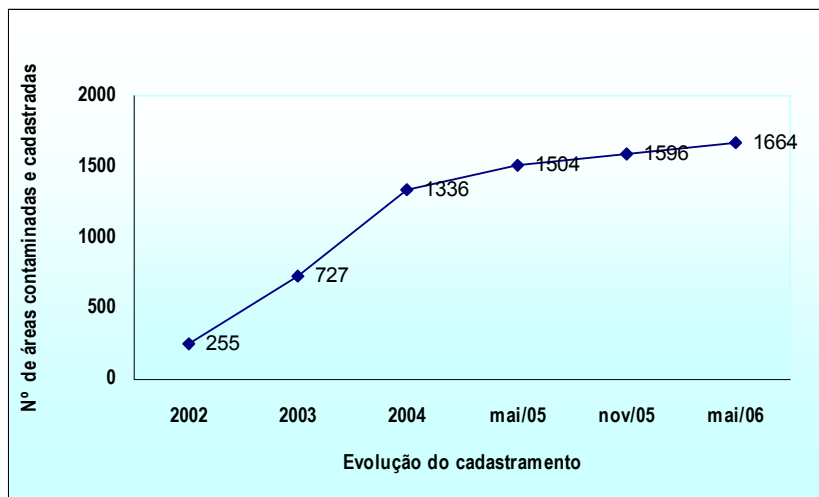


Figura 2 - Áreas contaminadas cadastradas em São Paulo: Fonte CETESB

A evolução caracteriza um aumento constante do número de áreas contaminadas e a tendência é aumentar devido à ação rotineira e cada vez mais eficiente na fiscalização. As áreas contaminadas apresentadas no gráfico da Figura 3 com base de avaliação até mês de maio de 2006 demonstram a distribuição da contaminação por atividade, com cenário totalizando 1664 áreas, desde a disposição inadequada de resíduos com 65, contaminação por postos de combustíveis 1221, acidentes diversos 17, atividades comercial e industrial 359, trazendo prejuízos além de ambientais, também econômicos com danos ao patrimônio público e privado, com a desvalorização das propriedades.

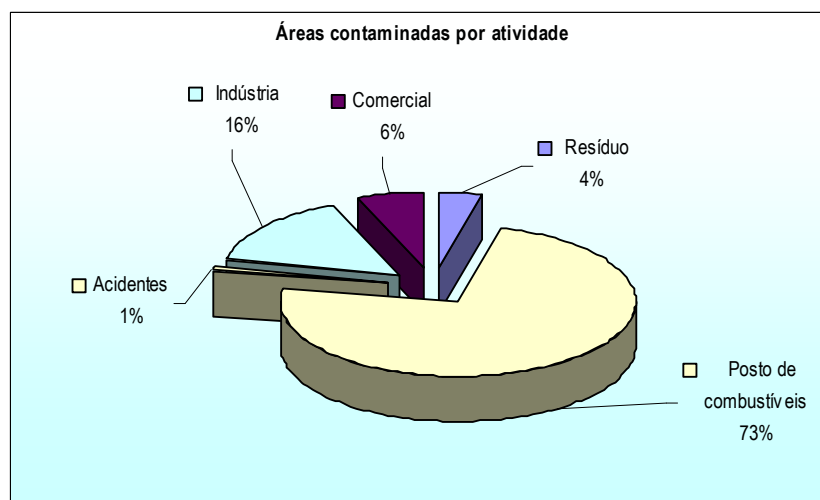


Figura 3 - Áreas contaminadas por atividade: Fonte CETESB

Nos Estados Unidos, com base no decreto "Resource Conservation And Recovery Act" (RCRA), instituído em 1976, foram criados programas federais voltados a remediação de áreas contaminadas com o objetivo de limpar depósitos de lixo tóxicos abandonados ou ilegais.

Foram identificados cerca de 1300 depósitos de resíduos que apresentavam riscos ambientais, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas, sendo que o custo das remediações foi compartilhado pelas empresas entre proprietários atuais e anteriores dos sítios comprometidos.

Em 1980, o congresso aprovou o *Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act* - CERCLA, com estrutura de capital público conhecido como *Superfund*, (fundo de crédito/programa de limpeza para sítios contaminados) com a responsabilidade da *United States Environmental Protection Agency* (U.S. EPA, 1998).

Desde 1993, no Brasil, com a cooperação técnica do governo da Alemanha através do Projeto CETESB/GTZ, foi elaborado o Manual de Áreas Contaminadas (CETESB/GTZ, 1997b), que possibilita orientar as ações nas questões que envolvem o gerenciamento com os objetivos de definir metodologias para identificação, avaliação e investigação de áreas contaminadas.

Vários fatores influenciaram na busca de alternativas de gestão de resíduos industriais, porque grande parte dos resíduos era depositada em terrenos próximos as indústrias. Esta prática torna as terras impróprias para culturas e habitação. As contaminações como emissões de partículas podem representar sério perigo para a vegetação e vida animal nas vizinhanças (HABASHI, 1999).

O destino incerto deste material acarreta diversos problemas ambientais e econômicos tais como (GARCIA et al., 1999):

- a) Incremento nos custos de produção, como por exemplo, pagamento de taxas de depósito. As empresas terceirizam a disposição final de seus resíduos, mas continuam tendo a responsabilidades solidárias em relação aos mesmos;
- b) Grande espaço físico para depósito dos resíduos, em função dos elevados volumes gerados;
- c) Poluição ambiental através do impacto visual e do grau de periculosidade atribuída aos resíduos (caso este não seja inerte);
- d) Redução da qualidade de vida nos arredores das indústrias.

O termo “Minimização de Resíduos” foi definido pela *Environmental Protection Agency* - Norte Americana (*EPA*) como: “toda ação tomada para reduzir a quantidade e/ou a toxicidade dos resíduos que requerem disposição final”.

A prioridade é a minimização e prevenção na geração de resíduos, bem como a recuperação e reciclagem. Destaca-se a reciclagem como uma das etapas essenciais na política de gestão dos resíduos sólidos, afora as técnicas de redução na fonte e reutilização (TEIXEIRA; ZANIN, 1999).

2.4 Avanços da estrutura legal no Brasil

A legislação ambiental brasileira começa a ser consolidada a partir dos anos 1980 e preconiza um sistema de princípios e normas jurídicas que disciplinam as relações do homem e o meio ambiente, buscando a preservação dos recursos naturais e ao combate às diversas formas de poluição na busca do desenvolvimento sustentado.

No passado recente, ou seja, há pouco mais de 10 anos, a maioria das atividades produtivas não tinha conhecimentos reais de todos os resíduos gerados e de suas características, e muitos deles eram destinados a aterros municipais ou clandestinos, sem que se desse conta de seu potencial dano ambiental.

Mesmo com um elenco de Leis, Decretos e Resoluções, é pouco provável que somente a legislação consiga produzir melhorias permanentes no desempenho ambiental da indústria e comércio, ou nas atividades do público em geral, afinal, compete à comunidade empresarial gerenciar as mudanças necessárias para assegurar a redução da poluição ambiental e promover o desenvolvimento sustentável a curto e médio prazo, entre outras segue algumas das que tange a resíduos industriais como:

a) Decreto - Lei N.º 413, de 14/08/75

Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.

b) Lei N.º 6.766/79 - Parcelamento do Solo Urbano

Define as competências do Estado e do Município quanto ao parcelamento do solo.

Art. 3º, Parágrafo único: Não será permitido o parcelamento do solo: (...)

II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados; (...)

V - em áreas (...) onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

c) Lei 6.803/1980

Que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial em áreas críticas de poluição. De acordo com esta lei, cabe aos estados e municípios estabelecer limites e padrões ambientais para a instalação e licenciamento das indústrias, exigindo EIA (Estudo de Impacto Ambiental).

d) Lei 6.938/1981- Política Nacional de Meio Ambiente,

Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA como seu órgão superior.

Art. 2º - A Política Nacional de Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições de desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: (...) VIII - recuperação de áreas degradadas; (...)

Art. 14. IV, § 1º - Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal por danos causados ao meio ambiente.

e) Lei N.º 519, de 16/04/84

Dispõe sobre a proibição de depósitos de lixo a céu aberto.

f) Lei N.º 7.347, de 24/07/85

Disciplina a Ação Civil Pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente.

g) Lei 7.347 de 24/07/1985 - Ação Civil Pública

Trata-se da Lei de Interesses Difusos, que rege da ação civil pública de responsabilidades por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, e ao patrimônio artístico, turístico ou paisagístico. A ação pode ser requerida pelo Ministério Público, a pedido de qualquer pessoa, ou por uma entidade constituída há pelo menos um ano. Normalmente ela é precedida por um inquérito civil.

h) Resolução CONAMA. 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente

Art. 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Art. 2º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente,

O EIA/RIMA deve ser feito antes da implantação de atividade econômica que afete significativamente o meio ambiente, como estrada, indústria, ou aterros sanitários, devendo detalhar os impactos positivos e negativos que possam ocorrer por causa das obras ou após a instalação do empreendimento, mostrando ainda como evitar impactos negativos.

i) Constituição Brasileira de 1988

Que dispõe sobre a proteção ao meio ambiente que dita no em seu Artigo 225 que “todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial á sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e a coletividade o dever de preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

j) Resolução CONAMA N.º6, de 15 de Junho de 1988

Considerando a ausência de informações sobre os tipos e destinos dos resíduos gerados no Parque Industrial do País;

Considerando a necessidade de dados precisos sobre os estoques de Bifenilas Policloradas - PCB'S e agrotóxicos fora de especificação ou de uso proibido no País;

Considerando que estes produtos podem apresentar características extremamente prejudiciais, à saúde humana e ao meio ambiente;

Considerando, ainda que para a elaboração de diretrizes nacionais visando o controle dos resíduos perigosos, é essencial, à realização de um inventário dos resíduos industriais gerados e/ou existentes no País, RESOLVE:

***Art. 1º** - No processo de licenciamento ambiental de atividades industriais, os resíduos gerados existentes deverão ser objetos de controle específico.*

***Art. 2º** - As indústrias geradoras de resíduos, enquadradas nos critérios abaixo, com orientação do órgão de controle ambiental do Estado ou da SEMA em caráter supletivo deverão, no prazo de 90 (noventa) dias a partir da publicação desta Resolução, ou a partir de 60 (sessenta) dias após a notificação, apresentar ao órgão ambiental competente, informações sobre a geração, características e destino final de seus resíduos*

k) Legislação Internacional Adotada no Brasil Convenção da Basiléia
Sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos

Foi adotada em 22/03/89, entrou em vigor em 05/05/92, no Brasil em 30/12/92. Entre os seus principais objetivos, constitui um instrumento que estabelece obrigações como mecanismos de controle e redução de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito, com manejo eficiente e ambientalmente seguro, baseado no princípio do consentimento prévio e explícito para a importação e o trânsito desses resíduos, coibindo o tráfico ilícito. Reconhece o direito soberano de qualquer Estado em proibir a entrada ou depósito de resíduos perigosos estrangeiros em seu território.

Visa à minimização da quantidade e toxicidade dos resíduos gerados e seu tratamento ambientalmente seguro e próximo da fonte geradora, além de fornecer suporte aos países em desenvolvimento para o atendimento a estes preceitos.

l) Resolução CONAMA N°. 002, de 18 de Abril de 1996.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei no. 6.938, de 31 de agosto de 1981, incisos II e X, do artigo 7º, do Decreto nº. 99.274, de 06 de junho de 1990, resolve:

Art. 1º Para fazer face à reparação dos danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros eco sistemas, o licenciamento de empreendimentos de relevante impacto ambiental, assim considerado pelo órgão ambiental competente com fundamento do EIA/RIMA, terá como um dos requisitos a serem atendidos pela entidade licenciada, a implantação de uma unidade de conservação de domínio público e uso indireto, preferencialmente uma Estação Ecológica, a critério do órgão licenciador, ouvido o empreendedor.

§ 1º Em função das características da região ou em situações especiais, poderão ser propostos o custeio de atividades ou aquisição de bens para unidades de conservação públicas definidas na legislação, já existentes ou a serem criadas, ou a implantação de uma única unidade para atender a mais de um empreendimento na mesma área de influência.

m) Lei 9.605 Crimes Ambientais de 12 de Fevereiro de 1998

Lei que define as infrações administrativas, revogando artigos da Lei número 6.938 de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, que também instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, a partir dela, a pessoa jurídica, autora ou co-autora da infração ambiental, pode ser penalizada, chegando à liquidação da empresa, se ela tiver sido criada ou usada para facilitar ou ocultar um crime ambiental. Por outro lado, a punição pode ser extinta quando se comprovar a recuperação do dano ambiental.

Dentre os diversos crimes ambientais referidos de referida lei regulamentada pelo Decreto Federal no 3.179, de 21 de setembro de 1999, trouxe um impulso adicional à proteção jurídica do meio ambiente, estabelecendo sérias penalidades contra as pessoas físicas e jurídicas que cometerem violações ambientais.

n) Resolução CONAMA N.º 23, de Dezembro 96

Proíbe a importação de resíduos perigosos e outros resíduos e estabelece restrições à importação de resíduos inertes.

o) Resolução CONAMA N.º 235, de Janeiro de 98

Classifica os resíduos, para melhor gerenciamento das importações, fazendo vigorar o ANEXO 10 da Resolução CONAMA n.º 3 de 12/12/96.

p) Lei Federal N.º 10165, de 27 de Novembro de 2000

Dispõe que as indústrias devem ser registradas perante o Cadastro de Atividades Potencialmente Poluidoras ou utilizadores de Recursos Naturais junto ao IBAMA. Altera a Lei N 6938, de 31 de agosto de 1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, instituindo a TCFA – Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental, cujo fato gerador é o exercício regular do poder de polícia conferido ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA para controle e fiscalização das atividades potencialmente poluidoras e utilizadores de recursos naturais (NR).

Anualmente, para a empresa é obrigatório entregar até o dia 31 de março de cada ano relatório das atividades exercidas no ano anterior.

q) Resolução Nº. 316, de 29 de Outubro de 2002

Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

Considerando que o princípio da precaução é o fundamento do desenvolvimento sustentável;

Considerando que os sistemas de tratamento térmico de resíduos são fontes potenciais de risco ambiental e de emissão de poluentes perigosos, podendo constituir agressão à saúde e ao meio ambiente se não forem corretamente instalados, operados e mantidos;

Considerando que, entre estes poluentes destacam-se, pela sua periculosidade, os poluentes orgânicos persistentes, e que deve ser buscada a redução das emissões totais dos poluentes mencionados, com a finalidade de sua contínua minimização e, onde viável, sua eliminação definitiva;

r) Resolução Nº. 313, de 29 de Outubro de 2002.

Dispõe sobre Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, que denomina como o conjunto de informações sobre a geração, características, armazenamento, transporte, tratamento, reutilização, reciclagem, recuperação e disposição final dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias do país.

Os resíduos existentes ou gerados pelas atividades industriais serão objetos de controle específico, como parte integrante do processo de licenciamento ambiental.

s) Resolução Nº. 369, de Marco de 2006

Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP.

t) Projeto de Lei Nº. 128, de 2003, em Tramitação

Determina que os projetos de recuperação ambiental de áreas degradadas por atividades de mineração sejam elaborados de acordo com normas e parâmetros estabelecidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

2.4.1 Avanços das Regulamentações no Paraná

a) SEMA/IAP 031/1998

No Paraná a Resolução estabelece requisitos, critérios e procedimentos administrativos referente a licenciamento ambiental, autorizações ambientais de atividades poluidoras, degradadoras e/ou modificadoras do meio ambiente, autorizações florestais e anuência prévia para desmembramento e parcelamento de gleba rural a serem cumpridos no território do Paraná.

b) Lei Nº. 12.493, de 22 de Janeiro de 1999

"Lei de Resíduos Sólidos" - Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais.

c) Lei Nº. 8, de 11 de Janeiro de 2002

Dispõe sobre Auditoria Ambiental Compulsória e adota outras providências.

As legislações são consideradas modernas e restritivas, o problema dos resíduos sólidos industriais se agrava, principalmente pela falta de recursos para fiscalização e à deficiência do corpo técnico envolvido.

Na maioria das vezes, a prática ambiental restringe-se ao cumprimento das normas de poluição e aos Relatórios de Impacto Ambiental (MAIMON, 1992), portanto nem as leis, nem as taxas obrigam as indústrias à prevenção da poluição, entretanto a mudança de comportamento com ações para minimizar os resíduos na própria fonte, o estímulo a

pesquisas acompanhadas de novas tecnologias adequadas a realidade do nosso país poderá sensibilizar a sociedade

2.5 Identificação e quantificação dos resíduos

No Brasil a falta de informações a respeito dos subprodutos industriais, a incerteza em relação ao seu impacto ambiental, somado com as dificuldades de atender as metodologias preconizadas para a caracterização e classificação dos resíduos gerando o receio dos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública do uso de resíduos sólidos, foram fatores que prejudicaram a difusão de sua reutilização.

A responsabilidade de qualificar resíduo como subproduto industrial exige primeiramente uma reflexão sobre o conjunto de fatores políticos, sociais e econômicos que possam justificar o empenho científico.(KNISS, 2000).

Baseada em procedimentos americanos, relacionados no *Code of Federal Registry - Title 40* (CFR 40) - *Protection of Environment* (USA, 1994), é que a Associação Brasileira de Normas Técnicas através da NBR 10004/2004 revisada em 30/11/2004, orienta a classificação dos resíduos em CLASSE I resíduos perigosos, adota a classificação dos resíduos em Classe II - não perigosos e desmembra como Resíduos Classe II – A os não inertes, os quais podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. E para resíduos de Classe II B – os inertes, sendo estes quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Com essa modificação na classificação dos resíduos que seriam de Classe II, muitos dos resíduos que até então tinham uma classificação favorável, estão sendo avaliados por uma classificação mais rigorosa.

O ensaio de lixiviação é um fenômeno que descreve a taxa que os constituintes perigosos ou indesejáveis são removidos de um resíduo por um fluxo de água, seja por percolação ou difusão.

A caracterização de resíduos industriais tem um desempenho importante, devido a liberação do potencial de poluentes a partir de uma matriz sólida, particularmente em relação

à avaliação de seus impactos ambientais reais e potenciais, potencializando a avaliação da análise de risco em relação à destinação final e também para alternativas de transporte.

Ainda segundo (CAVALCANTE; CHERIAF; VAN DER SLOOT et al, 1996 apud LIMA,1999) apresentam uma série de fatores que podem influenciar o processo de lixiviação, tais como:

Mecanismos físicos: geometria do material (granular ou monolítico, tamanho e forma); tempo de exposição, temperatura, porosidade da matriz, fluxo do lixiviante, homogeneidade da matriz em termos de fases minerais;

Mecanismos químicos: pH, condições de oxi-redução, potencial de lixiviação dos constituintes, processo de adsorção, fatores biológicos capazes de afetar o pH e o redox.

Com o objetivo de atender as políticas ambientais preconizadas na intenção da Certificação ISO 14001/2004, as empresas tem se esforçado no sentido de atingir as metas estabelecidas para redução da geração de resíduos e com o auxílio do Plano de Gerenciamento dos Resíduos - PGRS, buscam obter vantagens econômicas, técnicas e ambientais. São cada vez mais freqüentes os estudos para a viabilidade de reaproveitamento dos resíduos gerados.

Segundo (CHAABAN, 2001), a indústria é sem dúvida a maior geradora de resíduos perigosos. Estimativas de geração de resíduos são dificilmente encontradas na maioria dos países.

As atividades industriais geram resíduos sólidos como cinzas, lodos, óleos, metais, plásticos, vidros entre outros e para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos industriais e a busca de alternativas é necessário conhecer as quantidades geradas, tipologia, a toxicidade e a logística entre o gerador dos resíduos, a possibilidade para a atividade de reaproveitamento e com base nestas informações é possível gerenciar a forma de tratamento para que disposição final seja viável.

De acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 313/02 (ANEXO I) o governo federal, através do MMA e IBAMA, estão desenvolvendo projetos para caracterizar os resíduos industriais através de um inventário nacional, para traçar e desenvolver uma política de atuação, visando reduzir a produção e destinação inadequada de resíduos perigosos.

A determinação de dados quantitativos dos resíduos, como a quantidade nacional gerada, os locais de produção e a sua periculosidade, são de grande importância para a sua localização dentro do cenário econômico, social e político do local onde ele é gerado. Os

inventários de resíduos são certamente as fontes mais fáceis de obtenção destas informações, mas nem sempre eles existem ou estão disponíveis (ÂNGULO, 2000).

Entidades como ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos que é um órgão de classe o qual reúne as principais empresas do setor, tem atuado através de tecnologias de disposição em aterro, co-processamento, incineração e outras formas.

No Paraná, com o objetivo de caracterizar os resíduos industriais, incentivar a destinação adequada e segura, e buscar o desenvolvimento de novas tecnologias de reutilização e reciclagem, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA, por meio do Instituto Ambiental do Paraná – IAP, através da Lei Estadual de Resíduo nº. 12.493/99, e com recursos advindos do Fundo Nacional do Meio Ambiente – FNMA tem exigido que as indústrias encaminhem o Inventário de Resíduos Sólidos, garantindo a preservação dos recursos ambientais.

O inventário foi desenvolvido com vistas ao levantamento de resíduos sólidos industriais em todo o estado do Paraná, contemplando as atividades industriais previstas inicialmente para serem inventariadas tais como:

- a) Metalúrgicas e Siderúrgicas;
- b) Mecânica e Material de Transporte;
- c) Química e Petroquímica;
- d) Preparação de Couros e seus Artefatos;
- e) Papel e Celulose.

A seleção das empresas baseou-se em critérios como:

- a) Porte das empresas;
- b) Potencial gerador de resíduos perigosos;
- c) Número de funcionários;
- d) Atividades de interesse específico do Estado.

2.6 Degradação ambiental *versus* extração mineral

Outro fator de relevância é a atividade de extração mineral que é de grande importância para o desenvolvimento social, mas também é responsável por impactos ambientais negativos muitas vezes irreversíveis (BRANDT, 1998).

Os efeitos ambientais da extração de areia são muito semelhantes àqueles proporcionados pela mineração de argila, no que diz respeito principalmente a conflitos quanto ao uso e ocupação do solo, aumento de fluxo de caminhões, desmatamento desordenado para facilitar o transporte do mineral, e atribuem fatores de poluição industrial e urbana.

A extração mineral modifica o terreno tanto na extração do bem mineral como na deposição aleatória dos estoques de rejeitos que em geral são descartados de areia lavrada, prejudicando o desenvolvimento da mata ciliar alterando o perfil hídrico, assoreamento e aceleração dos processos erosivos (desbarrancamentos) devido ao avanço da dragagem em sua direção.

Esses impactos podem levar os riscos de comprometimento de obras públicas (pontes), pela proximidade com dragagens e conseqüente descalçamento de suas sapatas de sustentação.

Em lagos e rios a diminuição da vida aquática por falta de oxigênio dissolvido causada pelo derramamento e contaminação de óleo das máquinas e equipamentos mal conservados e o aumento da turbidez das águas dos rios pela liberação de frações finas durante a lavagem e o peneiramento.

KOPEZINSKI, (2000) afirma ser inegável que a mineração assuma importância decisiva para o desenvolvimento no mundo moderno, entretanto, esta atividade deixa imensas áreas degradadas que, na maioria das vezes, não podem ser ocupadas racionalmente causando uma série de agressões à fauna e flora, bem como à saúde da população.

Fundado em 1934, o Departamento Nacional Produção Mineral - DNPM, atua na gestão do patrimônio mineral brasileiro, tem como finalidade promover o planejamento e o fomento da exploração e do aproveitamento dos recursos minerais, bem como assegurar a concessão dos Direitos para Pesquisa e Lavra, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional.

Tem estabelecido como diretrizes promover a continuidade do suprimento de matérias-primas minerais para a indústria nacional, descobrimento e exploração de novas jazidas minerais visando à expansão das disponibilidades de minérios e a substituição daquelas em vias de exaustão e ainda divulgar estudos e pesquisas de metodologias racionais de exploração visando à conservação do meio ambiente.

3. ALTERNATIVAS DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS

A modernização tecnológica, intensificada pela globalização, relacionada à competitividade e visando um meio ambiente equilibrado, foram fatores determinantes para buscar alternativas como as do reaproveitamento de resíduos industriais, e tem sido apontado, como uma solução para os problemas ambientais que enfrentam a maioria dos países.

A transformação e produção de materiais em bens acabados, constituem uma das mais importantes atividades da economia moderna, a Ciência e Engenharia de Materiais permitem associar através de conceitos envolvendo composição química, arranjo atômico e processamento dos materiais com suas características e empregos e ainda tem como objetivo, compreender a natureza dos materiais, estabelecendo conceitos e teorias que permitam relacionar a estrutura dos materiais com suas propriedades e comportamentos.

A cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento em temperaturas elevadas e tem sido apontada como uma alternativa de reaproveitamento de resíduos pois apresentam diversos usos, de acordo com sua constituição, desde utensílios domésticos e materiais de construção civil, até blindagens para fins militares materiais supercondutores.

Dentre a classificação dos tipos de cerâmica, a cerâmica vermelha compreende aqueles materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil (tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e utensílios de uso doméstico de finalidade decorativas).

3.1 Fabricação de cerâmica no Brasil

No Brasil, a produção está concentrada principalmente nas regiões Sudeste e Sul, onde estão localizados os maiores pólos cerâmicos do país, contempladas com as mais importantes jazidas de minerais industriais de uso cerâmico. As mineradoras de grande porte que produzem matéria-prima com qualidade têm como aporte tecnológico de empresas multinacionais ligadas a indústria de revestimento.

Segundo (ABIKO, 1995), o setor de cerâmica vermelha é constituído de médias e pequenas empresas nacionais, com pequena escala de produção e baixa rentabilidade, com acentuada resistência a mudanças tecnológicas. Na percepção de (MITIDIERI e CAVALHEIRO, 1988), o parque industrial ceramista nacional, com pequenas alterações nos processos produtivos atualmente adotados nas pequenas e médias empresas do setor, possui capacidade instalada para uma maior atuação no mercado.

Os dados oficiais da Associação Nacional de Indústria Cerâmica – ANICER (2005) constata que o setor de cerâmica vermelha e olarias no Brasil são de aproximadamente 5.500 empresas das quais 63% fabricam blocos e tijolos, 36% telhas e tubos 0,2%, assegurando 400 mil empregos diretos e 1,25 milhões indiretos com faturamento anual de R\$ 6 bilhões por ano.

As implementações no setor deverão ser compartilhadas com os grandes geradores de resíduos industriais que possam ser utilizados na fabricação de cerâmica vermelha. A modernização deste segmento deverá ter como diretrizes a minimização da utilização dos bens não renováveis, busca da redução do uso de matéria-prima e energia.

3.2 Resíduos industriais como alternativa de fabricação de cerâmica.

A reciclagem é o processo pelo qual o resíduo é transformado em matéria prima, segundo (TEIXEIRA, 2001), “com a reciclagem obtém-se um resgate daqueles resíduos que ainda podem ter utilidade e, desta forma, reduz-se a quantidade de resíduos que terão que ser adequadamente dispostos”.

As principais vantagens de reciclar, na percepção de (TOCCHETTO, 2000), são a diminuições da carga poluente enviada ao meio ambiente, de menores investimentos em instalações de tratamento de rejeitos, diminuições dos custos de produção e maior competitividade e produtividade das empresas.

Quando não for possível assegurar a reutilização dos produtos, ou melhor ainda, evitar a produção do resíduo, a reciclagem é uma alternativa tecnológica viável. A introdução novamente de resíduos industriais em processo produtivos, prioriza a busca permanente de adequação conforme a característica desses resíduos, proporcionando a elevação do grau de recuperação poupando-se gastos energéticos e a retirada de matéria-prima da natureza, para obtenção do produto final.

Embora a indústria da fundição contribua para a limpeza de ambientes consumindo as mais diversas sucatas metálicas, por outro lado, gera apreciável volume de resíduos sólidos não metálicos (MARIOTTO, 2000). Normalmente a areia de fundição é gerada em maior quantidade nas fundições, representando, mais de 90% do volume de resíduo gerado numa fundição (MORAIS, 2002).

Segundo dados da Associação Brasileira de Fundição – ABIFA, em 2006, a expectativa de crescimento do setor de fundidos deve ficar em torno dos 5%, isto evidencia que o volume de areia descartada tende a crescer.

Vários geradores de resíduos investem recursos na aquisição ou implantação de aterros próprios, como alternativa de controle de custos ao longo do tempo, e garantia de longevidade para sua atividade, que poderá tornar-se inviável, técnica e economicamente falando, caso não se tenha margens e disponibilidade física para deposição de seus rejeitos. (BONET, 2002)

Deve ser considerada que além da disponibilidade de recursos para a disposição de areia de fundição em aterros para resíduos Classe I (perigosos), e os resíduos Classe II - A (não inertes), a emissão de autorizações pertinentes ao descarte e o transporte.

De acordo com a legislação vigente é de responsabilidade do gerador qualquer impacto que os subprodutos vierem a causar no meio ambiente e essa responsabilidade não cessa quando os resíduos deixam as suas instalações, perdurando durante o período que ele representar risco ambiental incluindo sua destinação final. Perante esta realidade cabem aos setores produtivos e as universidades e instituições fomentar pesquisas com intuito de atender as questões técnicas que buscam soluções que conciliem vários aspectos, como custo de disposição, tratamentos, tipo e quantidade de resíduo, tecnologia e processos de utilização e, finalmente, o impacto econômico e ambiental. A reciclagem busca as soluções adequadas associadas aos princípios do desenvolvimento sustentável.

A complexidade dos resíduos industriais e a escolha da forma correta de reaproveitamento, devem ser tratadas no conceito holístico desta alternativa. As pesquisas com os vários resíduos devem possibilitar o reaproveitamento cuja viabilidade atenda ao apelo ambiental e econômico, devendo ser analisado de forma integrada, prevendo o impacto negativo das substâncias que é depositada no solo, no ar e na água.

Verifica-se, portanto que os estudos publicados sobre reaproveitamento de resíduos são muito recentes, geralmente perto de uma década, mostrando tratar-se de preocupação em crescimento, em todas as nações, principalmente nas industrialmente desenvolvidas.

Em contrapartida a construção civil pode ser uma atividade benéfica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável reutilizando grande quantidade de resíduos gerados nas diferentes atividades, incorporado resíduos industriais como areia de fundição na fabricação de blocos de concreto.

A divulgação desses resultados através de trabalhos publicados, congressos e seminários, cada vez mais conduzem à disseminação da quebra dos paradigmas em torno da questão ambiental sobre resíduos, facilitando seu emprego racional e aplicando o conceito do ciclo de vida desses materiais, trazendo benefícios como minimizar a proliferação de aterros industriais, a redução de riscos de contaminação do solo e da água.

Dependendo do material, da granulometria e da origem da argila com composições químicas bastante variáveis (SABRAH; EBIED, 1987) afirma que as quantidades de resíduos incorporados às matrizes cerâmicas podem variar entre 10 e 60%, provocando ligeiras mudanças nas propriedades mecânicas, retração e absorção de água, podendo compor a formulação de composições para a produção de telhas, tijolos e revestimentos cerâmicos (WENDER; BALDO, 1998).

As massas utilizadas na indústria cerâmica tradicional são de natureza heterogênea, geralmente constituída de materiais plásticos e não plásticos com um vasto espectro de composições, motivo pelo qual permitem a presença de materiais residuais de vários tipos, mesmo em porcentagens significantes, afirma (MENESES et al., 2002).

Segundo (PABLOS, 1995) a técnica de solubilização / estabilização de resíduos sólidos contendo metais pesados em matrizes cimentícias vem sendo objeto de estudo de alguns pesquisadores. Os resultados obtidos nos ensaios de lixiviação e solubilização demonstraram que o encapsulamento dos resíduos é uma alternativa ambientalmente correta.

A pesquisa de (YOSHIMURA et al., 2005), descreve a preocupação com a efetividade do encapsulamento de resíduos contendo metais tóxicos, neste estudo alerta para que a lixiviação deva ser realizada em condições que garantam que o descarte, a estocagem dos materiais cerâmicos estruturais, como tijolos maciços, tijolos furados e telhas a longo prazo não acarretem consequências imprevisíveis para o homem e o meio ambiente.

A fabricação de cerâmica para construção civil tem mostrado segundo os estudos, que ocorre a inertização dos metais pesados presentes nos resíduos, os quais são incorporados na fase vítrea durante o processo de queima.

Na avaliação com os ensaios de lixiviação e de solubilização do seu trabalho (BORGIO, 2005) afirma que ocorreu a inertização dos metais pesados reduzindo drasticamente os teores de metais inicialmente presentes nos resíduos usados.

Uma ampla variedade de resíduos pode ser inertizada através da vitrificação (BOCCACCINI, 2000).

A vitrificação de resíduos nocivos é considerada um processo de estabilização, em virtude da grande resistência química dos produtos vítreos à maioria das condições ambientais, resistência esta relacionada ao fato dos componentes nocivos, essencialmente metais pesados, efetuarem ligações em nível atômico na estrutura do vidro (PISCIELLA et al., 2001)

A inertização de metais tóxicos e pesados contidos em resíduos sólidos feitos através da obtenção de material vítreo ou vitreocerâmico a partir de resíduos é uma tecnologia bem estabelecida a nível mundial, pois apresenta um modo de preservar o meio ambiente, evitando o descarte puro e simples desses resíduos contaminados. (BOCCACCINI, 2000, apud BORLINI, 2002).

Dentre as alternativas, a incorporação de resíduos de vidro em pisos cerâmicos tem demonstrado resultados que estão dentro dos padrões de exigência. Isto é explicado devido à cerâmica vermelha ser composta de uma variedade de matérias primas e as tecnologias empregadas ainda estão em processo de melhorias.

De acordo com a conclusão de (GODINHO, 2004) a adição de resíduos de vidro a argila comprovadamente alterou a absorção de água, a retração linear e a tensão de ruptura a flexão, elevando os teores de óxidos fundentes e auxiliando na densificação da estrutura e ainda, sob o ponto de vista ambiental, o processo de incorporação e os produtos incorporados não devem ser tão ou mais poluidores que o resíduo original. Economicamente, a incorporação não deve comprometer a comercialização dos produtos incorporados e tecnicamente deve atender as propriedades de modo a não comprometer a qualidade o produto final.

4. RESÍDUOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

4.1 Caracterização tecnológica do experimento

A cerâmica vermelha é usada na fabricação de materiais para a construção civil e compreende materiais de coloração avermelhada (tijolos, blocos, telhas, agregado leve, ladrilhos de piso e manilhas).

Neste experimento foi utilizada argila cuja coloração é avermelhada escura quando úmida, chegando quase ao marrom, quando queimada, a coloração se intensifica para o escuro de acordo com seu limite de temperatura de queima.

4.2 Matérias-prima utilizadas

4.2.1 Argilas

As argilas são abundantes na crosta terrestre, originadas em geral de rochas base do tipo cristalina e eruptiva como os feldspatos, granitos e basaltos têm processo longo e lento na decomposição, por efeito de agentes geológicos como vento, água de chuvas, temperaturas frias e quentes e a erosão pelas partículas de areia que carregadas pelo vento causam a fragmentação da rocha maciça em grãos de vários tamanhos.

A água, especialmente, tritura a argila em partículas de diferentes tamanhos, fazendo com que as mais pesadas se depositem primeiro, as outras vão depositando de acordo com seu peso pelo decorrer do caminho classificadas em duas categorias: argilas primárias e argilas secundárias ou sedimentares.

Argilas primárias: são formadas no mesmo local da rocha em que se formaram e têm sido pouco atacadas pelos agentes atmosféricos.

Argilas secundárias ou sedimentares são mais finas e plásticas que as primárias, podendo, no entanto, conter impurezas.

4.2.2. Propriedades da argila natural

As argilas são as principais matérias-primas da indústria de cerâmica vermelha para a confecção de massas cerâmicas e, portanto, são consumidas em grandes quantidades. Para serem economicamente viáveis é necessário que essas matérias-primas tenham um custo de extração e beneficiamento baixo.

Existe uma variação em relação à composição química da argila normalmente é possível fabricar produtos de cerâmica vermelha e conseqüentemente agregados de argila calcinada com variadas argilas, entretanto, é de se esperar produtos com propriedades bem diversificadas em função da argila escolhida. Contêm diversos minerais em sua estrutura como quartzo, feldspatos, micas e minerais de ferro, matérias orgânicas e demais componentes em pequenas quantidades. Apresentam resistência mecânica após a queima, possibilitando a aplicação de técnicas de processamento simples.

O tamanho das partículas de argila é uma característica muito importante, uma vez que influencia muitas outras propriedades como: a plasticidade, a tensão ou o módulo de ruptura à flexão e a troca iônica. (SANTOS,1989), alerta que se deve conhecer a composição química das argilas a fim de se obter informações para a avaliação de seus usos específicos. No entanto, essas informações devem ser complementadas com dados sobre a mineralogia, granulometria e outros parâmetros.

4.3 Resíduos utilizados nos experimentos

4.3.1 Jateamento com micro esferas de vidro

O jateamento é um método de preparação de superfícies difundido como ferramenta industrial usado como tratamento mecânico superficial, os quais removem todo e qualquer tipo de revestimentos, descarbonização e contaminantes com aplicação no processo de limpeza nas áreas industriais, automotiva, ferroviária, naval, aeronáutica e rodoviária, deixando a superfície limpa e seca, facilitando o tratamento químico de superfície como decapagem química, remove carepas das peças usinadas e areia de fundição remanescente das peças moldadas.

É usada para limpar moldes em geral, martelamento "*shot peening*" em ferramentas de corte ou palhetas de turbinas de aviação, em preparo de peças para pinturas estabelecendo um perfil de rugosidade melhorando seu aspecto visual aumentando a fixação da tinta a ser aplicada dando um melhor acabamento.

O processo está intimamente relacionado à melhoria das características metalúrgicas superficiais dos metais resolvendo problemas de resistência à fadiga mecânica ou térmica, corrosão, rugosidade, porosidade, dureza, tensão residual, conformação, inspeção e outros vinculados à fabricação de peças mecânicas ou estruturais.

O jateamento pode ser feito através de turbinas ou por ar comprimido, além de ser um processo econômico e rápido, em ambientes fechados, evitando assim a contaminação ambiental, sem nenhum risco para os operadores e o meio ambiente.

Outra aplicação de esferas de vidro de tipos especiais é na fabricação de placas para luminosos de sinalização e nas faixas de sinalização formando uma película refletiva.

O micro esfera de vidro contém sílica amorfa com toxicidade pequena. Obtida com a fusão de vidro selecionado, por ser material inerte não reage com a grande maioria das substâncias, com característica abrasiva de forma esférica, densidade elevada, dureza e resistência, situam-se entre 5 e 7 na escala MOHS.

Os resíduos de micro esfera de vidro são gerados nas câmaras de jateamento após o uso no processo a que foram submetidas, sua classificação segundo a norma ABNT NBR 10004/2004 é de resíduos sólidos industriais inertes, Classe IIB, portanto podendo ser utilizado para reciclagem. Com teor de sílica acima de 65% é produzida por matérias-primas naturais, não é biodegradável, sendo o vidro infinitamente reciclável, independentemente do número de vezes que o material for utilizado.

4.3.2 Areia de fundição

O termo areia é, normalmente, usado para o agregado miúdo resultante da desintegração natural e da abrasão de rochas ou processamento de rochas arenosas friáveis (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

O principal componente da areia de moldagem ou de macharia utilizada nas fundições é um agregado fino, mineralogicamente puro, denominado "areia-base" (ABIFA, 1999; MARINO, 2003).

4.3. 3 O Segmento de fundição no Brasil

No Brasil a produção da indústria de fundidos de peças em aço, ferro e ligas não ferrosas está concentrada nas regiões Sul e Sudeste conforme esta demonstrado na figura 4.1. segundos os dados de agosto de 2006 da Associação Brasileira de Fundição - ABIFA.

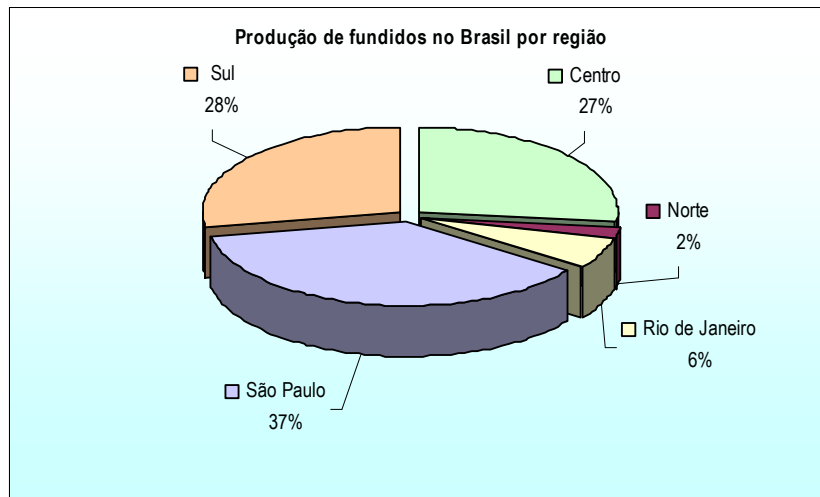


Figura 4.1 - Quantidade de fundidos por região no Brasil.

4.3.4 Definição da tecnologia de fundição

A tecnologia de fundição é o princípio clássico *de Arquimedes* “o líquido toma a forma do vaso que o contém”.

O processo tecnológico de fundição depende de duas operações independentes: primeiramente a fusão e homogeneização do metal e segundo a produção do molde para obter peças com propriedades determinadas com as dimensões, forma e acabamentos definidos em projeto. A definição de fundição é a conformação do metal em estado líquido, vertendo dentro do molde, para após a solidificação obter a peça moldada.

4.3.5 Resíduos de fundição - areias de fundição

O processo de fabricação de peças fundidas utiliza grande quantidade de areia para confecção dos moldes e machos. O índice de consumo de areia, dependendo do tipo de peça, varia de 800 a 1.000 Kg para cada peça de 1.000 Kg e conforme dados da ABIFA (Associação Brasileira de Fundição) o Brasil gera quase dois milhões de toneladas anuais, correspondendo a mais de três quartos do total de resíduos gerados pela indústria de Fundição.

4.3.6 Componentes da areia de fundição

Segundo (BONIN et al, 1995), as areias de fundições descartadas são umas misturas de areia utilizada no moldes e machos, ou seja, incluem descartes da areia de formação da caixa de moldagem e da areia de moldagem dos machos.

Os componentes para obtenção da areia de fundição basicamente são: pó de carvão, bentonita, amido de milho, aglomerantes orgânicos ou inorgânicos e água. Dentre os componentes citados, os aglomerantes orgânicos que evidencia o caráter de resíduos de classe I para o areia de fundição. Como aglomerantes orgânicos (resinas), descritos por (MARIOTTO, 1984), podem ser encontrados os seguintes produtos:

- a) Sistemas fenol-formaldeídos, constituídos de resinas fenol - formaldeído parcialmente condensadas mais hexamina;
- b) Sistemas furânicos: constituídos de composição tais como: álcool furfurílico, uréia ou uréia - formaldeído ou fenol - formaldeído
- c) Sistemas uretânicos; constituídos por fenol-formaldeído mais isocianato ou polisocianato e catalizadores líquidos ou gasosos.

A utilização da resina fenólica ocorre porque esta confere um melhor acabamento na peça e uma boa resistência no molde, ganhando importância nos processos atuais de fundição. Contudo, após o uso é realizada a desmoldagem da peça, ficando a areia contaminada com a resina fenólica (ABIFA, 1999; MARIOTTO, 2000).

5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O desenvolvimento do trabalho foi constituído em várias etapas descritas a seguir, bem como os materiais e as metodologias utilizados, também os equipamentos e técnicas de caracterização são apresentados neste capítulo.

5.1. Critérios de amostragem dos materiais para o experimento.

A realização do experimento atendeu aos quesitos da Norma NBR 10007/2004, observando a representatividade e a quantidade suficiente de materiais para finalizar o experimento, que se constitui de: resíduos de areia de fundição, resíduos de micro esferas de vidro (poeira de jateamento) e argila para fabricação de blocos de cerâmica.

5.1.1 Resíduos de areia de fundição

A amostragem dos resíduos da areia de fundição foi cedida por indústria de fundição, situada na região metropolitana de Curitiba, que tem grande interesse nas pesquisas com este tipo de resíduo, foi coletada exatamente como sai do processo de cura em forma de blocos e submetidos à trituração em grãos.

5.1.2 Resíduos de micro esferas de vidro /poeira de jateamento

O resíduo de micro esferas de vidro foi cedido por indústria de tratamento de superfície, o qual foi retirado do setor de limpeza mecânica da empresa, após o uso nas câmaras de jateamento.

5.1.3 Amostragem Argila Taguá

A argila natural retirada em forma de lâminas da jazida de Campo do Tenente, região metropolitana de Curitiba denominada como argila Taguá (termo originário do Tupi, “ta-wa”, que significa argila amarela), a qual apresenta característica plástica e alto teor de óxido de ferro.

5.2 Classificação dos resíduos sólidos

A avaliação ambiental tem sido um grande limitador do ponto de vista do órgão fiscalizador quando à possibilidade de reciclagem de um determinado resíduo, em decorrência é exigida a comprovação de que as substâncias nocivas presentes no resíduo inicial, não prejudicarão o meio ambiente, após o processo de reciclagem. Esta verificação é fundamental e deve obedecer aos critérios da norma ABNT NBR 10004/2004, a qual adota a seguinte classificação:

Classe I – Perigosos: quando apresentam, em função de suas propriedades físico-químicas ou infecto-contagiosas, risco à saúde pública ou risco ao meio ambiente quando gerenciados de forma inadequada.

Classe II – Não Perigosos: divididos em:

Classe IIA – Não inertes: são aqueles que podem ter propriedade de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Classe IIB – Inertes: são resíduos que submetidos ao contacto dinâmico e estático com água destilada, a temperatura ambiente, e no extrato solubilizado não apresentam nenhum de seus constituintes superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme consta anexo G, da citada norma.

A classificação dos resíduos envolve, conhecer os constituintes das matérias-primas, os insumos, a identificação do processo que deu origem e devem ser feitos de forma criteriosa, observando as características das substâncias e o impacto à saúde e ao meio ambiente. Parâmetros estes determinados através dos métodos: ABNT-NBR 10005/2004 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado e ABNT-NBR 10006/2004 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado dos resíduos sólidos.

Para a obtenção do extrato de lixiviação e solubilização, inicialmente os corpos de provas foram triturados para passar em peneira de malha de 9,5 mm, as análises das soluções de lixiviação e solubilização dos resíduos e dos corpos de prova após a queima foram realizados no Laboratório de Análises Ambientais da PUCPR, com os procedimentos conforme preconizam as metodologias utilizadas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20 th Edition 1998, apresentado na Tabela 5. 1.

Tabela 5.1 - Parâmetros e metodologias aplicadas.

Parâmetros	Metodologias		Limite detecção	SM 20 th Edition 1998
Alumínio	3111-D	E. A A.	0,05 ppm	Pág.3-20, 21
Cádmio	3111-B C	E. A A.	0,01ppm	Pág.3-17, 19
Cromo total	3111-B, C	E. A A.	0,001ppm	Pág. 3-17, 20,21
Cálcio	3111-B, D, E	E. A A.	0,04ppm	Pág. 3-17, 20,21
Chumbo	3111-B e C	E.A.A.	0,01 ppm	Pág. 3-15;17; 19
Cloretos	4500-E	Fotométrico UV	1ppm	Pág. 4-70
Cianeto	4500 – E	Fotométrico UV	0,025 ppm	Pág. 4-39
Ferro total	3111 – B	E. A A.	0,05 ppm	Pág.3-17, 19
Índice de Fenóis	5530 C	4 aminoantipirina	0,1 ppm	Pág.5-42
Magnésio	3111 – B	E. A. A.	0,02 ppm	Pág. 3-17
Manganês	3111 – B, C	E. A. A.	0,01 ppm	Pág.3-15 a 3-19;
Potássio	3111 – B	E.A. A.	0,03ppm	Pág.3-17; 3-15
Silício	3111 – A	E. A A.	1 ppm	Pág.3 -13; 3-15
Sódio	3111 – B	E. A A.	1 ppm	Pág.3 -15; 3-17
Sulfato	4500 – B	Colorimétrico	1 ppm	Pág. 4 -176
pH	4500 H+B	Potenciométrico	-	Pág. 4 - 87

A leitura dos parâmetros de Cádmio, Cromo, Ferro, Manganês, Potássio, Sódio, Chumbo e Zinco foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica modelo Varian – plus 250, nas seguintes características do aparelho, conforme ilustra a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Dados técnicos para leitura no equipamento de absorção atômica.

Elemento	Comprimento de onda (nm)	Chama	Faixa de Calibração (ppb)	Corrente da Lâmpada	Marca da Lâmpada
Cádmio	228.8	Acetileno	0.5-2.0	6 mA	Varian
Cromo	357.9	Óxido nitroso	0.5-2.0	7 mA	Varian
Ferro	248.3	Acetileno	1.0-15.0	5 mA	Varian
Manganês	279,5	Acetileno	1.0-15.0	5 mA	Varian
Potássio	766,5	Acetileno	1.0-15.0	5 mA	Varian
Sódio	589,6	Acetileno	1.0-15.0	5 mA	Varian
Chumbo	217.0	Acetileno	0.5-2.0	5 mA	Varian
Zinco	213.9	Acetileno	0.5-2.0	5 mA	Varian

A determinação de índices de fenóis, cloretos, cianetos e sulfatos, foi feita através do equipamento HACH, modelo DR 2400.

5.3 Caracterização dos materiais utilizados no experimento

Os materiais utilizados foram classificados e caracterizados por técnicas de: Análise Química por Fluorescência de Raios - X (FRX) e Análise Mineralógica por Difração de Raios-X (DRX).

5.3.1 Análise química – Fluorescência de Raios X

Na realização das análises utilizou-se o método semi-quantitativo para a argila natural, para os resíduos de areia de fundição e para as micro esferas de vidro. Estas análises foram determinadas através da fluorescência de RX, por energia dispersiva (RFX). Para isso,

utilizou-se o equipamento espectrômetro por fluorescência de raio-X, marca PHILIPS Modelo PW 2400, em atmosfera de vácuo, alocado no Laboratório de Análises de Minerais e Rochas - LAMIR / UFPR.

Os materiais utilizados foram moídos e depois de confeccionadas pastilhas conforme procedimento de análises em FRX, os resultados obtidos são apresentados na forma dos óxidos mais estáveis dos elementos químicos presentes.

A perda ao fogo foi obtida através da medida da perda de massa com aquecimento de até 1000°C ou 1050°C (SANTOS, 1989), em mufla marca Biotec do Laboratório de Análises de Minerais e Rochas - LAMIR / UFPR.

5.3.2 Análise mineralógica dos materiais - Difração de Raios X

Com a finalidade de identificar as fases cristalinas dos materiais, bem como da composição selecionada após a queima dos corpos de prova através da análise mineralógica, utilizou-se o difratômetro de raios-X marca PHILIPS, modelo PW 1710, com tensão de 40kV e a corrente de 30mA.

A avaliação das fases de cada matéria-prima e produto final analisados foi dada por comparação entre os picos gerados no difratograma com cartas padrões do Diffraction software PC-APD, cadastradas no ICDD (Internacional Centre for Diffraction Data). O equipamento está alocado no Laboratório de Análises de Minerais e Rochas - LAMIR / UFPR.

5.4 Avaliação dos corpos de prova

Os corpos de prova foram submetidos à avaliação das propriedades físicas após o processo de queima. A avaliação foi feita inicialmente pela análise visual do aspecto superficial, e em seguida pelos ensaios conforme preconiza a Associação Brasileira de Norma Técnicas, como segue: Absorção de Água (AA), Massa Específica Aparente (MEA); Porosidade Aparente (PA), Módulo de Resistência à Flexão (MRF), Variação Linear

Dimensional (VLD); e ainda para os corpos de prova que apresentaram as melhores propriedades foi realizada a avaliação mineralógica por difração de raios X (DRX) e a microscopia eletrônica de varredura MEV, além da avaliação de caracterização ambiental.

5.4.1 Análise visual do aspecto superficial

Consiste em avaliar corpos de prova após a queima quanto à variação da cor, quanto à resistência ao esfarelamento com as mãos dos componentes presentes e alterações nas bordas em função ao tratamento térmico.

5.4.2 Absorção de Água - AA

Para o ensaio de absorção de água por imersão (Abs_{cp}), foram empregados 5 corpos de prova para cada uma das 6 composições, depois de submetidos as diferentes temperaturas de queima.

Conforme definido na norma NBR 13818/1987 anexo B, foram secos em estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5$, durante 24 horas, resfriados em dessecador e pesados em balança analítica de resolução de 0,0002g (M_1). Em seguida, submetidos à imersão vertical com água deionizada, e aquecida durante 2 horas, resfriados até a temperatura ambiente, após o que os corpos de prova foram secos suavemente com o auxílio de pano levemente umedecido para retirada do excesso de água e pesados imediatamente (M_2), a fim de calcular o valor de água que cada corpo de prova absorveu durante a imersão.

Os resultados foram obtidos segundo a equação 5.1 e com média aritmética de cinco corpos de prova distintos.

$$Abs = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad [5.1]$$

Onde:

M_1 = massa em grama dos corpos de prova secos;

M_2 = massa em grama dos corpos de prova saturados H_2O

5.4.3 Massa Específica Aparente (MEA)

Para determinação da massa específica aparente com base na NBR 6220/1997, foram empregados 5 corpos de prova para cada uma das 6 composições, depois de submetidos às diferentes temperaturas de queima, foram retiradas as partículas que estavam soltas no corpo-de-prova, em seguida secos em estufa até peso constante, resfriados em dessecador e pesados em balança analítica com resolução de 0,0002g obtendo assim a massa seca (M_s).

Na seqüência, os corpos de prova foram submetidos à imersão vertical com água deionizada, em uma cesta adaptada em becker de 2000 mL, para evitar que tocassem no fundo e levados a fervura durante 2 horas, em seguida resfriados até a temperatura ambiente. Após isto foi pesada imersa em água pelo método da balança hidrostática, e assim determinada a massa imersa (M_i).

O volume aparente (em cm^3) é o volume de poros abertos no corpo-de-prova em relação ao seu volume total, de acordo com a Equação 5.2.

$$VA = \frac{Mu - Mi}{Me} \quad [5.2]$$

Onde:

VA = volume aparente (cm^3)

M_i = massa imersa dos corpos de prova em gramas;

M_u = massa em gramas dos corpos de prova saturados com H_2O ;

M_e = Massa específica da água ($1,0g/cm^3$).

A massa específica aparente foi calculada pela equação 5.3 através da relação entre massa (M_s) e o volume aparente obtidos pela média aritmética de cinco corpos de prova distintos.

$$MEA = \frac{M_s}{V_a} \quad [5.3]$$

Onde:

MEA = massa específica aparente em g/cm^3

M_s = massa do corpo-de-prova seco (g);

V_a = volume aparente (cm^3)

5.4.4 Porosidade Aparente – PA

A determinação da Porosidade Aparente (PA) tem por finalidade avaliar em qual temperatura a cerâmica apresenta maior grau de impermeabilidade. Foi obtida com base na NBR 6220/1997, através da Equação 5.4, é medida em porcentagem, levando em consideração o volume de poros abertos do corpo-de-prova em relação ao seu volume total.

$$Pa\% = \left(\frac{Mu - Ms}{Me - Va} \right) \times 100 \quad [5.4]$$

Onde:

Pa = Porosidade aparente em (%);

5.4.5 Variação Linear Dimensional – (VLD)

Com base na Norma ABNT NBR 6225/2001 – Determinação de Variação Linear Dimensional, avaliou-se o comportamento das composições através das medidas dos corpos de prova após a compactação, à temperatura 110°, após a queima conforme Tabela 5.4.

Os resultados da variação linear dimensional (VLD) são expressos em porcentagem, com uma casa decimal, calculada por meio da equação 5.5.

$$VLD = \frac{Lf - L_0}{L_0} \times 100 \quad [5.5]$$

Onde:

L_0 = é a média aritmética das medidas iniciais efetuadas no corpo de prova antes do tratamento térmico;

L_f = é a média aritmética das medidas efetuadas no corpo de prova, após tratamento térmico.

As leituras foram convertidas para valores reais em milímetro e os corpos de prova foram medidos individualmente correspondendo ao comprimento, por meio do paquímetro aferido com resolução mínima de 0,1mm, conforme apresentado na Figura 5.1.



Figura 5.1 - Medições da variação linear dimensional.

5.4.6 Módulo de Resistência à Flexão (MRF)

Este ensaio visa avaliar a influência das composições quanto à resistência. Conforme descrito no anexo C da ABNT NBR 13818/1997, os corpos de prova foram secos em estufa a $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ até massa constante e esfriada em dessecador, submetidos ao ensaio de flexão em 3 pontos, ilustrados na Figura 5. 2.

Para este estudo foi utilizado o equipamento de ensaios universais da EMIC, com a célula de carga de menor capacidade (20kN) e com sensor de carga máxima de 0,5kN, a fim de se obter maior precisão dos resultados. Foi realizado no Laboratório de Matérias do Departamento de Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica.

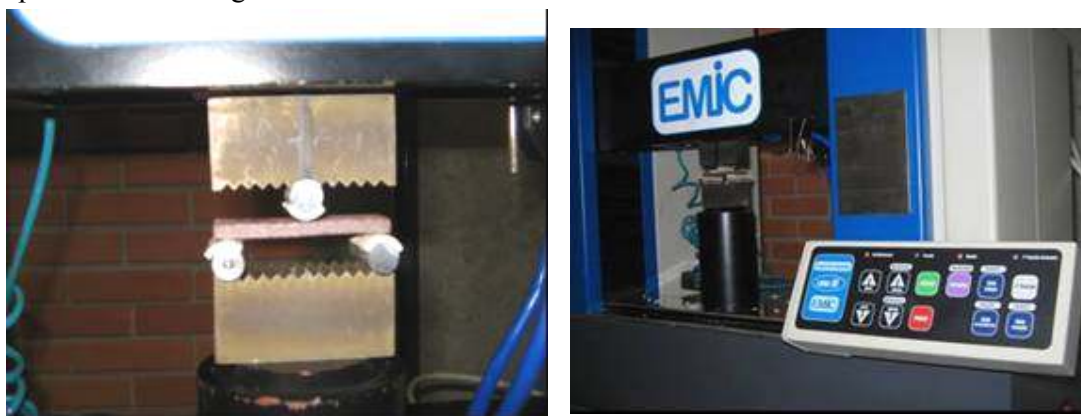


Figura 5. 2 - Equipamentos para medição do módulo de resistência à flexão

O Módulo de Resistência à Flexão (MRF) foi calculado, aplicando a Equação 5.6 e foi obtido pela média aritmética de cinco valores em corpos de prova distintos.

$$MRF(MPa) = \frac{3F \times L}{2b \times e^2_{\min}} \quad [5.6]$$

Onde:

MRF = Módulo de Resistência à Flexão em (Newtons);

F = Força de ruptura (Newtons);

L = Distância entre as duas barras de apoio (mm);

b = Comprimento da peça ensaiada (mm);

$e^2_{\min}$ = Mínima espessura medida na seção de ruptura(mm).

5.4.7 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi utilizada com a finalidade de observar eventuais transformações de fases, bem como, identificação da porosidade e textura do material formado pela variação da temperatura e dos materiais das composições estudadas.

Inicialmente os corpos de prova foram metalizados para tornarem-se condutores através do equipamento BALTEC SCD 005 e utilizou-se o MEV - Modelo JEOL JSM 6360LV, com capacidade de aumento de 50 a 300.000 vezes.

5.5 Preparação das composições para confecção dos corpos de prova

Os materiais utilizados no experimento foram secos separadamente em laboratório, em estufa de marca FANEN a $110^\circ \pm 5^\circ$ por um período de 24 horas. Em seguida, com o auxílio do moinho de Carbetto de Tungstênio, conforme Figura 5.3, foram triturados e

homogeneizados, passados por peneiras granulométricas de 35 mesh, identificados e acondicionados em recipientes hermeticamente fechados.



Figura 5.3 -Moinho de Carbetto de Tungstênio

5.5.1 Confeção dos corpos de prova do experimento

A preparação dos corpos de prova foi desenvolvida no Laboratório de Tecnologia Ambiental – LTA – UFPR.



Figura 5.4 - Componentes do experimento: areia de fundição, micro esfera de vidro e argila Taguá

A Figura 5.4 ilustra o aspecto dos materiais, onde a cor branca corresponde aos resíduos de micro esfera de vidro (poeira de jateamento), a coloração escura indica o resíduo

de areia de fundição, e a coloração tijolo, característica da argila Taguá, refere-se à argila natural.

Os corpos de prova foram confeccionados com variações aleatórias dos resíduos adicionados a argila Taguá, o critério de escolha das proporções dos componentes para o experimento foi o de utilizar a maior quantidade de resíduos de areia de fundição possível, devido à grande quantidade disponível.

Com base nos testes iniciais, foram selecionadas seis composições para confecção dos corpos de prova e identificadas com as letras de A até F, como mostra a Tabela 5.3.

Os materiais foram pesados separadamente, totalizando 12 gramas, homogeneizados em cápsula de porcelana, com auxílio do pistilo, em seguida adicionou-se 6 mL de água para facilitar a compactação dos materiais e a sua homogeneização.

Tabela 5. 3 - Identificação e composição dos corpos de prova do experimento.

Identificação das composições	% em peso das matérias - primas		
	Areia de fundição	Micro esfera de vidro	Argila Taguá
A	75	15	10
B	70	20	10
C	70	15	15
D	80	10	10
E	65	20	15
F	65	10	25

5.5.2. Preparação e compactação dos materiais

Em seguida os materiais foram compactados em molde de aço ferramenta, para garantir a reprodutibilidade. As dimensões dos moldes são de 60x20x5mm e estão demonstrados conforme a Figura 5.5.



Figura 5.5 - Molde utilizado na compactação dos corpos de prova

Teoricamente a técnica da prensagem uniaxial é a utilizada para a conformação e a compactação dos corpos de prova, a qual consiste na aplicação de uma carga sobre a matriz contendo pó, com a função de reduzir o ar contido na massa cerâmica. Para esta ação foi utilizada a prensa manual marca SCHULTZ, sob a pressão de 200kgf/cm^2 , com o tempo de permanência de 30 segundos.

Foram confeccionados 60 corpos de prova de cada composição e identificados individualmente com as letras A, B, C, D, E, F, secados ao ar livre por 24 horas e analisados quanto ao aspecto superficial, num total de 360 peças.

5.5.3 Secagem e queima dos corpos de prova

Para a retirada da umidade foram expostos em estufa de secagem na temperatura de $110^\circ \pm 5^\circ$ até obtenção de peso constante, e após resfriados em dessecador.

Nesta fase foi determinada a massa específica aparente e a variação linear dimensional, com a finalidade de comparação das alterações dos parâmetros verificados nos corpos de prova depois de submetidos às temperaturas variadas, conforme propõe e experimento.

Os corpos de prova foram dispostos em placas de apoio revestidas com óxido de cálcio com a finalidade de evitar que a possível fusão dos materiais em estudo comprometesse o forno de aquecimento.

Foram queimadas as composições identificadas pelas letras A,B,C,D,E e F em temperaturas de 1180°C, 1200°C e 1230°C, com 1 e 2 horas de permanência devido ao alto teor de sílica que integra cada composição, prevendo assim a segurança da interação química dos metais pesados presentes nos resíduos na fase vítrea.

A fusão dos componentes, obtém – se, através da queima dos corpos de prova, onde ocorre a alteração da estrutura microscópica, ocorrendo várias reações no estado sólido dos elementos as quais são ativadas termicamente.

O forno utilizado é da marca LINN - ELECTRO THERM com programação automática, e o aquecimento inicial aplicado foi de 450°C durante duas horas, com uma taxa de aquecimento crescente e gradual.

Obedecendo-se ao critério de diferentes temperaturas estabelecido na Tabela 5.4, os corpos de prova permaneceram no forno até o esfriamento para temperatura aproximada de 120°C.

Tabela 5.4 - Temperatura de queima dos corpos de prova

Identificação das composições	Numeração dos corpos de prova	Temperatura de queima °C	Tempo de queima
A, B, C, D, E, F.	1 a 9	1180°	1 hora
A, B, C, D, E, F.	10 a 19	1180°	2 horas
A, B, C, D, E, F.	20 a 29	1200°	1 hora
A, B, C, D, E, F.	30 a 39	1200°	2 horas
A, B, C, D, E, F.	40 a 49	1230°	1 hora
A, B, C, D, E, F.	50 a 59	1230°	2 horas

6. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1 Classificação dos resíduos utilizados no experimento

6.1.1 Classificação dos resíduos da areia de fundição

Para a indústria de fundição dispor os resíduos de areia de fundição é necessário à caracterização e classificação conforme preconiza a NBR ABNT 10004/2004, embora no anexo H da mesma norma classifique o resíduo de areia de fundição como não perigoso, excluídos quando incorporada alguma substância constantes nos anexos C, D ou E que apresentem características de periculosidade.

Tabela 6.1 - Limites mínimos permitidos dos elementos para disposição dos resíduos da areia de fundição e classificação

Parâmetros	< LQ Limite Quantificação mg/L	Lixiviado mg/L	Lixiviado anexo F Limite máximo NBR10004 mg/L	Solubilizado mg/L	Solubilizado anexo G Limite máximo NBR10004mg/L
Alumínio	0,10	-	-	301	0,20
Bário	0,3	< LQ	70,0	1,43	0,7
Cádmio	0,003	< LQ	0,5	0,04	0,005
Chumbo	0,01	0,05	1,0	0,03	0,01
Cloretos	1,0	-	-	32,1	250,0
Cobre	1,0	-	-	0,18	2,0
Cromo Total	0,01	0,06	5,0	0,09	0,05
Fenóis Totais	0,01	-	10	0,37	0,01
Ferro	0,01	-	-	62,2	0,3
Fluoreto	0,5	0,22	150	0,16	1,5
Manganês	0,01	-	-	0,15	0,1
Nitrato (N)	1,0	-	-	0,63	10,0
Sódio	1,0	-	-	108,0	200,0
Sulfato (SO ₄)	1,0	-	-	26	250,0
Zinco	1,0	-	-	0,33	5,0

< LQ = Menor que Limite de Quantificação

A Tabela 6.1 mostra os limites mínimos permitidos dos elementos para disposição dos resíduos de da areia de fundição e no extrato obtido por lixiviação nenhum dos parâmetros apresentaram valores acima do que estabelece o anexo F, já para o solubilizado os parâmetros de Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Ferro e Manganês, apresentaram valores acima do que o estabelecido no anexo G da referida norma.

6.1.2. Classificação dos resíduos de micro esfera de vidro (poeira de jateamento)

A classificação dos resíduos esta apresentada na Tabela 6.2. na avaliação quanto à lixiviação nenhum dos parâmetros elencados apresentam-se acima dos valores permitidos no anexo F, entretanto, no solubilizado os parâmetros de Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cromo total, Manganês, Sódio e Zinco estão fora dos limites estabelecidos para o anexo G.

Tabela 6.2 Limites mínimos permitidos dos elementos para disposição dos resíduos do micro esferas de vidro (poeira de jateamento) e classificação

Parâmetros	< LQ Limite Quantificação mg/L	Lixiviado mg/L	Lixiviado anexo F Limite máximo NBR10004 mg/L	Solubilizado mg/L	Solubilizado anexo G Limite máximo NBR10004 mg/L
Alumínio	0,10	-		66	0,20
Cádmio	0,003	< LQ	0,5	0,04	0,005
Chumbo	0,01	0,05	1,0	0,06	0,01
Cloretos	1,0	-	-	132,1	250,0
Cobre	1,0	-	-	0,09	2,0
Cromo Total	0,01	0,96	5,0	0,28	0,05
Ferro	0,01	-	-	218,2	0,3
Manganês	0,01	-	-	0,23	0,1
Nitrato (N)	1,0	-	-	0,46	10,0
Sódio	1,0	-	-	315,0	200,0
Sulfato (SO ₄)	1,0	-	-	78	250,0
Zinco	1,0	-	-	11,6	5,0

< LQ = Menor que Limite de Quantificação

6.2 Composição química - Fluorescência de Raios X - (FRX)

As composições químicas dos resíduos e da argila Taguá estão apresentadas graficamente nas Figuras 6.1 a 6.3. Observou-se que para os três materiais ficou evidenciado o alto teor de SiO_2 , sendo que para os resíduos de areia de fundição foi de 92,66%, para os resíduos de micro esfera de vidro de 75,50% e para a argila natural de 54,58%. Constatou-se também a presença de óxidos corantes Fe_2O_3 de 8,33% o que atribui à cor avermelhada da argila, além de substâncias que facilitam a fusão dos materiais como K_2O de 4,98% presente na argila e Na_2O de 10,13% presente nos resíduos de micro esfera de vidro.

Quanto à perda ao fogo o componente que apresentou o maior valor foi argila natural com 7,91% em seguida 2,80% para a areia de fundição e 0,45% para micro esfera de vidro.

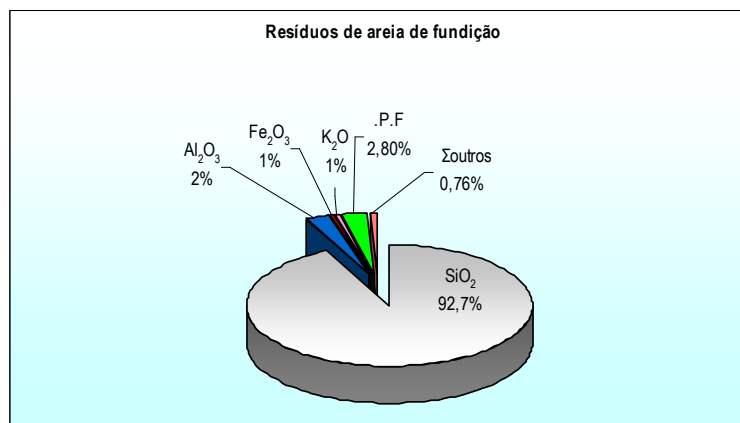


Figura 6.1- Análise quantitativa de resíduos de areia de fundição.

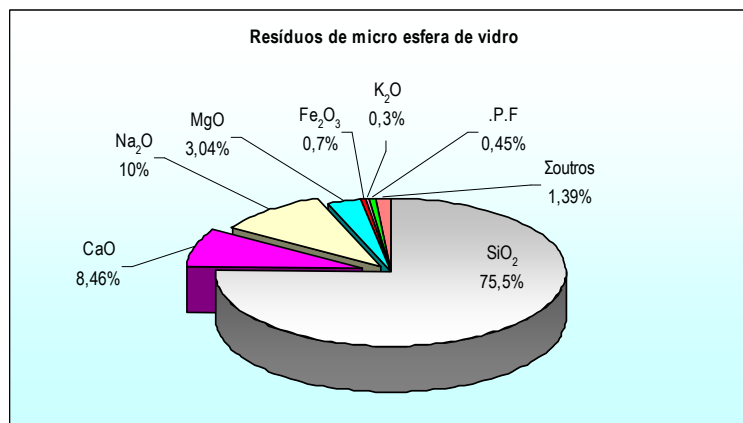


Figura 6.2 - Análise quantitativa de resíduos de micro esfera de vidro.

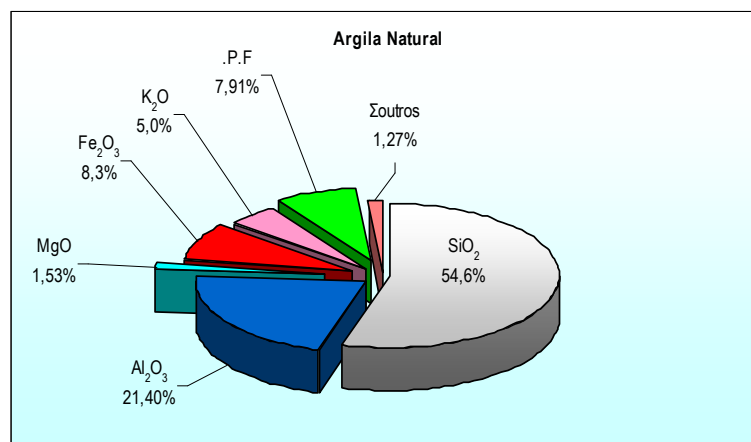


Figura 6.3. Análise quantitativa de argila Taguá

6.3. Caracterização mineralógica – Difração Raios X - (DRX)

Os difratogramas de raios X com a interpretação da caracterização mineralógica dos materiais utilizados no experimento estão apresentados nas Figuras 6.4 a 6.6.

6.3.1 Difratograma dos resíduos de areia de fundição

A Figura 6.4 mostra picos característicos de estrutura cristalina e ainda é possível visualizar material amorfo pela altura da linha base em relação à linha zero, justificada pelo resfriamento brusco, e em função dos resíduos de fundição sofrerem inúmeros choques térmicos durante o processo de fundição das peças.

A Tabela 6.3 apresenta a composição mineral dos resíduos de areia de fundição.

Tabela 6.3 Composição mineral dos resíduos de areia de fundição

Referência	Composição mineral	Fórmula Química
86-1560	Quartzo - Qtz	SiO ₂

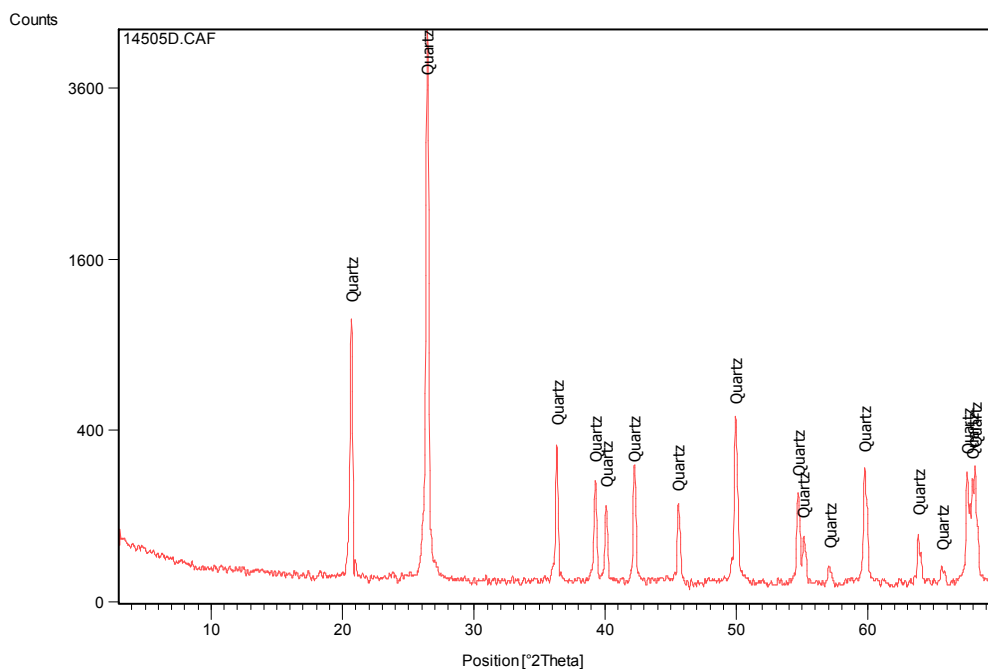


Figura 6.4 Difratoograma do resíduo - areia de fundição

6.3.2 Difratoograma dos resíduos de micro esfera de vidro (poeira de jateamento)

O Difratoograma micro esfera de vidro (poeira de jateamento), conforme a Figura 6.5 demonstra característica de estruturas amorfas, que é confirmada pela altura da linha base de fundo em relação ao ponto zero. A presença de halo entre 10° e 40° de 2 θ evidencia a presença de estruturas amorfas.

A presença de aglomerado de pequenos picos de fase cristalina não permite decifrar claramente a composição mineralógica, a Tabela 6.4, apresenta a composição mineralógica do resíduo.

Tabela 6.4 Composição mineral dos resíduos de micro esfera de vidro.

Referência	Composição mineral	Fórmula Química
86-1560	Quartzo - Qtz	SiO ₂

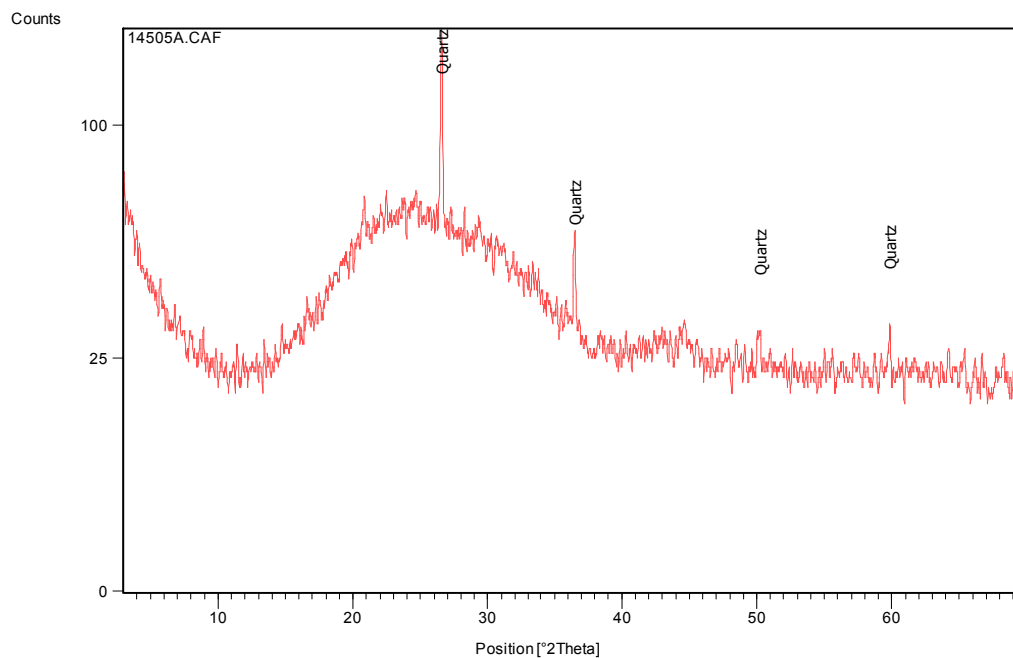


Figura 6.5 - Difratoograma do resíduo - micro esfera de vidro

6.3.3 Difratoograma da argila Taguá

No difratograma da argila apresentado na Figura 6.6 mostra a composição da argila Taguá onde consta a presença de quartzo, magnetita, anatásio e illita um argilomineral composto de silicato de alumínio hidratado de estrutura lamelar. As camadas sucessivas estão ligadas entre si pelos átomos de potássio, auxiliando na plasticidade e compactação nas amostras cruas, sendo que o elemento potássio dá característica de fundente para a mistura de cerâmica, conforme apresentado na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 Composição mineral da argila

Referência	Composição mineral	Fórmula química
65-0466	Quartzo - Qtz	SiO ₂
26-0911	Ilita	(K, H ₃ O) Al ₂ Si ₃ Al O ₁₀ (OH) ₂
	Anatásio	Ti O ₂
76-0958	Magnetita	Fe ₃ O ₄

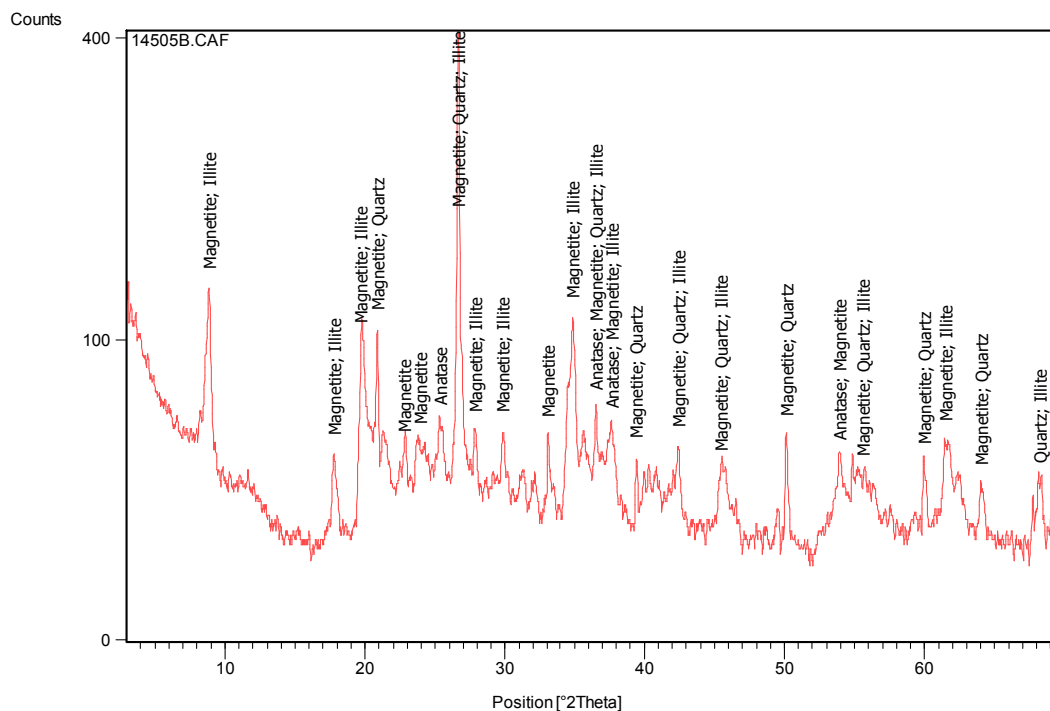
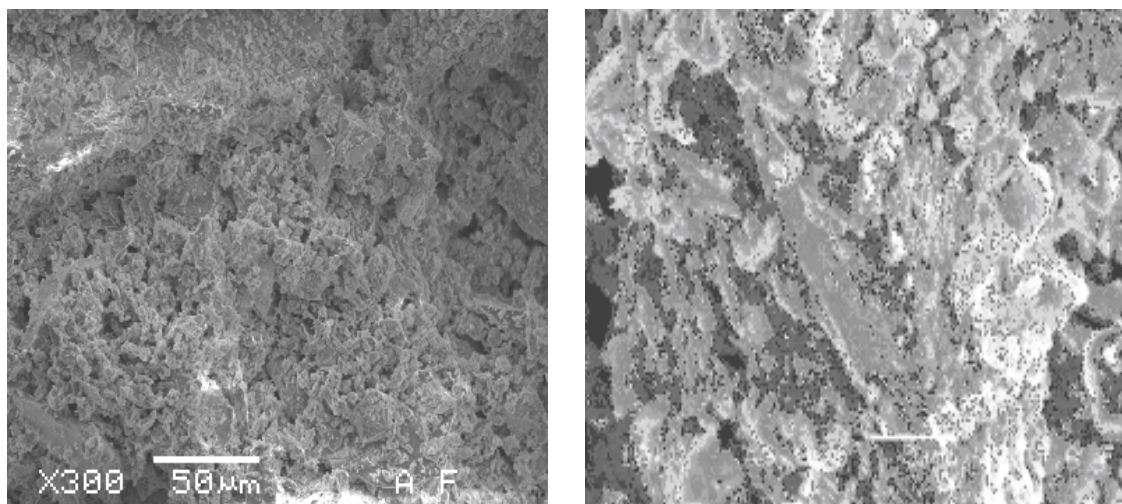


Figura 6.6 – Difratoograma da argila Taguá

6.4 Microscopia Eletrônica de Varredura - (MEV)

6.4.1 Micrografia dos resíduos de areia de fundição

Realizou-se análise macroestrutural de amostras de resíduos de areias de fundição e as micrografias estão ilustradas na Figura 6.7 (a), onde se observa estrutura heterogênea, complementando a visualização na magnitude 3000X, notam-se formatos irregulares que provavelmente, está relacionada com a característica do processo tecnológico de fundição do metal em altas temperaturas nas formas de areia.



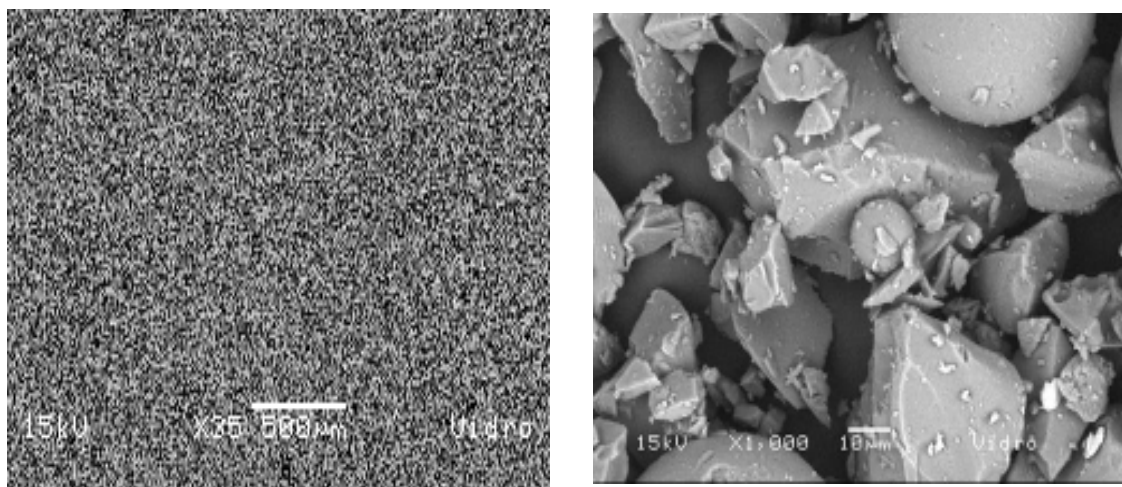
(a)300x

(b)3000x

Figura 6.7 - Micrografia Eletrônica de Varredura – resíduo areia de fundição
Magnitude (a) 300x e (b) 3000x

6.4.2 Micrografia dos resíduos de micro esfera de vidro

A microscopia dos resíduos de micro esfera de vidro mostra na Figura 6.8 (a) e (b) um aspecto físico heterogêneo, formado por cavacos de vidro de formatos irregulares, provenientes dos choques gerados pela ação da limpeza mecânica nas câmaras de pressão.



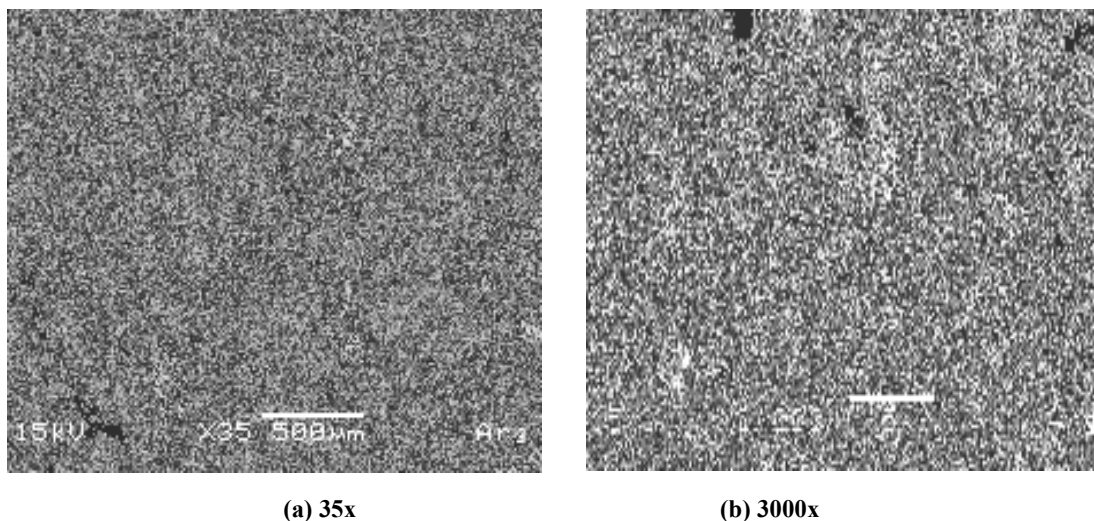
(a)35x

(b)1000x

Figura 6.8 - Micrografia Eletrônica de Varredura - resíduos de micro esfera de vidro
Magnitude (a) 35x e (b) 1000x

6.4.3 Micrografia de argila Taguá

A microscopia da argila Taguá mostra um aspecto físico com variações quanto à granulometria e apresenta também aglomerados das partículas mais finas conforme evidenciado na Figura 6.9.



**Figura 6.9 - Micrografia Eletrônica de Varredura - Argila Taguá
Magnitude (a)35x e (b) 3000x**

6. 5 Avaliação dos corpos de prova após a queima

Nesta etapa do trabalho os ensaios dos corpos de prova seguiram as normas ABNT-NBR 13818/1987 - Placas Cerâmicas Para Revestimento e Métodos de Ensaio, ABNT-NBR 6225/2001 Materiais Refratários Conformados – Determinação da Variação Linear Dimensional e ABNT-NBR 6220/1997 Materiais Refratários Densos Conformados, na determinação da densidade de massa aparente, porosidade aparente, onde foram verificadas as propriedades físicas e mecânicas e características químicas. Selecionaram-se para avaliação os seguintes itens:

6.5.1 Análise visual do aspecto superficial

No experimento observou-se que logo após compactação os corpos de prova apresentaram coloração semelhante nas diferentes composições, conforme mostra a Figura 6.10, entretanto, depois da queima, houve alteração na cor. Em decorrência da temperatura observou-se que as composições com alto teor de SiO_2 , apresentaram clareamento acentuado em todas as temperaturas de queima.

Para a composição “F”, cuja formulação continha 15% de argila natural observou-se a permanência da coloração avermelhada característica da argila, isto observado na temperatura de 1230°C , em 1 hora de aquecimento e alteração de cor para tonalidade mais escura quando os corpos de prova foram submetidos à temperatura de 1230°C por 2 horas, provavelmente por ter ocorrido a super queima dos corpos de prova.

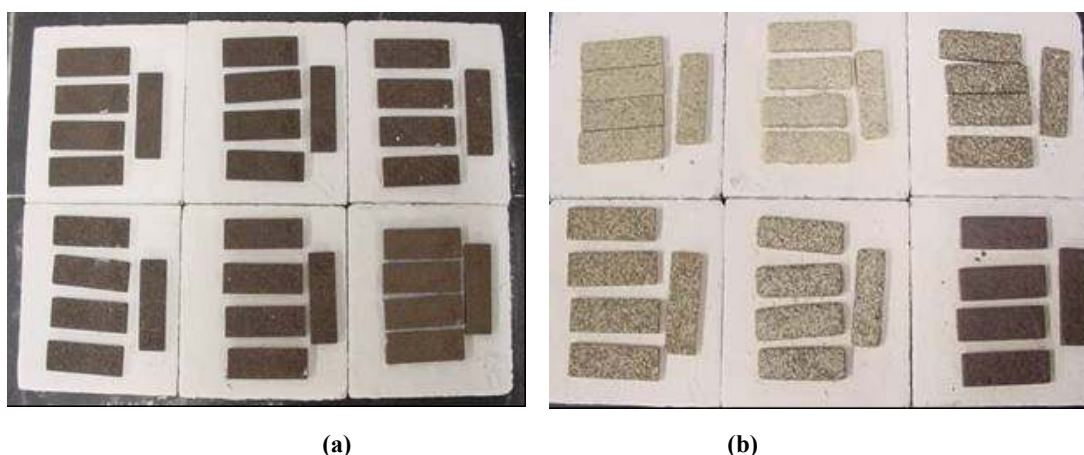


Figura 6.10 - Corpos de prova: (a) antes da queima - (b) depois da queima.

Na avaliação de (CASAGRANDE, 2002), a cor de um material queimado depende exclusivamente do conteúdo em óxidos corantes presentes na composição, principalmente de óxidos de ferro. Este fato condiciona o tipo de matéria-prima a ser empregada e, portanto, é responsável pela diferença existente entre as composições que se utiliza na fabricação dos materiais de queima vermelha e branca.

6.5.2 Representação gráfica das comparações entre as composições

O acompanhamento dos resultados de Absorção de Água (AA), Massa Específica Aparente (MEA), Porosidade Aparente (PA), Variação Linear Dimensional (VLD), Módulo de Resistência à Flexão (MRF), é de fundamental importância para que seja ajustada a taxa de aquecimento em relação aos resultados obtidos, possibilitam avaliar as variações que ocorrem nos corpos de prova com a combinação dos fatores temperatura e tempo de queima (ciclo térmico), que estabelece o grau de transformações sofridas durante a queima.

Para as composições “A”, “C” e “D” não foi possível concluir sobre os testes de Tensão de Ruptura à Flexão pois, apresentaram valores abaixo do limite programado pelo equipamento, prejudicando a leitura.

O critério de rejeição foi baseado na distribuição de “t Student” para um grau de confiança de 95%.

Os resultados do experimento no qual deu origem as Figuras 6.11 a 6.27 está como anexo II e mostram o comportamento das composições em representação gráfica em relação à temperatura e tempo de queima.

6.5.2.1 Absorção de Água – AA

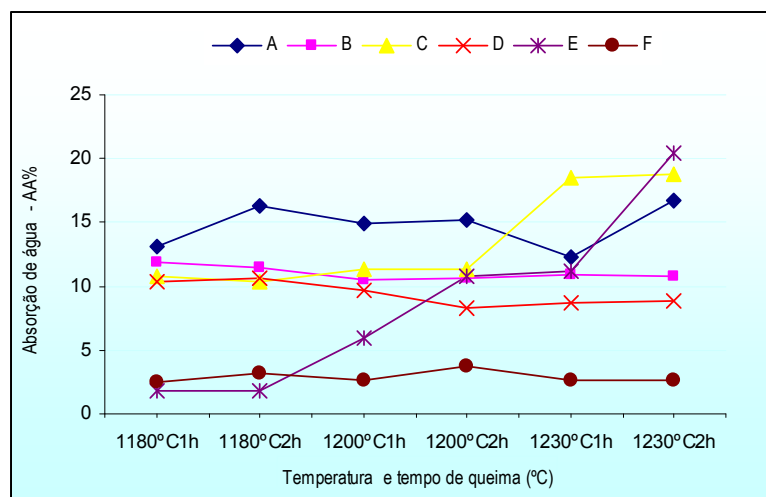


Figura. 6.11 - Absorção de água (AA) em função das temperaturas de queima

A Figura 6.11 apresenta o comportamento dos corpos de prova das composições e verifica-se claramente que a composição “F” obteve valores de absorção de água abaixo de 3,75% e não mostrou grandes alterações nas temperaturas a que foram submetidas.

De acordo com o que se verifica a composição “C”, na temperatura de 1230°C, apresentou a maior porcentagem de absorção de água em relação às demais composições estudadas. Já a composição “E”, apresentou valor de 1,76% na temperatura de 1180°C e houve uma crescente absorção de até 20,39% quando exposta as temperaturas mais elevadas.

Para as composições “B” e “D” as porcentagens de absorção de água permaneceram mais constantes em todas as temperaturas, apresentando índices entre 10,53% a 11,87% e 8,32% a 10,62 %, respectivamente.

Segundo (CHIH-HUANG WENG et al., 2003), a absorção de água é um fator chave para efeito da durabilidade do tijolo. A menor infiltração de água nos mesmos determina a maior durabilidade e resistência ao ambiente natural ao qual o material é exposto. Assim, a estrutura interna do tijolo precisa ter uma superfície capaz de evitar a entrada de água.

6.5.2.2 Variação Linear Dimensional (VLD)

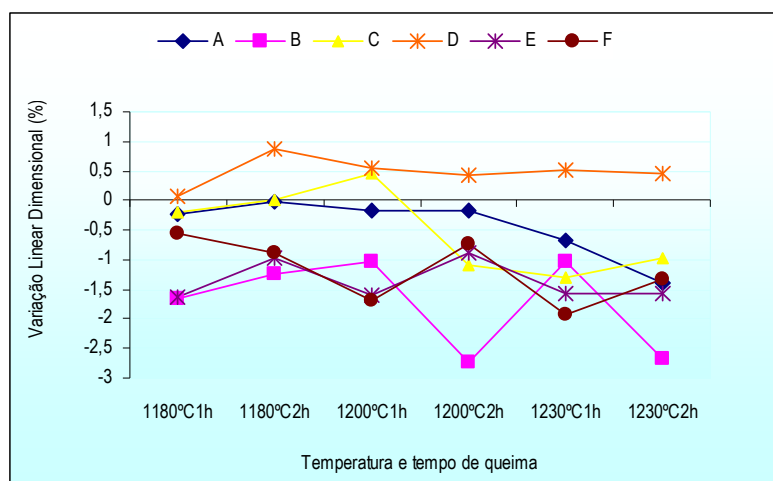


Figura 6.12 - Variação Linear Dimensional (VLD) em função das temperaturas de queima

Conforme evidenciado na representação gráfica da Figura 6.12, a composição “D” ocorreu à expansão em relação ao aquecimento e tempo de exposição, entretanto para as demais composições, apresentaram contração, com exceção da composição “C” a 1200°C com 1 hora de permanência no forno.

É possível concluir que houve fusão parcial nas composições “B” e “E”, em cujas formulações foram adicionadas 20% de resíduos de micro esfera de vidro, que segundo a caracterização química deste componente do experimento, continha valor de 10,13% de Na_2O , importante elemento para a fusão de materiais.

Conforme avaliação de (MELQUIADES et al, 2001), durante o preenchimento dos espaços vazios, por forças de capilaridade, as fases líquidas provocam a aproximação das partículas sólidas. Essa aproximação, por sua vez, resulta em uma diminuição do volume de poros e na retração da peça.

Os materiais que possuem quartzo desempenham funções nas massas e nos produtos cerâmicos, como diminuição da plasticidade da mistura de matérias-primas e aumento da permeabilidade da peça crua e do coeficiente de expansão térmica linear da peça queimada, evitando assim que esta se deforme ou se retraia demasiadamente, tanto a seco como durante a queima (FERNANDES, 2002).

6.5.2.3 Módulo de Resistência à Flexão (MRF)

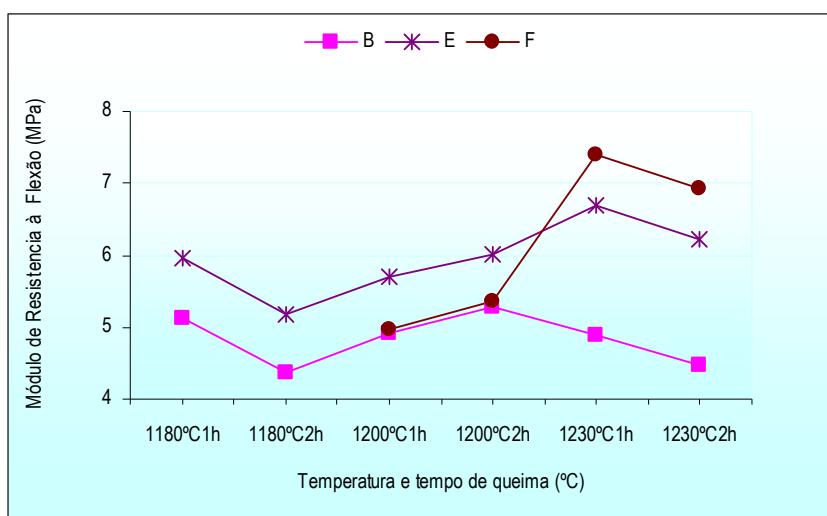


Figura 6.13 - Módulo de Resistência a Flexão (MRF) em três pontos em função as temperaturas de queima

O comportamento dos corpos de prova, representado na Figura 6.13, demonstra a resistência em função da temperatura de queima.

Dentre as composições a “F” foi a que apresentou o valor mais elevado, ou seja, de 7,39 MPa com uma hora de permanência na temperatura de 1230°C.

A porosidade está relacionada à perda de resistência mecânica e a não possibilidade da avaliação da resistência à flexão para as composições “A”, “C” e “D”, possivelmente por apresentarem valores porosidade aparente elevada uma vez que estes corpos de prova eram facilmente quebráveis com as mãos. A presença de fase vítrea e porosidade nas cerâmicas tradicionais reduzem consideravelmente a resistência mecânica (CASAGRANDE, 2002).

Com relação à composição “B” que apresentou nível de resistência de 5,27 MPa, o qual foi obtido para a temperatura de 1200°C, e com 2 horas de permanência no forno, possivelmente explicado pela fusão dos componentes aumentado a resistência do corpo de prova.

6.5.2.4 Porosidade Aparente (PA)

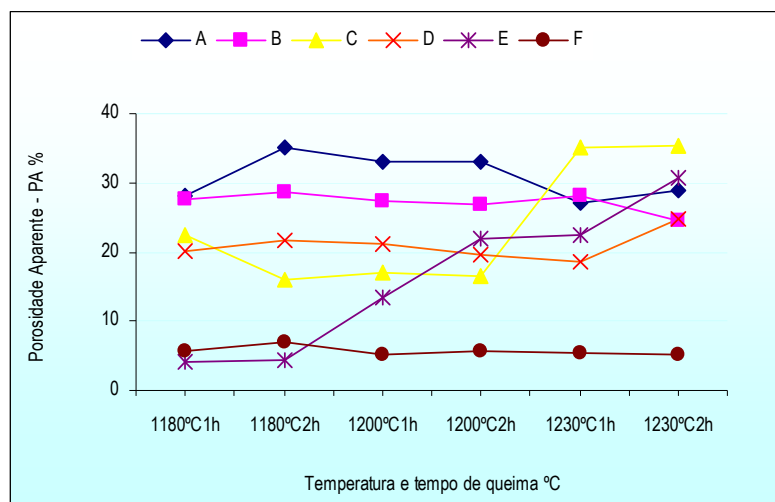


Figura 6.14 - Porosidade Aparente (PA) em função das temperaturas de queima

A Figura 6.14 apresenta as curvas de porosidade aparente, onde se observa que para as composições “A”, “B” e “D” em cujas formulações foram adicionadas 10% de argila

natural, tiveram o comportamento semelhante, valores elevados de PA e pouca alteração em função a temperatura.

Para esta avaliação a composição “F”, apresentou os resultados com valores entre 5,18% a 6,97% com pouca alteração em relação à temperatura e tempo de exposição.

Na composição “F”, foram adicionados 25% de argila natural, devido às características de interação deste componente na cerâmica, o que justifica o comportamento regular durante o processo e os valores mais baixos de porosidade dentre as outras composições.

6.5.2.5 Massa específica aparente (MEA)

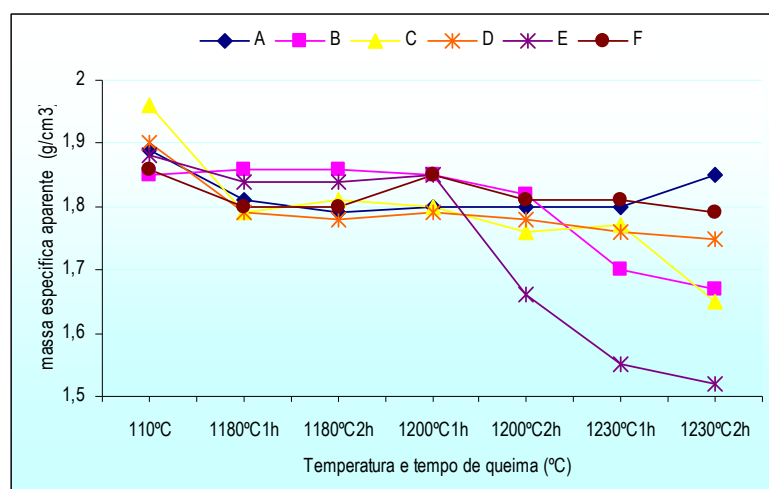


Figura 6.15 - Massa Específica Aparente (MEA) em função das temperaturas de queima.

O decréscimo do valor da MEA para todas as amostras, à medida que a temperatura de queima se eleva, esta relação está possivelmente ligada ao aumento da porosidade contida na fase vítrea para as amostras com maiores teores de micro esfera de vidro, isso pode ser observado na Figura 6.15.

Para as composições “B” e “E”, verifica-se que para as queimas ocorridas nas temperaturas de 1200°C e 1230°C, ocorreu um cruzamento das curvas justamente para as composições onde foram adicionados 20% de resíduos de micro esfera de vidro no preparo das composições. O aumento de porosidade pode ter ocorrido devido à concentração de constituintes fundentes, elementos alcalinos como Na_2O .

Para a composição “C” observa-se que a adição de argila em 15% e a de micro esfera de vidro em 15% resultaram na formação de porosidade e fez com que o material apresentasse retração mantendo a mesma massa, como consequência a densidade diminui.

6.5.3 Resultados em relação à temperatura e tempo de queima

6.5.3.1 Composição “A”

As avaliações das Figuras 6.16 e 6.17, mostram o comportamento da composição “A” com 75% de areia de fundição, 15% de micro esfera de vidro e 10% de argila. Esta composição apresentou contração na variação linear dimensional, para todos os corpos de prova, quanto à absorção de água apresentou variação proporcionalmente à porosidade aparente.

A massa específica aparente permaneceu constante para 1 hora de permanência, apresentando um acréscimo $1,79 \text{ g/cm}^3$ para $1,85 \text{ g/cm}^3$ com 2 horas de permanência no forno. Os corpos de prova apresentaram pouca resistência mecânica, sendo facilmente quebrado com as mãos, razão pela qual não foram feitas as medições de tensão de ruptura a flexão.

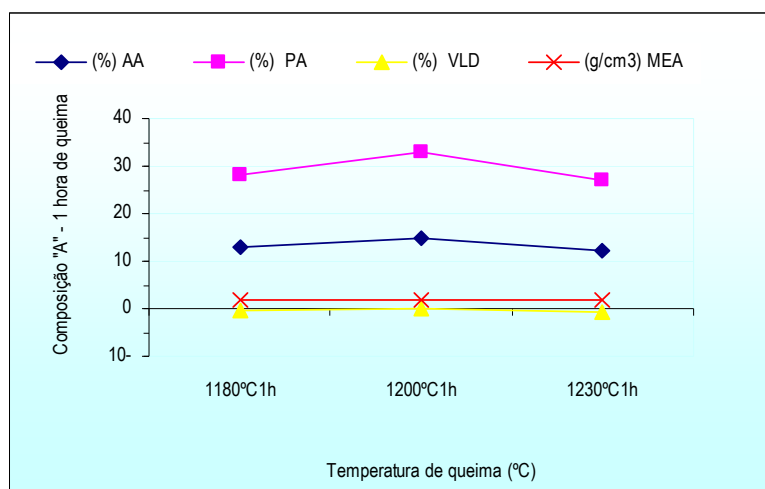


Figura 6.16 - Resultados da caracterização física da composição “A” – 1 hora de queima

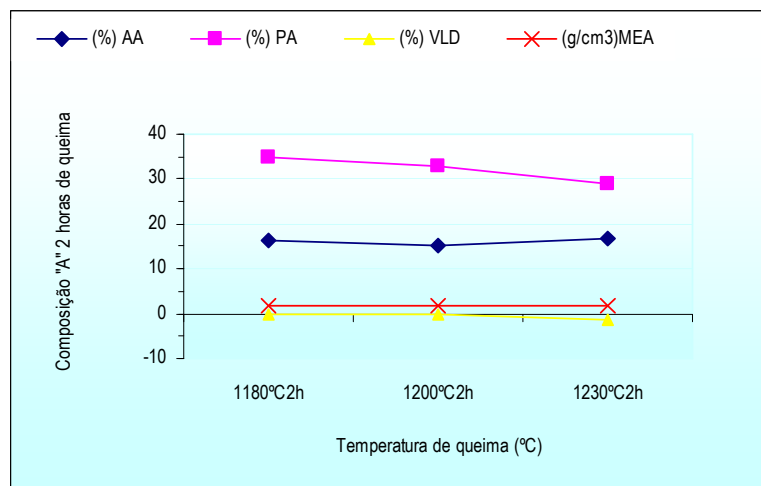


Figura 6.17 - Resultados da caracterização física da composição “A” – 2 horas de queima

6.5.3.2 Composição “B”

Os corpos de prova da composição “B” representados nas Figuras 6.18 e 6.19 com 70% de areia de fundição, 20% de micro esfera de vidro e 10% de argila, apresentaram contração para a avaliação de variação linear dimensional e observa-se que houve pouca variação para os parâmetros avaliados independente da temperatura, e tempo de permanência, com exceção da porosidade aparente para tempo de permanência de 2 horas na temperatura de 1230°C, que apresentou um decréscimo nos valores, a tensão de ruptura a flexão variou entre 4,36 a 5,27 MPa.

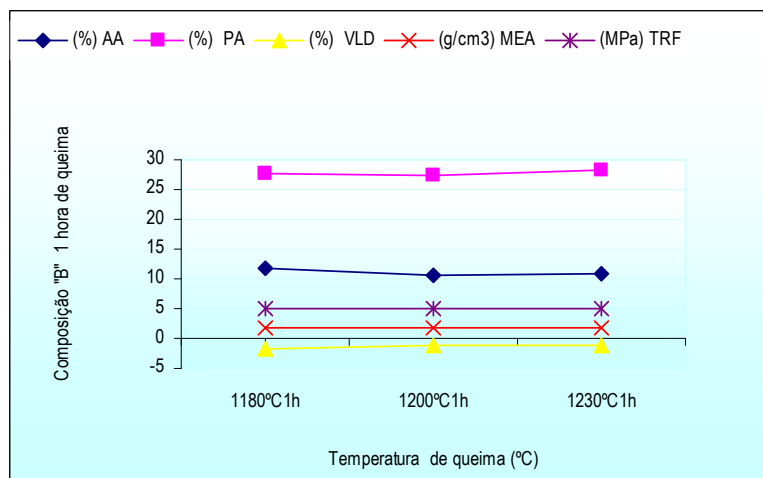


Figura 6.18 - Resultados da caracterização física da composição “B” – 1 hora de queima

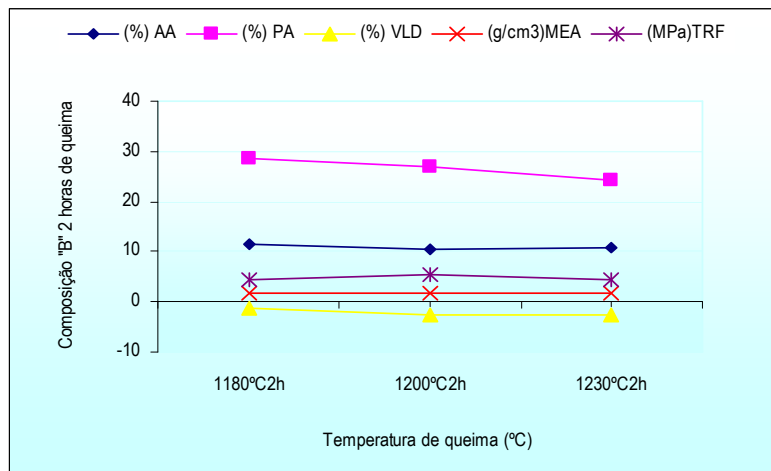


Figura 6.19 - Resultados da caracterização física da composição “B” – 2 horas de queima

6.5.3.3 Composição “C”

Na análise das Figuras 6.20 e 6.21, referentes à composição “C” com 70% de areia de fundição, 15% de micro esfera de vidro e 15% de argila natural, verifica-se comportamento semelhante, independente do tempo de permanência no forno com incremento proporcional em relação ao aumento da temperatura para os parâmetros de absorção de água e porosidade aparente. Houve contração na avaliação da variação linear dimensional e baixa alteração na massa específica aparente.

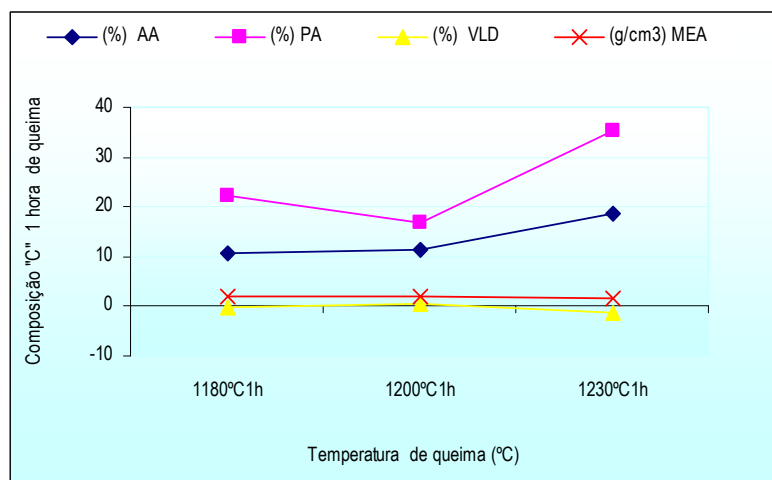


Figura 6.20 - Resultados da caracterização física da composição “C” – 1 hora de queima

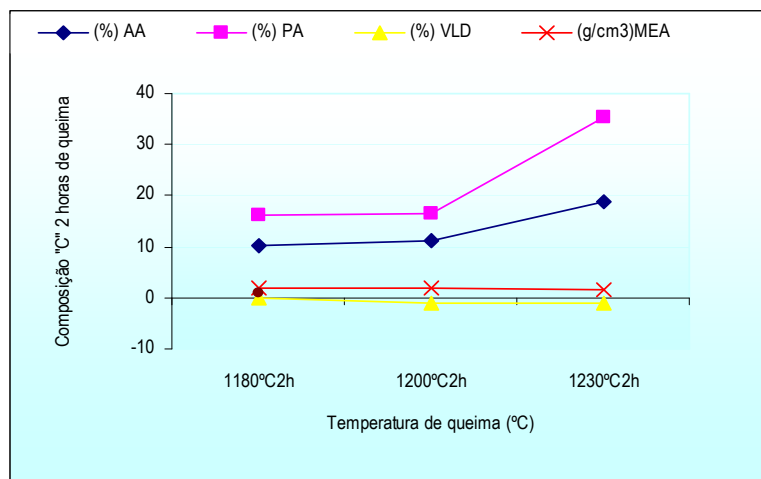


Figura 6.21 - Resultados da caracterização física da composição “C” – 2 horas de queima

6.5.3.4 Composição “D”

As Figuras 6.22 e 6.23, demonstram o comportamento dos corpos de prova da composição “D” com 80% de areia de fundição, 10% de micro esfera de vidro e 10% de argila natural. Houve pequena expansão para todos os corpos de prova independente do tempo de permanência e temperatura do forno.

Apresentou proporcionalidade para os parâmetros de absorção de água e porosidade aparente, decréscimo na massa específica aparente e verificou-se que houve deformação nos corpos de prova, apresentando baixa resistência mecânica, inviabilizando as medições da tensão de ruptura à flexão.

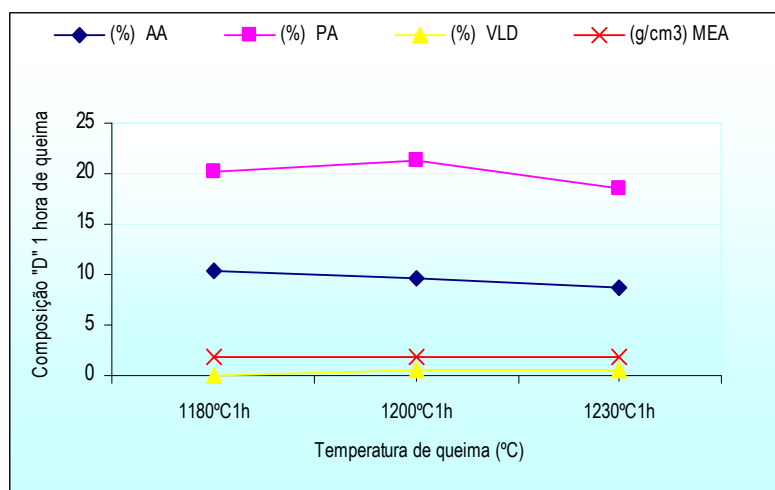


Figura 6.22 - Resultados da caracterização física da composição “D” – 1 hora de queima

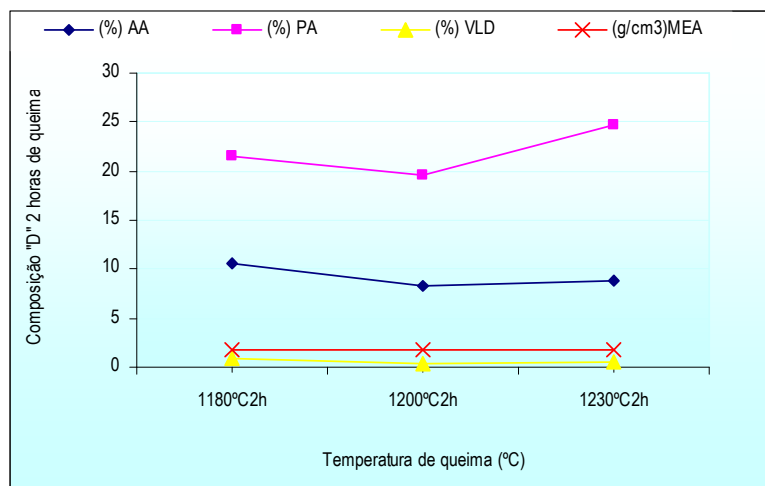


Figura 6.23 - Resultados da caracterização física da composição "D" – 2 horas de queima

6.5.3.5 Composição "E"

Na comparação das Figuras 6.24 e 6.25, referente à composição "E" onde foram misturados 65% de areia de fundição, 20% de micro esfera de vidro e 20% de argila natural, houve contração na avaliação de variação linear dimensional, acréscimo proporcional para absorção de água e porosidade aparente.

Na temperatura e tempo de permanência de 2 horas no forno foi possível analisar a tensão de ruptura a flexão, e observou-se que houve decréscimo na massa específica aparente em relação a aumento da temperatura.

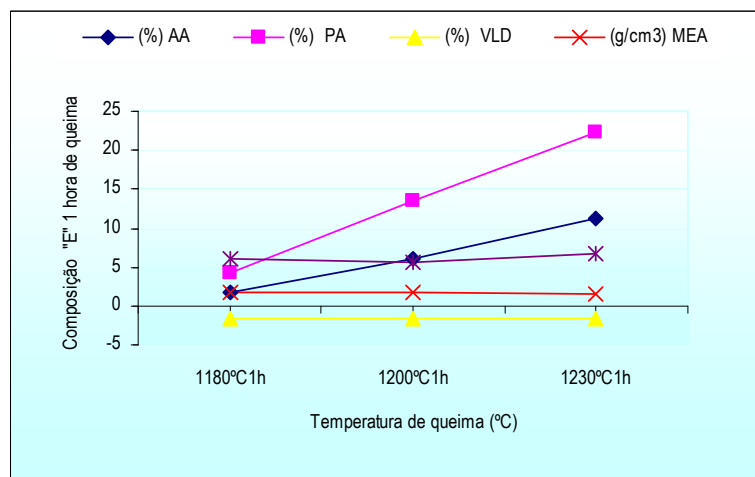


Figura - 6.24 - Resultados da caracterização física da composição "E" – 1 hora de queima

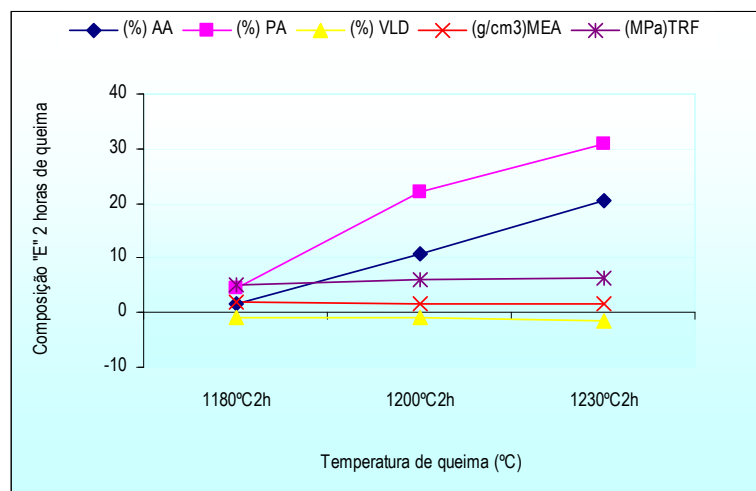


Figura 6.25 - Resultados da caracterização física da composição “E” – 2 horas de queima

6.5.3.6 Composição “F”

Os resultados apresentados nas Figuras 6.26 e 6.27, demonstram que houve interação com os materiais da composição “F”, resultante da mistura de 65% de areia de fundição, 10% de micro esfera de vidro e 25 % de argila Taguá. Esta composição apresentou os menores valores para os parâmetros de absorção de água e porosidade aparente. Houve contração dos corpos de prova em relação ao aumento da temperatura e pouca alteração nas medições de massa específica aparente. A avaliação da tensão de ruptura a flexão só foi possível acima de 1200°C, apresentado os melhores valores em relação às demais composições.

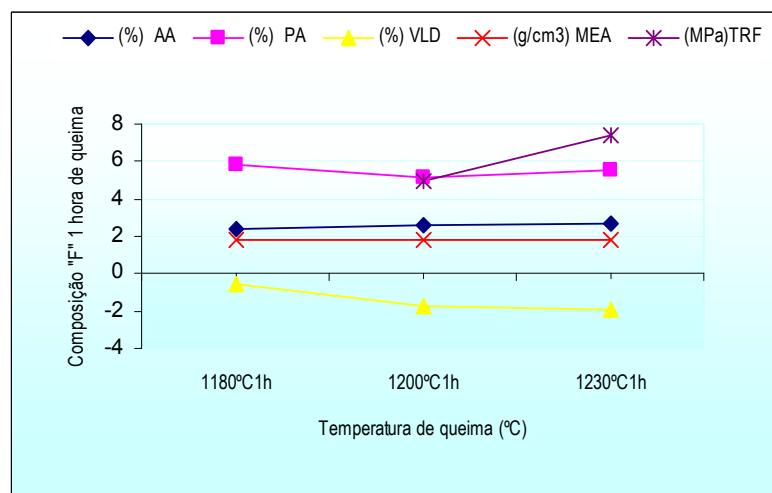


Figura 6.26 - Resultados da caracterização física da composição “F” – 1 hora de queima

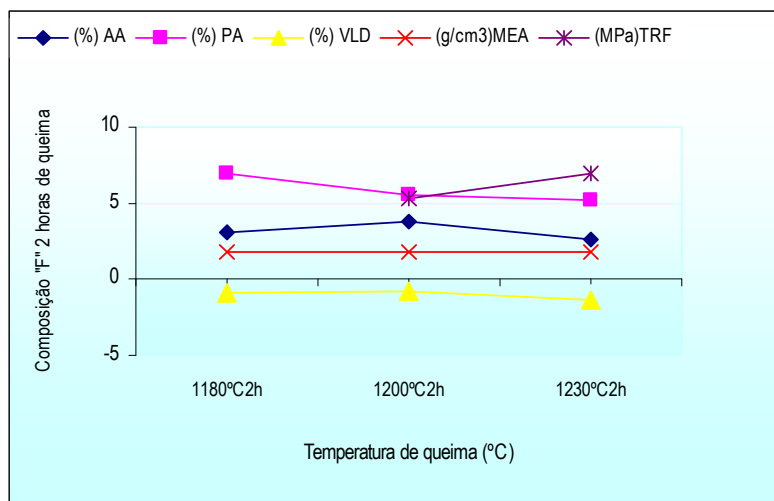


Figura 6.27 - Resultados da caracterização física da composição “F” – 2 horas de queima

6.5.4. Difratoograma de RX da composição “F”

Dentre as composições estudadas a que obteve melhor desempenho do ponto de vista de caracterização técnica e resistência mecânica à flexão, foi a identificada com letra “F”, na temperatura de 1230° e durante 1 hora de queima, conforme apresentado na Tabela 6.6.

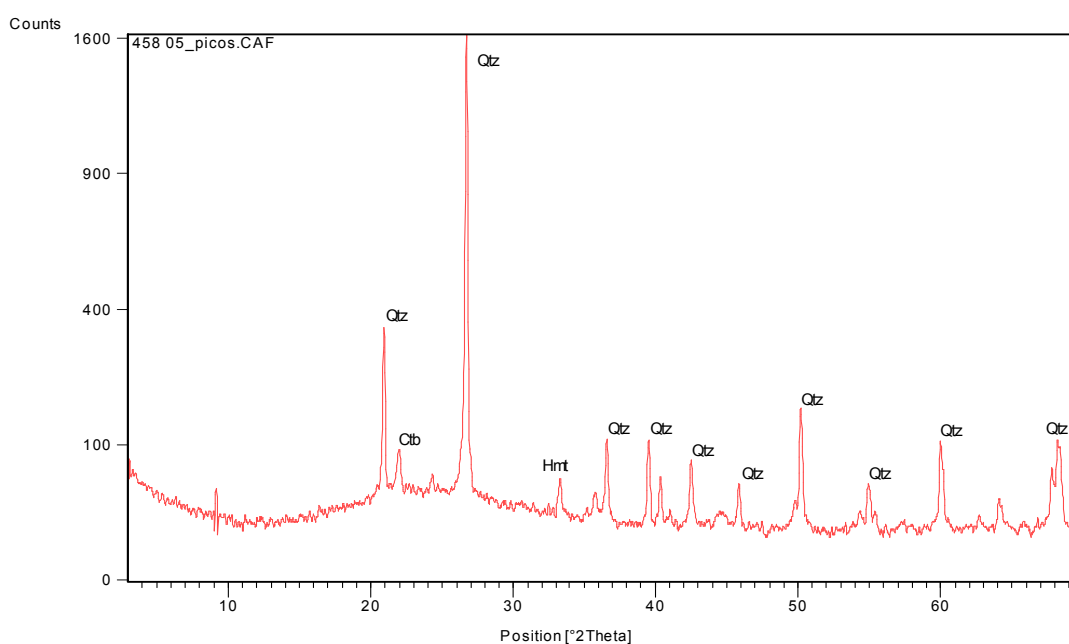
A partir deste critério foram realizadas para a composição “F” as determinações Químicas por Fluorescência de Raios X (FRX) e Análise Mineralógica por Difração de Raios X (DRX) e para avaliar os impactos ao meio ambiente a mesma composição foi submetida aos ensaios de Solubilização conforme Norma ABNT NBR 10006/2004 e Lixiviação conforme Norma ABNT NBR 10005/2004.

O difratograma de raios-X da composição “F”, após a queima a 1230°C por 1 hora, esta representado na Figura 6.2.8, destacam-se os picos de difração característicos das fases cristalinas, referentes ao quartzo - (SiO_2), à cristobalita rosa - SiO_2 e à hematita - Fe_2O_3 .

A formação de cristobalita ocorreu na temperatura de 1230 °C e a hematita devido à contribuição de Fe_2O_3 presente na argila.

Tabela 6.6 - Composição “F” após a queima a 1230°C /1hora

Referência	Composição mineral	Fórmula Química
86-1560	Quartzo - Qtz	SiO ₂
89-2810	Hematita (Hmt)	Fe ₂ O ₃
76-0933	Cristobalita (Ctb)	SiO ₂

**Figura 6.28 - Difratograma de Raios X da composição “F” após a queima a 1230°C /1hora**

6.5.5 Caracterização química da composição “F”

Durante o processo de queima dos corpos de prova houve a interação dos elementos presente na composição “F”, conforme apresenta na Tabela 6.7.

Na somatória dos três componentes dos corpos de prova “F” foi alcançado um teor de SiO₂ de 82,68%, o qual justifica a redução de absorção de água, a porosidade aparente e o

aumento significativo da tensão de ruptura à flexão e a pouca alteração no tamanho em relação à variação linear dimensional dos corpos de prova.

Tabela 6.7 - Resultados da análise química da composição “F” após a queima 1230°C/ 1 hora

Parâmetros	%
SiO ₂	82,68
Al ₂ O ₃	6,89
Fe ₂ O ₃	5,20
K ₂ O	1,39
Na ₂ O	1,16
CaO	0,91
MgO	0,69
TiO ₂	0,37
Cr	0,12
P.F.	0,59

A Figura 6.29 mostra a caracterização da composição “F” após a queima a 1230°C por 1 hora.

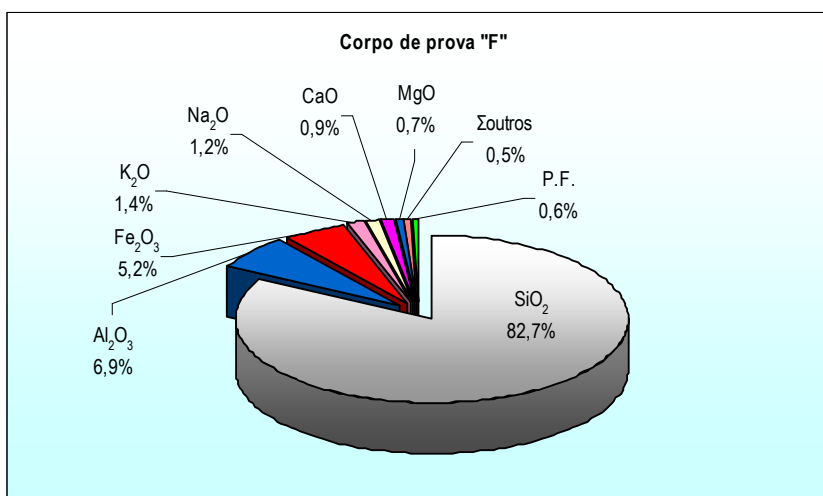


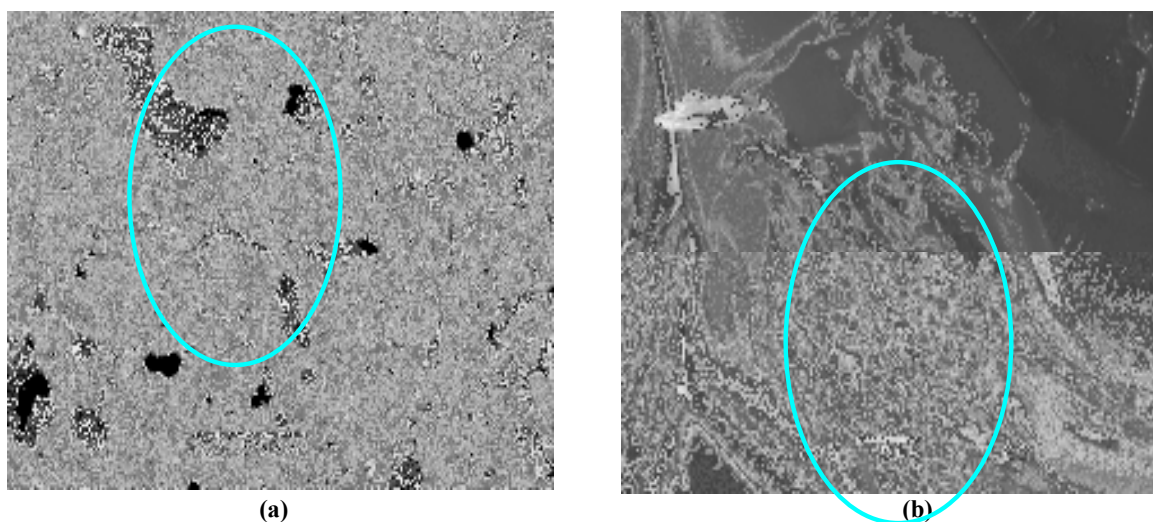
Figura 6.29 - Composição química do corpo de prova da composição “F”

6.5.6 Caracterização da microestrutura após a queima

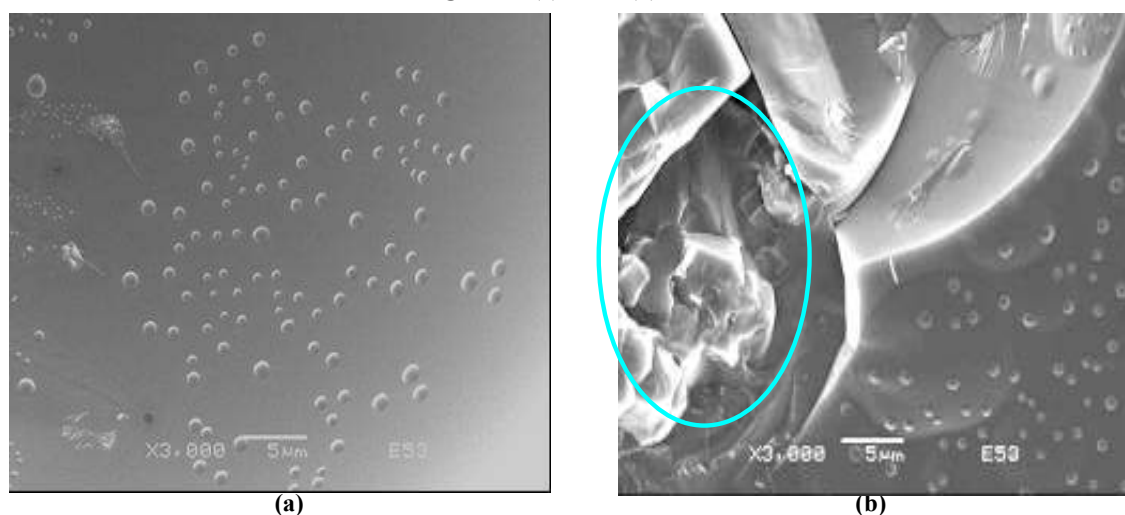
Nas figuras 6.30 a 6.34, estão apresentadas as microestruturas das composições “E” e “F” analisadas. Os círculos azuis indicam os pontos que foram avaliados.

A composição “E” a 1180°C, Figura 6.30 com 1 hora de queima apresenta maior porosidade, nota-se também que os componentes estão desagregados, e que não houve interação entre eles.

A micro análise da composição “E”, após 2 horas de queima conforme Figura 6.31, mostra a existência de bolhas de gás aprisionadas na fase vítrea, conforme destacado. Em toda a superfície houve um aumento na resistência mecânica de 6,23 a 6,70 MPa, com 1 e 2 horas de queima, respectivamente.



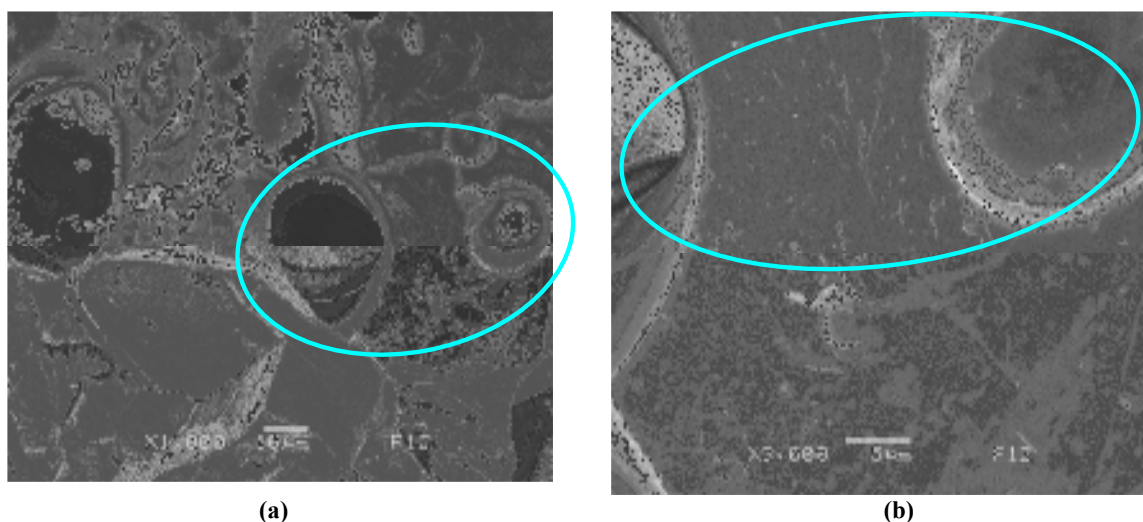
**Figura 6.30 - Micrografia Eletrônica de Varredura da composição “E”- 1180°C/1 hora
Magnitude (a) 50x e (b) 3000x.**



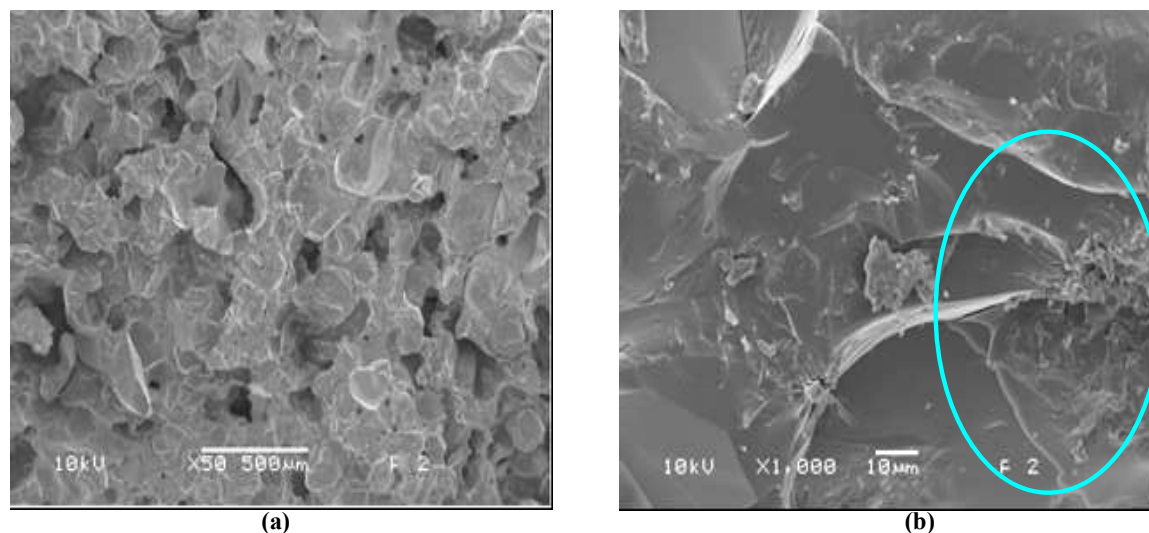
**Figura 6.31 - Micrografia Eletrônica de Varredura da composição “E” - 1230°C/ 2 horas
Magnitude (a) 3000x e (b) 3000x.**

Conforme os experimentos de (KOBAYASHI et al, 1992), constata-se que em temperaturas elevadas acontece uma melhor queima da peça perto da superfície, restando uma maior concentração de poros no interior da peça, isto pode ser observado quando se analisa a microestrutura em um corte transversal de uma amostra. A formação de uma densa camada próxima à superfície leva a um abrupto aumento da resistência mecânica em temperaturas superiores a 1200 °C.

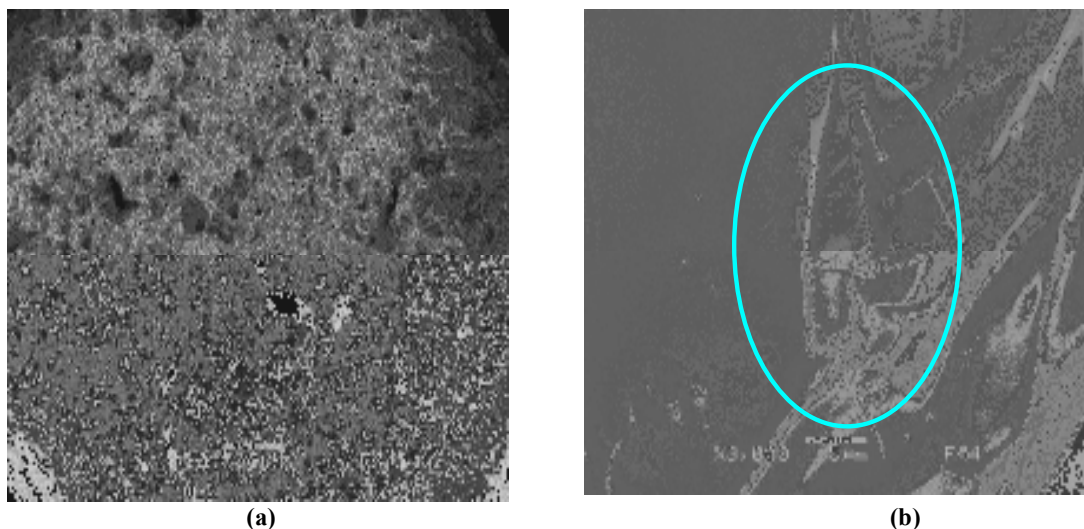
Na avaliação dos corpos de prova da composição “F” na temperatura de 1180°C, com 2 horas de queima, houve um incremento de absorção de água e baixa resistência mecânica, explicado pelo aumento na proporção de poros, conforme demonstrado na Figura 6.32 b.



**Figura 6.32 - Micrografia Eletrônica de Varredura da composição “F” - 1180°C/2 horas
Magnitude (a) 1000x e (b) 3000x**



**Figura 6.33 - Micrografia Eletrônica de Varredura por da composição “F”, - 1230°C/1 hora
Magnitude (a) 50x e (b) 1000x.**



**Figura 6.34 - Micrografia eletrônica de varredura da composição “F” a 1230°/1 hora
Magnitude (a) 30x e b) 3000x.**

Os corpos de prova da composição “F” na temperatura de 1230°C, por 1 hora de queima, apresentaram uma melhora na resistência mecânica, e observou-se que nesta temperatura houve interação dos componentes, onde ocorreu grande redução da porosidade em relação à avaliação da mesma composição Figura 6.32b, com temperatura de 1180°C.

A análise da microestrutura da Figura 6.33 b e 6.34b, demonstra claramente que a estrutura do corpo cerâmico já está definitivamente densificada com a presença de partículas de quartzo.

Isto está fundamentalmente relacionado à ocorrência de uma maior quantidade de fase vítrea formada, e é gerada pelo componente fundente da massa, resultando numa estrutura vítrea densificada.

Reforçando a teoria de (NORTON, 1973), argilas contendo quantidades de materiais acessórios, como por exemplo, a areia, diminuem a plasticidade. O que justificou o melhor comportamento para a composição “F” com 25% de argila natural possibilitando obter os melhores resultados na avaliação das características físicas e químicas.

6.5.7 Avaliação do impacto ambiental dos corpos de prova expostos ao meio ambiente

Do ponto de vista impacto ambiental, para os resíduos de areia de fundição e micro esfera de vidro, cujos resultados da solubilização estão apresentados na Tabela 6.1 e 6.2, foi constatado no teste de solubilização a presença de valores acima dos limites padrões fixados no anexo G, da norma de Classificação NBR 10004/2004. Este desvio de limites foi observado para os parâmetros de Alumínio, Arsênio, Bário Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Fenóis Totais e Ferro, Manganês, Sódio e Zinco.

Entretanto, quando avaliados os corpos de provada composição “F”, depois da queima por 1 hora a 1230°C, observa-se que os resultados obtidos nos ensaios de lixiviação e solubilização demonstraram que é possível reaproveitar os resíduos de areia de fundição e micro esfera de vidro na fabricação de cerâmica, conforme dados obtidos nas avaliações de solubilização e lixiviação Tabela 6.8. Conclui-se, portanto, que houve interação entre os componentes de maneira eficiente para a estabilização dos metais presentes.

Tabela 6.8 - Resultados dos ensaios de lixiviação corpo-de-prova “F” após queima de 1230°C -1 hora

Parâmetros	Limite Quantificavel mg/L	Lixiviado mg/L	Lixiviado anexo F Limite máximo NBR10004 mg/L	Solubilizado mg/L	Solubilizado anexo G Limite máximo NBR10004 mg/L
Alumínio	0,10	-	-	< 0,05	0,20
Cádmio	0,003	< 0,003	0,5	< 0,003	0,005
Chumbo	0,01	< 0,01	1,0	< 0,01	0,01
Cloretos	1,0	-	-	0,50	250,0
Cobre	1,0	-	-	< 0,01	2,0
Cromo Total	0,01	<0,01	5,0	<0,01	0,05
Ferro	0,01	-	-	0,06	0,3
Manganês	0,01	-	-	< 0,001	0,1
Nitrato (N)	1,0	-	-	< 0,001	10,0
Sódio	1,0	-	-	< 0,01	200,0
Sulfato (SO ₄)	1,0	-	-	< 0,01	250,0
Zinco	1,0	-	-	< 0,01	5,0

< LQ = Menor que Limite de Quantificação

Quanto ao parâmetro fenóis totais, que é um contaminante presente na areia de fundição, provavelmente com o processo de queima a que foram submetidos os corpos de provada composição “F”, ocorreu à volatilização deste composto, visto que nos ensaios acima mencionados, os valores ficaram abaixo dos estabelecido pela norma de classificação dos resíduos.

7. CONCLUSÕES

O reaproveitamento dos resíduos de areia de fundição e micro esferas de vidro, como matéria-prima é viável na fabricação de cerâmica vermelha. Os teores destes resíduos em cerâmicas podem atingir concentrações de 70-80% para areia de fundição e 10-15% para micro esfera de vidro e depende de propriedades mecânicas desejáveis para o produto final.

No presente estudo, as melhores características como (ruptura à flexão 7,39 MPa, com retração de 1,93%, porosidade aparente 5,52% e absorção de água 2,69%) das cerâmicas desenvolvidas foram obtidas na composição “F”, em cuja formulação aplicou-se concentrações de 65% de areia de fundição, 10% de micro esferas de vidro e 25% de concentração de argila natural, submetida à temperatura de 1230°C por 1 hora de queima.

Resultados de pesquisa de processos físico-químicos com métodos de Difractometria de Raios X e microscopia eletrônica de varredura confirmam que a composição “F” apresentou estruturas com maior vitrificação que as demais composições. Durante a queima da mistura inicial dos componentes (areia de fundição, micro esfera de vidro e argila natural) com temperatura 1230°C durante 1 hora, desaparecem os minerais: ilita, magnetita e anatásio presentes na argila e aparecem os minerais: quartzo, hematita e cristobalita.

Além disso, a estrutura das misturas iniciais, que na análise através do MEV, apresentava partículas separadas, após a queima passou a apresentar estrutura unida e muito densa, com síntese de substância vítrea. Estas mudanças de composição mineralógica e estrutural explicam todas as propriedades mecânicas e químicas das cerâmicas desenvolvidas neste estudo.

A análise dos extratos lixiviados e solubilizados dos corpos de prova de composição “F”, resultaram em valores inferiores aos limites máximos estabelecidos. Desta forma pode-se classificar a cerâmica como material inerte classe II B, significando que o material poderá ser usado na construção civil sem apresentar risco ao meio ambiente.

Quanto à qualificação com relação às referências de cerâmica vermelha, muitas das características das placas cerâmicas dependem da sua porosidade, razão pela qual foi escolhida a absorção de água, expressa em porcentagem, como um dos parâmetros de classificação nas normas mundiais (ANFACER, 2002). O conhecimento das características tipológicas do uso comercial é de fundamental importância para a especificação correta da cerâmica produzida.

Quanto à verificação da resistência a flexão avaliada com base na NBR 13818/1997- Anexo C para os corpos de prova estudados, e comparados às especificações da NBR 7170/1983, observa-se que a composições: “B”, “E” e “F” apresentaram níveis de resistência entre 4,9 MPa a 7,39 MPa e que atendem à especificação para categoria **B** da NBR, cuja resistência mínima exigida é de 2,5 MPa, conforme apresentado na Tabela 6.9 de classificação de tijolos maciços.

Tabela 6.9 - Classificação de tijolos maciços NBR7170(1983)

Classificação do tijolo maciço	Resistência mecânica	
	Kgf/cm ²	MPa
Tijolo maciço	>15	>1,5
Classe “A”	15 < 25	1,5 < 2,5
Classe “B”	25 < 40	2,5 < 4,0
Classe “C”	> 40	> 4,0

Fonte :NBR 7170/1983 (*apud* MENESES *et al.*,2002.)

Conforme a norma NBR 13818/1997, deve-se usar o código constituído pelo método de fabricação **A (extrudado)**, **B (prensado)** ou **C (outros)**, acrescido do grupo de absorção, **I**, **II**, ou **III**, utilizando Subgrupos **a** ou **b**.

Os corpos de prova da composição “F” que foram submetidos às temperaturas de 1180°C, 1200°C e 1230°C durante 1 hora de permanência no forno, obtiveram valores de absorção de água de 2,43%, 2,61% e 2,69%, respectivamente. Portanto dentro dos parâmetros da NBR 13818/1997 com limites de $0,5 < \text{Abs} \leq 3,0$. Com isto classifica-se a cerâmica produzida no experimento no grupo de cerâmica prensada **BIIb**.

E de acordo com a normalização para blocos cerâmicos NBR 7171/1992, observou-se que todas as composições apresentaram valores de absorção de água dentro da faixa especificada (8% a 25%), independentemente da composição, conforme apresentado na Tabela 6.10.

Tabela 6.10 - Classificação de blocos cerâmicos NBR7171(1992)

Classificação dos blocos cerâmicos (tijolos furados com Absorção Água (8% a 25%))	Resistência mecânica	
	Kgf/cm ²	MPa
Classe 15	15 < 25	1,5 < 2,5
Classe 25	25 < 40	2,5 < 4,0

Fonte :NBR 7171/1992 (*apud* MENESES *et al.*,2002.)

Quanto às aplicações, baseados nos resultados e comparados com as referências as 6 composições podem ter variadas utilizações como tijolo maciço e furados para construções.

Acrecenta-se ainda que em virtude das proporções dos componentes, os corpos de prova apresentaram tons variados, que combinados poderão ser utilizados de forma decorativa em revestimento de uso interno e externo. A Figura 6.35 apresenta o mosaico decorativo construído a partir do aproveitando dos resíduos do experimento após o ensaio de resistência mecânica.



(a)



(b)

Figura 6.35 - Mosaico decorativo dos resíduos dos corpos de prova

Consta como anexo II a patente do produto para a composição de “F”. Na eventual aplicação prática em escala industrial deste experimento, devem ser observados os limites legais de emissões atmosféricas, oriundas dos fornos de aquecimento, principalmente, no tocante a utilização de resíduos de areia de fundição. As boas práticas requerem que no processamento deste material seja implantado um sistema de lavador de gases.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS - RECOMENDAÇÕES

A maior limitação deste estudo experimental, para que seja viabilizado na indústria é o alto custo de energia, visto que as temperaturas para obtenção desta cerâmica estão acima de 1180°C. Destaca-se ainda a dificuldade encontrada para que as empresas geradoras disponibilizassem os materiais necessários para os ensaios, isto em função da exposição a que seriam submetidas.

O primeiro passo é a minimização dos resíduos na própria fonte. Portanto as empresas devem atuar dentro de uma visão integrada, onde as medidas de controle e de racionalização devam ser contempladas desde o processo produtivo minimizando, reciclando e reutilizando os resíduos sólidos gerados.

Entretanto, uma vez gerados é de relevada importância a unificação dos procedimentos de coleta dos resíduos industriais e técnicas de análise laboratoriais, trazendo confiabilidade nas informações no que tange a classificação dos resíduos, devendo-se ainda focar a abordagem técnica com as integrações dos programas interlaboratoriais e de transferência de experiências, pois é com base nestas avaliações dentro dos limites do Anexo F e G conforme norma ABNT 10004/2004 que se dá a correta classificação para posterior destinação.

Na NBR 14001/2004 é abordado com ênfase o tema desenvolvimento de tecnologias, um caminho aberto às indústrias, instituições de ensino, que têm papel fundamental no estímulo ao desenvolvimento de tecnologias de reaproveitamento de resíduos.

A consecução das metas ambientais exigirá ações decisivas e sinergias visando benefícios comuns, isto requer ações coordenadas, drásticas e imediatas, até poderá haver atrasos significativos, que se estendam por alguns anos inclusive decisões políticas, mas para alcançar objetivos ambientais entre as ações humanas e sociais, os resultados relevantes só serão percebidos depois de muitas mudanças de comportamentos. Portanto, as políticas devem ser mais eficientes se focalizarem na detecção precoce dos problemas ambientais.

Na percepção de (PABLO, 1995) a questão do manejo, tratamento e destino final dos resíduos sólidos industriais no Brasil só não é mais crítica pelo total desconhecimento da realidade, levando-se a equívocos ou a tratamento de forma parcial dos problemas.

Apesar do volume de pesquisas ainda ser muito pequeno, comparado à quantidade de resíduos produzidos no Brasil, muitas pesquisas têm acenado como alternativa viável a incorporação de resíduos de fundição na construção civil como componente na cerâmica

vermelha ou na composição de concreto. É necessária uma conscientização maior dos empresários sobre a potencialidade de utilização destes rejeitos como matérias primas.

De fato, é quase impossível extrair conseqüências sustentáveis de posturas políticas conceitualmente superadas, mas ainda materialmente poderosas. Embora os governos usem cada vez mais a expressão “*Desenvolvimento Sustentável*”, sua prática é na maioria das vezes, visceralmente contrária. Isso tudo leva a constatação da ausência de um elemento fundamental para construir o desenvolvimento sustentável: a política sustentável. (SILVA, 2003).

Esse descaso muitas vezes é motivado pela deficiência na fiscalização e na crença de que o tratamento ou destino adequado dos resíduos acarretará altos custos para as empresas. (SISINNO, 1996), quando a preocupação maior deveria ser com os imensos custos com os passivos ambientais.

REFERÊNCIAS

ABIFA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO – COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE. **Manual de Regeneração e Reuso de Areias de Fundição**. São Paulo: Associação Brasileira de Fundição, p.1-49, 1999.

ABIKO, A. K. **Introdução à gestão habitacional**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12.

ALMEIDA, J. R; MELLO, Claudia dos S.; CAVALCANTI, Y. **Gestão Ambiental: Planejamento, avaliação, implantação, operação e verificação**. Rio de Janeiro: Thex Editora, 2000. 259p.

AMERICAN FOUNDRYMEN’S SOCIETY (AFS), **Final report on alternate utilization of foundry sand waste**, Phase II, Des Plaines, IL 1993.

ANFACER - Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento. Disponibilidade e Acesso: www.anfacer.org.br . Data de acesso: 14 de setembro de 2006.

ÂNGULO S.C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

APHA (American Public Health Association), 1995. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, DC: APHA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia**. ABNT - NBR 13.816/1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Bloco cerâmico para alvenaria, Especificações**, - ABNT, NBR 7171-96, Rio de Janeiro, RJ (1996).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Placas cerâmicas para revestimento – Classificação**. ABNT - NBR 13.817/1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria –**. ABNT - NBR 7170/1983

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Placas cerâmicas para revestimento** – Especificação e métodos de ensaios. ABNT - NBR 13.818/1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos Sólidos - Classificação** ABNT. NBR 10.004. / 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos Sólidos: Lixiviação**. ABNT. NBR 10.005. / 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Resíduos Sólidos: Solubilização**. ABNT. NBR 10.006. / 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Resíduos Sólidos: Amostragem de resíduos Sólidos**. ABNT. NBR 10.007. / 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Materiais refratários conformados Determinação da Variação Linear Dimensional** ABNT. NBR 6225/ 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Porosidade Aparente**: ABNT. NBR 6220/ 1997.

BAIRD, Colin **Environmental Chemistry**; - 2 Ed. USA W.H. Freeman and Company, 1999.

BRAILE, P. M. & CAVALCANTI, J. E. W. A., 1993. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

BRANDT, W. Avaliação de cenários em planos de fechamento de M. C. Borlini, Dissertação de Mestrado, DEMAR, FAENQUIL (2002) minas. In: DIAS. L.E.; MELLO, J.W.V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: UFV/DPS/Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 131-134.

BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2002. (Tese) - Departamento de Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BONET I.I. **Valorização do resíduo de areia de fundição(RAF)**: Incorporação nas massa asfálticas do tipo CBUQ. Florianópolis, 2002. Dissertação de mestrado.UFSC

- BONIN, A.L.; MARIOTTO, C.L.; BARTH, F. **Regeneração de areias: Relatório de visita a usuários de sistemas de regeneração de areias de fundição** - ABIFA: 1997.
- BORGO, C.B. **Minimização e reciclagem de lodo galvânico e poeira de jateamento** Curitiba, 2005. 106p. Dissertação (Mestrado) UFPR.
- BORTOLANZA, J. – **Uma contribuição ao planejamento municipal que propicie o desenvolvimento sustentável** - o uso de indicadores de saúde da população. UFSC - Florianópolis, novembro de 1999.
- CASTELLANO, E.G. **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e estratégias**. Ed., 1997.
- CASAGRANDE M. N., **Efeito da adição de chamote semi-gresificado no comportamento físico de massa cerâmica para pavimento**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002, UFSC, Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais.
- CAVALCANT, J.R.; CHRIAF. M. **Ensaio de avaliação para controle ambiental de materiais com resíduos incorporados**, In WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL. Anais: ANTAC, 1996.p.31-38.
- CAVALCANTI, O. **Desenvolvimento e Natureza O estudo para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Fundação Joaquim Nabuco. 2005.
- CECCATO, M.D. **Avaliação da Utilização de Escoria Granulada de Fundição (EGF) Como Substituição de Parte do Cimento Em Concreto – Propriedades Mecânicas** – 2003 - Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas e Metalurgia e de Materiais PPGEM - UFRGS – Porto Alegre.
- CINCOTTO, M.A. **Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil**. Tecnologias de edificações, São Paulo, P71-74. 1988.
- CHAABAN M. A. Hazardous waste source reduction in materials and processing technologies. **Journal materials Processing technology** 119, 2001.p.336-343.
- CHIH-HUANG WENG; DENG-FONG LIN; PEN-CHI CHIANG, **Utilization of sludge as brick materials**, Advances in environmental research, 7 (2003), p.679-685.

Código DZ 1320 Preliminar – **Critérios Mínimos para o Desenvolvimento de Testes de Incorporação de Resíduos Industriais em Tijolos Cerâmicos** – Revisão 0: 2000.

Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento, “**O nosso futuro comum**”. Oxford University Press, Inglaterra, 1987.

CRITTENDEN, B.; KOLACZKOWSKI, S. **Waste minimization**: a practical guide. England: IChemE, 1995. 81 p.

DORSTHORST, B.J.H; HENDRIKS, Ch. F. **Re-use of construction and demolition waste in the EU**. In: CIB Symposium: Construction and Environment – theory into practice, São Paulo, 2000. **Proceedings**. São Paulo, EPUSP, 2000.

DREW, D. **Processos Interativos homem-ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

EIGENHEER, E.M. (org.). **Raízes do desperdício**. Rio de Janeiro, ISER/UFF/CVRD, 1993.

EPA. **Waste Minimization Opportunity Assessment manual**. Cincinnati, Ohio, 1988. 96 p.

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente da Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro.

FERNANDES P. F.; **Reaproveitamento do lodo da estação de tratamento de efluentes de uma indústria cerâmica**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002, UFSC, Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais

GARCIA, C, SAN JOSE, J.T. and URRETA, J.T. **Reuse valorization in civil works of electric arc furnace (EAF) slag produced en C.A.P.V.** In: REWAS'99 – GLOBAL SYMPOSIUM AND RECYCLING, WASTE TREATMENT AND CLEAN TECHNOLOGY, Vol 1, 1999, San Sebastian, Spain. **Anais...** San Sebastian: Minerals, Metals & Materials Society e Fundación Inasmet, 1999.p.417 - 424.

GODINHO, Karine O; HOLANDA, J. N. F.; SILVA, Angelus Giuseppe Pereira da . **Obtenção e avaliação de propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos à base de argila e vidros reciclados**. Cerâmica, São Paulo, v. 51, n. 320, p. 420-429, 2005.

GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. **Industrial ecology**. NewJersey: Prentice hall, 1995.412p.

GUNTHER, W.M.R. **Minimização de resíduos e educação ambiental**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA, 7. Curitiba, 2000. **Anais**. Curitiba, 2000.

HABASHI, F. **Environmental issues in the metallurgical industry progress and problems**. In: REWAS'99 – GLOBAL SYMPOSIUM AND RECYCLING, WASTE TREATMENT AND CLEAN TECHNOLOGY, Vol.1, 1999, San Sebastián – Spain. **Anais** San Sebastián: Minerals, Metals & Materials Society e Fundación Inasmet, 1999.p.721-734.

JOHN, V.M.; ZORDAN, S.E. **Research & development methodology for recycling residues as building materials**. Waste Management 21, 2001. p.213-219.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

KOBAYASHI Y, O. OHIRA, E. Kato, J. **Am. Ceram. Soc.** 75, 7(1992) 1801-1806.

KOPEZINSKI, Isaac. **Mineração X' Meio Ambiente: Considerações Legais, Principais Impactos Ambientais e Seus Processos Modificadores**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Ed. da Universidade., 2000.

LA ROVERE, Emílio Lèbre (coord.). **Manual de auditoria ambiental**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LERÍPIO, Alexandre de Ávila. **GAIA: Um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. Florianópolis, 2001. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LIMA FILHO, V.X., et al. **Determinação de parâmetros para a racionalização do processamento de rochas graníticas por abrasão**. In Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. 15.1999.São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1999.

LESSITER, M.J., **Modern Casting** (July 1993) 36.
LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira. Industrialização, meio Ambiente e competitividade. São Paulo: Campus, 2003. Cap. 6, p. 155- 172. In: **Economia do meio ambiente: Teoria e prática**.

MARINO, R. **Utilização de areia de fundição em concreto**. Projeto premiado pela Bayer“Prêmio de Meio Ambiente”. USP, 2003.

MARIOTTO, C. L. **Regeneração de areia: uma tentativa de discussão sistemática**. Fundação & Matérias - Primas, V (33), Caderno Técnico, págs. A – T, ABIFA, Jan. - Fev. 2000.

MAIMOM, D. **Empresas e Meio Ambiente. Tempo e Presença**, São Paulo, v. 14, n. 261, fev., p. 49-51, 1992.

MELCHIADES F. G.; DEL ROVERI C.; SOTÉIRO J.; SILVA L. L.; BOSCHI A. O., **Controle dimensional e do formato de revestimento cerâmico. Parte I: Dimensões**, Cerâmica Industrial, nº 5 v 6, 2001.

MEHTA, K.; MONTEIRO, J.P. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais. 1**. São Paulo: Editora Pini, 1994. 573p.

MENEZES, R.R., NEVES, G.A., FERREIRA, H.C., “**O Estado da Arte Sobre o uso de Resíduos como matérias-primas Cerâmicas Alternativas**”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, n. 2, pp. 303-313, 2002.

MILARÉ, E. **Infrações e Sanções Administrativas na Nova Lei dos Crimes Ambientais – Meio Ambiente Industrial** - pag. 52 a 56 – Edições 22 número 21 – Novembro: 1999.

MITIDIERI, C. V.; CAVALHEIRO, W. Desenvolvimento de sistema construtivo em “painéis cerâmicos”. In: **Tecnologia de edificações**. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Divisão de Edificações, 1988. p. 175-178.

MORAES, C.A.M. Disciplina de fundição (notas de aula). Porto Alegre: NucMAT/ACA Mecânica/UNISINOS, 2002.

NETO, B. Barros, I. E. Scarminio, R. E. Bruns, **Planejamento e Otimização de Experimentos**, 2ª Ed., Editora da Unicamp, Campinas, SP (1996).

NOVAES, Ane Carolina. *Lei 6.766/79 - Parcelamento do solo urbano no Registro Imobiliário*. **Boletim Jurídico**, Uberaba/MG, a. 3, nº. 128. Disponível em: <<http://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/texto.asp>> Acesso em: 5 set. 2006.

NORTON, F. H.; **Introdução à Tecnologia Cerâmica**: tradutor Jefferson Vieira de Souza; Edgard Blücher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1973.

PALIARI, J. C. **Metodologia para coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios** / J.C. Paliari, U.E.L. de Souza. -- São Paulo: EPUSP, 1999.20 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/242)

PABLOS, J.M. **“Utilização de Resíduo Sólido Gerado pelo Descarte das Areias de Fundição”. Aglomeradas com Argila no Setor da Construção Civil**’ Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 1995.

PAWLOWSKY, U. **Curso de mestrado em tecnologia química, área de concentração tecnologia de alimentos**. Curitiba: UFPR, 1998. 105 p. Apostila da Disciplina Tratamento de Efluentes Industriais.

PERA, J State of the art report – **use of waste materials in construction in Western Europe**. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESIDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL. **Anais**. São Paulo, 1996. p.1-20.

PORTILHO, Fátima. **Profissionais do lixo: um estudo sobre as representações sociais de engenheiros, garis e catadores**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro, UFRJ/EICOS, 1997.

PISCIELLA, P.; Crisucci, S.; Karamanov, A.; Pelino, M. **Chemical durability of glasses obtained by vitrification of industrial wastes**, **Wastes Management**, Amsterdam, v. 21, p.1-9, 2001.

RICHARDSON, M. L. & GANGOLLI, S., 1992. **The Dictionary of Substances and their Effects**. Northampton shire: Royal Society of Chemistry

REGAN, R.W.; TIKALSKY, P.J.; VOIGT, R.C. **Beneficial use of fine foundry aggregate: three promising options** - **AFS transactions**, Pennsylvania, 1988.p.167-172.

REIS NETO O. P. - **Fundamentos para a viabilização econômica da utilização de matérias-primas de fontes renováveis na fabricação de bens de consumo** *Dissertação de mestrado UNICAMP- 2003*.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Economia ou economia política sustentabilidade. In: LUSTOSA, M.C.; MAY, P.; VINHA V.G da **Economia do meio ambiente: Teoria e prática**. São Paulo: Campus, 2003. p. 1- 29.

SABRAH, B.A.; Ebied, E.A. **Utilization of cement-dust as a substitute of some clay content in clay-sand**. Interbrick, Freiburg, v.1, p.5129-5137, 1987.

SANTOS P. S., **Tecnologia das argilas**, Editora Edgard Blucher , São Paulo, Brasil (1989)
SACHS, I. **Eco desenvolvimento crescer sem destruir. Terra dos Homens**. 1ª ed. São Paulo: Editor Vértice, 1986, 207p.

SCHMIDHEINY, S. **Mudando de rumo**. Uma perspectiva global do empresariado para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1992.

SILVA, M **O Estado do Mundo 2003**. Disponível em <http://www.wwiuma.org.br> Acesso em 02 de setembro de 2006

SILVA, E.R.F.; SILVA, M.L. P **Sustentabilidade, Gestão ambiental e vantagens competitivas**. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL E GERENCIAMENTO DE RESIDUOS E CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL, 2.1998, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre, 1998. P 32-36

SILVA, J. B. et al. **Incorporation of marble and granite sludge in clay materials**. Cerâmica., São Paulo, v. 51, n. 320, 2005. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo.php> Acesso el: 14 Sep 2006.

SILVA, Maria Amélia Rodrigues da. Economia dos recursos naturais. In: LUSTOSA, M.C.; MAY, P.; VINHA V.G. **Economia do meio ambiente: Teoria e prática**. São Paulo: Campus, 2003. p. 33- 59.

SISINNO, Cristina L. S. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. **Cad. Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php>

SOUZA, U.E.L. PALIARI, J.C. **Desperdício de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito**. In: SIMPÓSIO NACIONAL – DESPERDÍCIO DE MATERIAIS NOS CANTEIROS DE OBRAS: A QUEBRA DO MITO. São Paulo, 1999. **Anais**. São Paulo (PCC/EPUSP), 1999. 48p.

SOUZA, K.C. Reutilização de **Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro: ABES 1999. p.58-64.

SOUZA, K.C. - **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais**. Rio de Janeiro: [s.n.] (apostila do curso “Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais”, promovido pelo Instituto Ecológico Aqualung), 2004.

SHREVE, R.N. e BRINK Jr., J.A. **Indústria de processos químicos**. 4ª ed. Trad. H Macedo. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. p. 242,400, 483-484, 544, 689.

TEIXEIRA, B.A.N. & ZANIN, M. **Reciclagem e reutilização de embalagens**. In: PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro: ABES 1999. p. 25-30.

TOLMASQUIM, M. T. (2001) **Estrutura conceitual para a elaboração de indicadores de sustentabilidade ambiental para o Brasil**. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Orgs.) *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas tropicais*. Petrópolis: Vozes, p. 68-75.

TOCHETTO, M.R.L. **Resíduos Sólidos Industriais: Gerenciamento e Destinação Final** – Módulo 1. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-Secção RS, 2000, 73p.

TYBULCZUK, J.; MARTYNOWICZ-LIZ, K. Tendências Mundiais Nos Mercados e na produção de fundição. **Revista Fundição & Matérias - Primas**, ano V, N48, P.52-57, Julho/agosto 2002 trabalho apresentado durante o CONAF 2001.

VALLE, C. E.; LAGE, H. **Meio ambiente: Acidentes, lições, soluções**. São Paulo: Senac, 2003.

WATANABE, F.A.; GEMELLI, E.; FOLGUERAS, M.V. **Utilização de areia de fundição como agregado na confecção de pavimentos de concreto**, parte I: Propriedades mecânicas e macroestruturais do concreto. In: Congresso em ciências de materiais do MERCOSUL - SULMAT, Joinville, SC/Brasil. **Anais...** Joinville, 2002.p.883-841

WENDER, A.A.; BALDO B.B. **O potencial da utilização de um resíduo argiloso na fabricação de revestimento cerâmico** - Parte II. *Cerâmica Industrial*, v.3, n.12, - 1998.

WORLD RESOURCES INSTITUTE: banco de dados. Disponível em: <http://www.wri.org>. Acesso em 25 de Agosto de 2006.

YOSHIMURA, H. N.; Portela, J. C. S. Camargo, A. C. **Adição de Metais Tóxicos a Massas Cerâmicas e Avaliação de sua Estabilidade Frente a Agente Lixivante. Parte III: Estudo Cinético de Lixiviação** - Cerâmica Industrial- v. 10 – n. 5 - 2005

ANEXO I- Resultados em Relação à Temperatura e Tempo de Queima

Tabela A - 1 - Resultados da Caracterização Física da Composição “A”

Temp. queima °C	Tempo de queima	MEA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)	VLD (%)	TRF (MPa)
110°	-	1,89 ± 0,02	-	-		-
1180°	1hora	1,81 ± 0,06	28,21 ± 0,80	13,10 ± 0,45	(0,23)	-
1180°	2horas	1,79 ± 0,03	35,05 ± 1,05	16,32 ± 0,91	(0,03)	-
1200°	1hora	1,80 ± 0,01	32,99 ± 1,00	14,92 ± 0,46	(0,17)	-
1200°	2horas	1,80 ± 0,03	33,08 ± 1,04	15,20 ± 0,30	(0,17)	-
1230°	1hora	1,80 ± 0,05	27,08 ± 0,66	12,32 ± 0,19	(0,67)	-
1230°	2horas	1,85 ± 0,06	28,84 ± 0,96	16,71 ± 0,73	(1,40)	-

Tabela A - 2 - Resultados da Caracterização Física da Composição “B”

Temp. queima °C	Tempo de queima	MEA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)	VLD (%)	TRF (MPa)
110°	-	1,85 ± 0,01	-	-		-
1180°	1hora	1,86 ± 0,01	27,63 ± 0,88	11,87 ± 0,24	(1,66)	5,13 ± 0,96
1180°	2horas	1,86 ± 0,02	28,72 ± 1,19	11,41 ± 0,30	(1,24)	4,36 ± 0,89
1200°	1hora	1,85 ± 0,03	27,35 ± 1,78	10,53 ± 0,07	(1,03)	4,91 ± 0,74
1200°	2horas	1,82 ± 0,11	26,77 ± 0,83	10,58 ± 0,06	(2,73)	5,27 ± 0,28
1230°	1hora	1,70 ± 0,06	28,14 ± 0,29	10,89 ± 0,06	(1,03)	4,90 ± 1,0
1230°	2horas	1,67 ± 0,06	24,39 ± 1,25	10,83 ± 0,10	(2,67)	4,48 ± 0,42

Tabela A - 3- Resultados da caracterização física da composição “C”

Temp. queima °C	Tempo de queima	MEA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)	VLD (%)	TRF (MPa)
110°	-	1,96 ± 0,01	-	-		-
1180°	1hora	1,79 ± 0,01	22,41 ± 0,43	10,77 ± 0,15	(0,2)	-
1180°	2horas	1,81 ± 0,01	16,06 ± 0,56	10,35 ± 0,41	0	-
1200°	1hora	1,80 ± 0,04	16,99 ± 1,00	11,36 ± 0,68	0,47	3,74 ± 0,13
1200°	2horas	1,76 ± 0,01	16,54 ± 0,18	11,34 ± 0,15	(1,1)	-
1230°	1hora	1,77 ± 0,01	35,17 ± 0,73	18,45 ± 0,51	(1,30)	4,43 ± 0,23
1230°	2horas	1,65 ± 0,04	35,38 ± 0,73	18,73 ± 0,42	(0,97)	4,78 ± 0,35

Tabela A - 4 - Resultados da Caracterização Física da Composição “D”

Temp. queima °C	Tempo de queima	MEA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)	VLD (%)	TRF (MPa)
110°	-	1,90 ± 0,02	-	-		-
1180°	1hora	1,79 ± 0,03	20,19 ± 0,62	10,30 ± 0,59	0,07	-
1180°	2horas	1,78 ± 0,01	21,61 ± 1,13	10,62 ± 0,52	0,87	-
1200°	1hora	1,79 ± 0,01	21,24 ± 0,99	9,68 ± 0,41	0,54	-
1200°	2horas	1,78 ± 0,01	19,56 ± 0,90	8,32 ± 0,42	0,43	-
1230°	1hora	1,76 ± 0,01	18,49 ± 0,64	8,67 ± 0,30	0,53	-
1230°	2horas	1,75 ± 0,02	24,73 ± 0,85	8,89 ± 0,57	0,47	-

Tabela A - 5 - Resultados da caracterização física da composição “E”

Temp. queima °C	Tempo de queima	MEA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)	VLD (%)	TRF (MPa)
110°	-	1,88 ± 0,06	-	-		-
1180°	1hora	1,84 ± 0,02	4,15 ± 0,47	1,76 ± 0,16	(1,63)	5,96 ± 0,14
1180°	2horas	1,84 ± 0,02	4,32 ± 0,47	1,79 ± 0,17	(0,97)	5,18 ± 0,27
1200°	1hora	1,85 ± 0,02	13,41 ± 0,37	5,97 ± 0,50	(1,60)	5,69 ± 0,57
1200°	2horas	1,66 ± 0,02	21,97 ± 1,07	0,76 ± 0,09	(0,87)	6,01 ± 0,79
1230°	1hora	1,55 ± 0,02	22,40 ± 0,93	11,20 ± 0,12	(1,56)	6,70 ± 1,34
1230°	2horas	1,52 ± 0,02	30,74 ± 1,57	20,39 ± 1,64	(1,56)	6,23 ± 0,20

Tabela A - 6 - Resultados da caracterização física da composição “F”

Temp. queima °C	Tempo de queima	MEA (g/cm ³)	PA (%)	AA (%)	VLD (%)	TRF (MPa)
110°	-	1,86 ± 0,05	-	-		-
1180°	1hora	1,80 ± 0,01	5,80 ± 0,73	2,43 ± 0,25	(0,57)	-
1180°	2horas	1,80 ± 0,01	6,97 ± 0,92	3,11 ± 0,55	(0,87)	-
1200°	1hora	1,85 ± 0,01	5,18 ± 1,07	2,61 ± 0,91	(1,70)	4,96 ± 0,80
1200°	2horas	1,81 ± 0,01	5,57 ± 1,09	3,75 ± 0,91	(0,73)	5,36 ± 0,51
1230°	1hora	1,81 ± 0,01	5,52 ± 0,24	2,69 ± 0,24	(1,93)	7,39 ± 0,25
1230°	2horas	1,79 ± 0,01	5,18 ± 0,36	2,60 ± 0,24	(1,33)	6,94 ± 0,38

ANEXO – 2 – Registro de Patente




Protocolo _____ Número (21) _____

DEPÓSITO
 Pedido de Patente ou de
 Certificado de Adição


PI0500508-6

depósito / /
(data de depósito)

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de uma patente na natureza e nas condições abaixo indicadas:

1. **Depositante (71):**
 - 1.1 Nome: Edna Beronheiro Signorelli Toledo
 - 1.2 Qualificação: Mestranda 1.3 CGC/CPF: 895.282.398 - 20
 - 1.4 Endereço completo: Rua Gabirobas, 12 casa 31- Bairro Uberaba - Curitiba
 - 1.5 Telefone: (41) 369-5882
 FAX: _____ ☒ continua em folha anexa
2. **Natureza:**
☒ 2.1 Invenção ☐ 2.1.1. Certificado de Adição ☐ 2.2 Modelo de Utilidade
Escreva, obrigatoriamente e por extenso, a Natureza desejada: INVENÇÃO
3. **Título da Invenção, do Modelo de Utilidade ou do Certificado de Adição (54):**
 MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO E RESÍDUOS DE POEIRA DE JATEAMENTO (MICRO ESFERAS DE VIDRO) PARA PRODUZIR CERÂMICA VERMELHA
☐ continua em folha anexa
4. **Pedido de Divisão** do pedido nº _____, de _____
5. **Prioridade Interna** - O depositante reivindica a seguinte prioridade:
 Nº de depósito Data de Depósito (66)
6. **Prioridade** - o depositante reivindica a(s) seguinte(s) prioridade(s):

País ou organização de origem	Número do depósito	Data do depósito
Br	1	

☐ continua em folha anexa
7. **Inventor (72):**
☐ Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s) (art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)
 - 7.1 Nome: Vsevolod Mymrine
 - 7.2 Qualificação: D.Sc., Ph.D.
 - 7.3 Endereço: rua André de Barros, 240, bloco B, ap. 603, Curitiba, PR, Brasil

Formulário 1.01 - Depósito de Pedido de Patente ou de Certificado de Adição (folha 1/2)

7.4 CEP: 80010080

7.5 Telefone (55-41) 232-2568

☐ continua em folha anexa

8. Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:

☐ em anexo9. Declaração de divulgação anterior não prejudicial (Período de graça):
(art. 12 da LPI e item 2 do Ato Normativo nº 127/97):☐ em anexo

10. Procurador (74):

10.1 Nome

CPF/CGC:

10.2 Endereço:

10.3 CEP:

10.4 Telefone

11. Documentos anexados (assinale e indique também o número de folhas):
(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

☒ 11.1 Guia de recolhimento	2 fls.	☒ 11.5 Relatório descritivo	4 fls.
☐ 11.2 Procuração	fls.	☒ 11.6 Reivindicações	1 fls.
☐ 11.3 Documentos de prioridade	fls.	☐ 11.7 Desenhos	fls.
☐ 11.4 Doc. de contrato de Trabalho	fls.	☒ 11.8 Resumo	1 fls.
☒ 11.9 Outros (especificar): Anexo itens			1 fls.
11.10 Total de folhas anexadas:			9 fls;

12. Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras

Curitiba, 04/02/2005
Local e Data

Assinatura J. MYMRINE
Assinatura E. TOLEDO
Assinatura M. PONTE
Assinatura e Carimbo