

JOÃO RODRIGO GOUVEA GUIMARÃES

**ESTUDO DA INCORPORAÇÃO DE POLPA DE CELULOSE
EM CERÂMICAS VERMELHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
(USP), como parte dos requisitos para a obtenção
do Título de Graduação em Engenharia de
Materiais

Área de Concentração: Materiais

Orientador: Prof. Francisco Rolando Valenzuela
Diaz

**São Paulo
2013**

Departamento de Engenharia
Metalúrgica e de Materiais da
Escola Politécnica da USP

DEDALUS - Acervo - EPMT



31800008678

TF-2013
G947e

M2013 K

2399755

FICHA CATALOGRÁFICA

Guimarães, João Rodrigo Gouvea

Estudo da incorporação de polpa de celulose em cerâmicas vermelhas / J.R.G. Guimarães. -- São Paulo, 2013.

63 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

1.Argila 2.Celulose 3.Cerâmica vermelha 4.Fraldas descartáveis I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais II.t.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e avós pelo seu exemplo e encorajamento na jornada da engenharia.

RESUMO

GUIMARÃES, J. R. G. (2013) **ESTUDO DA INCORPORAÇÃO DE POLPA DE CELULOSE EM CERÂMICAS VERMELHAS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

O consumo de fraldas descartáveis tem apresentado um aumento constante ao longo dos anos. Apesar da sua conveniência e praticidade, o descarte realizado sem o tratamento adequado gera aos aterros milhares de toneladas de lixo anualmente. Este trabalho propõe a reutilização da polpa de celulose presente nas fraldas descartáveis através da sua incorporação em cerâmicas vermelhas. Desta forma o objetivo principal do trabalho aqui relatado é o estudo do desempenho da polpa de celulose incorporada a partir da argila, sob os aspectos de resistência mecânica e absorção de poluentes líquidos. São determinadas características mecânicas da cerâmica com adição de polpa de celulose proveniente da fralda e comparadas às características da cerâmica com a incorporação de outras fontes de celulose. Também são determinadas as características de absorção de poluentes líquidos e características dimensionais destes mesmos materiais.

Palavras-chave: Argila, Celulose, Cerâmicas Vermelhas, Fraldas Descartáveis, Reutilização.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Componentes de uma fralda descartável	16
Figura 2.	Polímero Superabsorvente	19
Figura 3.	Argila comum utilizada nos experimentos	31
Figura 4.	Argila Expandida	31
Figura 5.	Fralda Descartável	32
Figura 6.	Folha branca de 75 g/m²	32
Figura 7.	Folha de jornal de 48 g/m²	33
Figura 8.	Óleo Vegetal	33
Figura 9.	Óleo automotivo	34
Figura 10.	Gasolina comum	34
Figura 11.	Balança de Precisão	35
Figura 12.	Estufa a 110 °C	35
Figura 13.	Forno cerâmico	36
Figura 14.	Equipamento para ensaio de compressão	36
Figura 15.	Tela utilizada no experimento de absorção	37
Figura 16.	Peça de argila e polpa de celulose após 24 horas em estufa a 60°C	41
Figura 17.	Perfil da peça de argila e polpa de celulose após 24 horas em estufa a 60 °C	41
Figura 18.	Esferas com argila e polpa de celulose, após secagem em estufa a 60 °C por 24 horas. Diâmetro de 10 mm	42
Figura 19.	Corpo de prova de argila com polpa de celulose após queima, no equipamento de ensaio de compressão. Diâmetro de 10 mm	53

Figura 20. Ap�s o ensaio notou-se colora�o cinza no interior do corpo de prova	53
Figura 21. (1) Argila com adi�o de polpa de celulose. (2) Argila com adi�o de papel branco. (3) Argila com adi�o de papel jornal. (4) Argila pura. (5) Argila expandida	54
Figura 22. Peneira imersa em �leo vegetal, para realizar a tara na balan�a	55
Figura 23. Peneira imersa em �leo vegetal, adicionada de argila com polpa de celulose	55
Figura 24. Peneira imersa em �leo vegetal, adicionada de argila expandida	56
Figura 25. Aferindo o peso do conjunto cesta, �leo vegetal retido e 1 g de argila expandida para determina�o do teste de absor�o	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das cerâmicas vermelhas por tonalidades	5
Tabela 2. Fases de eliminação de água durante o aquecimento de argilas	9
Tabela 3. Resumo dos fenômenos que ocorre na estrutura da ilita com a temperatura	10
Tabela 4. Principais aplicações de cerâmica estrutural	11
Tabela 5. Interações resíduo-matriz cerâmica	14
Tabela 6. Peso dos corpos com de polpa de celulose em argila, durante os ciclos de secagem e queima	43
Tabela 7. Peso dos corpos de prova com papel jornal 48 g/m ² em argila, durante os ciclos de secagem e queima	44
Tabela 8. Peso dos corpos de prova com papel branco 75 g/m ² em argila, durante os ciclos de secagem e queima	45
Tabela 9. Peso dos corpos de prova em argila pura, durante os ciclos de secagem e queima	46
Tabela 10. Diâmetro dos C.P com incorporação de celulose	47
Tabela 11. Diâmetro dos C.P com incorporação de papel jornal	47
Tabela 12. Diâmetro dos C.P com incorporação de papel branco	48
Tabela 13. Diâmetro dos C.P em argila pura	48
Tabela 14. Equações para cálculo das propriedades dimensionais	49
Tabela 15. Propriedades dimensionais dos corpos de prova	51
Tabela 16. Carga para ruptura de compressão	51
Tabela 17. Absorção de Gasolina e óleos por grama de material	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVA	1
1.2. OBJETIVOS	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. ARGILAS	4
2.1.1. ARGILAS PARA CERÂMICA VERMELHA	4
2.1.2. PRINCIPAIS TIPOS E APLICAÇÕES	6
2.1.3. TRANSFORMAÇÕES NA MICROESTRUTURA DECORRENTES DO TRATAMENTO TÉRMICO	7
2.2. MATERIAIS CERÂMICOS	11
2.2.1 PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	12
2.2.2 INTRODUÇÃO DE RESÍDUOS NA CERÂMICA VERMELHA	12
2.2.3 INTERAÇÕES RESÍDUO-CERÂMICA	13
2.2.4 DIFICULDADES NA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS EM CERÂMICAS	14
2.3. FRALDAS DESCARTÁVEIS	15
2.3.1. COMPONENTES DAS FRALDAS DESCARTÁVEIS	16
2.3.2. O POLÍMERO SUPERABSORVENTE	17
2.3.3. MERCADO E INDÚSTRIA	20
2.3.4. REUTILIZAÇÃO VERSUS RECICLAGEM	22
2.3.5. PROCESSO DE RECICLAGEM DE FRALDAS DESCARTÁVEIS	17
2.4. DESCONTAMINAÇÃO DE POLUENTES LÍQUIDOS	23
2.4.1. MÉTODOS UTILIZADOS PARA REMOÇÃO DE POLUENTES EM AMBIENTES MARÍTIMOS E FLUVIAIS	25
2.4.2. MATERIAIS UTILIZADOS PARA REMOÇÃO DE POLUENTES POR ABSORÇÃO	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	29
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO	30
3.2.1. MATERIAIS UTILIZADOS	30
3.2.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	35

3.3. PROCEDIMENTOS PARA OS EXPERIMENTOS	37
3.3.1. ELABORAÇÃODOS CORPOS DE PROVA	37
3.3.2. ENSAIO DE COMPRESSÃO	38
3.3.3 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE LÍQUIDOS	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. ELABORAÇÃODOS CORPOS DE PROVA	40
4.2. ENSAIO DE COMPRESSÃO	51
4.3 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE LÍQUIDOS	54
5 CONCLUSÕES	60
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO

O consumo de fraldas descartáveis tem apresentado um aumento constante ao longo dos anos. Apesar da sua conveniência e praticidade, o descarte realizado sem o tratamento adequado gera aos aterros milhares de toneladas de lixo anualmente. Este trabalho propõe a reutilização da polpa de celulose presente nas fraldas descartáveis através da sua incorporação em cerâmicas vermelhas. Desta forma o objetivo principal do trabalho aqui relatado é o estudo do desempenho da polpa de celulose incorporada a partir da argila, sob os aspectos de resistência mecânica e absorção de poluentes líquidos. São determinadas características mecânicas da cerâmica com adição de polpa de celulose proveniente da fralda e comparadas às características da cerâmica com a incorporação de outras fontes de celulose. Também são determinadas as características de absorção de poluentes líquidos e características dimensionais destes mesmos materiais.

1.1. JUSTIFICATIVA

A escolha da reutilização da polpa de celulose em cerâmicas vermelhas recai sobre o peso que os materiais de construção têm na distribuição do PIB brasileiro. Segundo dados de 2012 (VALOR ECONÔMICO, 31/12/2012), os materiais de construções foram responsáveis por 5,5% do PIB, tendo um crescimento de 2,3% naquele ano em relação aos 0,9% do PIB. A incorporação de materiais alternativos pode aumentar o valor agregado das cerâmicas destinadas a nichos específicos, já que o mercado em geral é muito sensível para qualquer

aumento no valor do produto. As qualidades visadas são produtos ecológicos, de menor peso e maior resistência.

A determinação das propriedades de absorção destas cerâmicas também está englobada no estudo, principalmente tendo em vista a absorção de óleos. O potencial de uso de filtros com estas características tende a crescer ainda mais com o contínuo desenvolvimento do mercado de exploração offshore ligado ao Pré-Sal.

As fraldas descartáveis são os produtos mais consumidos dentro da classe dos absorventes íntimos.

De acordo com SAPUCAHY, F. A. (2011), a penetração desse produto no mercado, que é medida pela razão entre o número de usuários e o número de consumidores potenciais, varia conforme o país e/ou região. No Brasil o índice de penetração é de 27%, considerando a população infantil brasileira de até 30 meses de idade, de 9,6 milhões de indivíduos.

Estes números estão relacionados com a qualidade de vida e grau de instrução do país. Assim, os países em desenvolvimento, em especial os BRICS, já apresentam as maiores taxas de crescimento do consumo.

Desde que a Procter & Gamble lançou a primeira fralda descartável de uso comercial, com a Pampers, em 1961, a evolução dos materiais empregados não parou. Embora mais práticas e eficazes que a reutilizável, apresentam materiais não biodegradáveis que levam centenas de anos para a decomposição. Esta característica, aliada com seu elevado consumo, fez com que as fraldas descartáveis figurassesem dentre os maiores vilões da preservação ambiental.

Cerca de 800 mil toneladas de fraldas são descartadas anualmente no Reino Unido, que até 2009 tinham como destino final os aterros sanitários. A partir

daquele ano, parte do material descartado começou a ser reutilizado gerando novos produtos.

Dentre os constituintes utilizados nas fraldas descartáveis, este estudo aborda a celulose de fibra longa, da qual se tentou retirar ao máximo o polímero superabsorvente de acrilato para a execução dos experimentos, simulando a reutilização da polpa.

1.2. OBJETIVOS

Análise das propriedades mecânicas e de absorção de cerâmicas com adição de polpa de celulose, comparando com outras fontes de celulose.

Objetivos específicos:

- I. Estudar um método para a incorporação de celulose em cerâmicas vermelhas, visando a melhor homogeneidade da mistura argila-celulose;
- II. Revisar a literatura, traçando um panorama acerca do mercado e reutilização de fraldas descartáveis, processo de obtenção de cerâmicas vermelhas e metodologias para ensaios de compressão e ensaios de absorção de líquidos;
- III. Efetuar uma análise comparativa da resistência mecânica de cerâmicas vermelhas com adição de celulose proveniente de fraldas descartáveis, papel branco, papel jornal e também da argila pura.
- IV. Efetuar uma análise comparativa da capacidade de absorção de cerâmicas vermelhas com adição de celulose proveniente de fraldas descartáveis, papel branco, papel jornal, argila pura, argila expandida e polpa de celulose pura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ARGILAS

O termo argila é utilizado para designar uma rocha quanto uma faixa de distribuição granulométrica em que estão englobadas uma determinada dimensão de partículas (SOUZA SANTOS 1975). Estes materiais apresentam textura terrosa, de baixa granulometria e que desenvolve plasticidade quando misturado em água. Naturalmente, as argilas são formadas através do intemperismo, da ação hidromineral ou de materiais que se depositaram como sedimentos fluviais, marinhos, lacustres ou eólicos (MACHADO, 2005). As matérias prima mais comuns para a indústria cerâmica são as argilas, sílica e o feldspato.

Na definição, argilas são partículas minerais com dimensões menores que 2 μm , constituídas de silicatos, minerais não argilosos, matéria orgânica, quartzo, feldspato, mica, óxidos, hidróxidos de ferro e alumínio.

Segundo estimativas, as argilas são as matérias primas de maior utilização, e tem sua aplicação voltada para a produção de cerâmicas estruturais ou cerâmica vermelha, revestimentos cerâmicos, louças e cerâmicas de engenharia.

2.1.1. ARGILAS PARA CERÂMICA VERMELHA

Para a produção de cerâmicas vermelhas são utilizadas argilas comuns como matéria prima, que por sua vez apresenta diferentes tonalidades. Porém, após a queima, esta se torna vermelha a 950 °C, tom que vai escurecendo com o aumento da temperatura. Os principais constituintes das argilas comuns são a caulinita, esmectitas, cloritas, ilitas e argilominerais interestratificados. O

comportamento durante a queima e os fenômenos intrínsecos do processo são os diferenciais para a especificação e diferenciação da argila para uso em cerâmica vermelha ou cerâmica branca. As argilas para cerâmica vermelha possuem grande quantidade de fundentes, podendo apresentar fusão e inchamento devido a liberação de substâncias voláteis durante a queima. As argilas para cerâmica vermelha são classificadas quanto as cores, como mostrado na tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das cerâmicas vermelhas por tonalidades
(Adaptado de MACHADO, 2005)

Tipo de Material	Variação de Cores Conforme a Temperatura (°C)			
	110	950	1250	1450
Telhas e Tijolos	Marrom-avermelhada a creme escuro	Vermelho alaranjado	Creme amarelado ou vermelho	Marrom escuro
Manilhas	Creme escuro	Vermelho alaranjado a vermelho	Vermelho a creme-amarelado	Preto ou cinza escuro
Ladrilhos para Pisos	Vermelho, cinza azulado, violeta, verde	Vermelho	Marrom, vermelho escuro e marrom escuro	Marrom escuro, cinza esverdeado ou preto

2.1.2. PRINCIPAIS TIPOS E APLICAÇÕES

Segundo MACHADO (2005), o uso industrial das argilas é consequência de propriedades físicas e microestruturais que lhes são específicas.

As argilas comuns são utilizadas para a fabricação de cerâmica vermelha. Formadas por diferentes teores de argilominerais como a caulinita, a ilita, esmectita, cloritas, microvermiculitas, camadas mistas ilita/esmectita ou vermiculita/clorita. As argilas comuns têm significativo teor de matéria orgânica para dar plasticidade ao sistema argila-agua e poder ligante após secagem a 70 °C.

O caulim é uma argila de cor branca ou clara, constituída essencialmente por caulinita ou haloisita. Utilizada principalmente para a fabricação de cerâmica branca, como enchimento ou cobertura de papel, carga para borrachas, plásticos, constituintes de catalisadores, zeólitas ou na indústria de cosméticos.

As argilas refratárias são também cauliníticas, porém apresentam baixo teor de fundentes (Na, K, Ca, Mg, Fe), além de baixo teor de sílica e um teor de matéria orgânica adequado para dar plasticidade e poder ligante ao sistema água-argila. Utilizada na produção de chamotas, tijolos, peças especiais, argamassa e cimentos refratários sílico-aluminosos ou aluminosos.

As bentonitas são constituídas de um ou mais argilominerais do grupo das esmectitas (montmorilonita, beidelita, nontrinita, saponita, sauconita, volconscoita e hectorita). Os cátions intercambiáveis reversivelmente são a variável que determina seu uso industrial, assim, há também uma classificação quanto a proporção dos cátions presentes. Dentre as aplicações podemos citar seu uso como componente

tixotrópico de fluidos ou lamas de perfuração, ligante de areia em moldes de fundição, descoloração de óleos, pelotização de minérios de ferro e manganês, dentre outros usos. (SOUZA SANTOS, 1975).

A vermiculita pode se apresentar como monocrystal do grupo das micas. A vermiculita piroexpandida a 700 °C é usada como isolante térmico, acústico e como agregado leve na composição de peças como blocos ou placas.

O talco é um material resultante de processos metamórficos ou hidrotérmicos e são formados por alterações do silicato de magnésio, tal como a olivina, e representa um dos mais importantes silicatos de magnésio utilizados na indústria cerâmica. O talco é muito leve, e funciona como lubrificante em operações de prensagem. Utilizado geralmente em isolantes elétricos e em produtos que tenham coloração branca, como as cerâmicas brancas, já que favorece o processo de vitrificação das peças cerâmicas acabadas, sendo bastante utilizado no revestimento refratário de fornos por conta de sua elevada resistência térmica e ao choque (VALENZUELA-DIAZ et al 1992; SOUZA SANTOS, 1975).

2.1.3. TRANSFORMAÇÕES NA MICROESTRUTURA DECORRENTES DO TRATAMENTO TÉRMICO

Durante a fabricação dos materiais cerâmicos, a etapa de queima é a responsável pela sinterização do material e consiste em transformar materiais dispersos em produtos de elevada resistência mecânica e estáveis quimicamente.

Durante este processo ocorrem reações químicas e fenômenos físicos. Ao final do processo, são verificadas como características principais a resistência mecânica, porosidade, densidade, estabilidade química, e umidade, expansão

térmica, condutividade térmica e dureza. A determinação destas propriedades é feita através de ensaios físicos específicos e por avaliação das fases formadas no processo de queima (MACHADO, 2005). As diferentes composições podem alterar tanto as temperaturas de transformação quanto os produtos formados pelas reações térmicas.

As principais mudanças que ocorrem nas argilas pelo efeito do aumento da temperatura são a saída de água e as transformações na estrutura cristalina dos constituintes por substituições isomórficas ou por transformações do material por quebra ou mudança da estrutura original.

A saída de água é observada em diferentes estágios do aquecimento. O primeiro ocorre na faixa de 110 °C e caracteriza a saída de água livre, ou seja, a água que estava presente entre os aglomerados de argila. A 350 °C são eliminadas as águas adsorvidas na superfície externa dos argilominerais, e associadas aos cátions interlamelares, bem como a água associada aos canais dos argilominerais paligosquíticos. A água que corresponde a desidroxilação da camada octaédrica é geralmente eliminada na faixa de 500 °C a 700 °C. Na tabela 2 são observadas as faixas de temperatura de decomposição térmica de algumas espécies químicas que constituem os argilominerais.

Tabela 2. Fases de eliminação de água durante o aquecimento para argilas. (MACHADO, 2005; SOUZA SANTOS, 1975)

Tipo de água	Espécie formada	Temperatura (°C)
Adsorvida	H_2O livre	>160
Coordenada aos cátions	$[\text{CaO}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$ $[\text{Mg}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$	200-240
Preenchendo a estrutura cristalina	Zeólitas, ácido siício coloidal e matérias orgânicas	200-450
Hidróxidos	AlOOH (diáspero, boemita)	550-685
	$\text{Al}(\text{OH})_3$ (gibsita, baierita, nordstrandita, cliaquita-amorfo)	320-350
	FeOOH (goetita, lepidocrocita)	300-500
	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (portlandita)	400-590
	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ (brucita)	420-450

Uma das transformações estruturais que ocorrem nos argilominerais é a formação de diferentes fases pelo efeito da temperatura, principalmente no grupo da caulinita, da ilita e das esmectitas. As ilitas têm uma grande variação na sua composição devida, principalmente, às substituições isomórficas do ferro por outros elementos químicos. Na tabela 3 estão descritas as transformações térmicas das ilitas.

Tabela 3. Resumo dos fenômenos que ocorre na estrutura da ilita com a temperatura (MACHADO, 2005; SOUZA SANTOS, 1975)

Fenômeno	Temperatura °C
Saída de água livre	>110
Água entre camadas	110-200
Matéria orgânica	200-400
Sulfetos	450
Liberação de (OH ⁻) e decomposição da estrutura cristalina	450-600
Expansão térmica	>600
Perda da estrutura Cristalina	600-900
Formação do espinélio (MgAl ₂ O ₄)	900-910
Fusão da ilita	1050
Formação da mulita	910-1200

Em altas temperaturas, as reações que ocorrem nas esmectitas são semelhantes às que ocorrem nas ilitas. As diferenças observadas estão associadas aos fenômenos que ocorrem com a água que está entre as camadas da estrutura e a associada aos cátions trocáveis situados entre as camadas (MACHADO, 2005; BROWNWELL, 1976). Os fenômenos indicados na tabela X.X também ocorrem com a maioria dos minerais do grupo das esmectitas. As argilas contendo elevados teores de argilominerais esmectíticos não são refratários. Portanto, a sua estrutura tem baixa resistência à temperatura (MACHADO, 2005; SOUZA SANTOS, 1975)

2.2. MATERIAIS CERÂMICOS

Segundo MACHADO (1975), cerâmica é todo e qualquer produto obtido pela moldagem e queima de uma mistura íntima de matérias primas minerais e não metálicas, com características específicas, adequadas à fabricação do produto desejado.

Os produtos cerâmicos apresentam uma das bases fundamentais da indústria e estão presentes em vários ramos, assumindo diversas funções. Quanto à matéria prima, os produtos cerâmicos podem ser classificados em Cerâmica Vermelha, Cerâmica Branca, Materiais Refratários, Materiais Abrasivos, Vidros, Cimento e materiais sintéticos e conjugados. Na tabela 4 estão resumidas as principais aplicações de cerâmica estrutural.

Tabela 4. Principais aplicações de cerâmica estrutural (MACHADO, 2005)

Material	Produtos
Cerâmica Branca	Pisos e azulejos, louça sanitária, louça de mesa, louça técnica (elétrica e de laboratório)
Cerâmica Vermelha	Tijolos, blocos, telhas, filtros d'água, louças de mesa, etc.
Refratários	Blocos, cimentos moldes, tijolos, etc.
Produtos abrasivos	Abrasivos de alumina, carbeto de silício, etc.
Vidros	Materiais de laboratório, componentes eletrônicos, vidros planos, embalagens, etc.

2.2.1. PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Segundo dados da Associação Nacional da Indústria Cerâmica, ANICER, o parque cerâmico brasileiro é composto por 5.500 estabelecimentos, concentrados principalmente nas regiões sul e sudeste. Estima-se que a produção anual esteja na faixa dos 70 bilhões de peças, distribuídos em 75% de blocos, lajotas e pisos e 25% para telhas, que no total, geram um faturamento de R\$ 6 bilhões. A produção é quase em seu total absorvida pelo mercado doméstico. As telhas são as mais exportadas, perfazendo faturamento de R\$ 15 milhões. O setor possui uma estrutura bastante assimétrica, pulverizada e de capital estritamente nacional, no qual coexistem desde pequenos empreendimentos familiares artesanais até empreendimentos de grande porte com produção larga escala e emprego de alta tecnologia. Comum a grande maioria é o fato da competitividade do negócio estar embasada no custo. Há uma tendência de adotar iniciativas para o aprimoramento tecnológico e competitivo, com a adesão em programas de qualidade, implantação de laboratórios de caracterização de matéria prima, qualificação de mão de obra e a incorporação de resíduos na massa cerâmica (CABRAL JUNIOR, 2012).

2.2.2. INTRODUÇÃO DE RESÍDUOS NA CERÂMICA VERMELHA

Uma alternativa para minimizar o impacto ambiental devido a geração de resíduos é a introdução destes em materiais de construção e filtros.

A classificação dos resíduos sólidos é feita de acordo com as características e sua influência sobre as propriedades das formulações dos corpos cerâmicos. Podendo ser redutores de plasticidade ou inertes (MACHADO, 2005).

Os resíduos redutores de plasticidade são mais friáveis e pulverosos. A elevada área superficial desses materiais altera as condições de hidratação das massas cerâmica e assim, diminui a plasticidade do material. Os efeitos observados nas massas cerâmicas são variações nos parâmetros de retração e absorção de água.

2.2.3. INTERAÇÕES RESÍDUO-MATRIZ CERÂMICA

Na incorporação de resíduos numa matriz cerâmica, ocorrem interações que provocam alterações na microestrutura do material durante o processo de queima e sínterização. Barreiras impedem a lixiviação dos contaminantes da matriz, podendo ser barreiras físicas químicas ou por interações entre a matriz e o material incorporado. Na tabela 5 estão descritas as interações resíduo-matriz cerâmica.

Tabela 5. Interações resíduo-matriz cerâmica (MACHADO, 2005)

Tipo de Interação	Mecanismo
Adsorção	Moléculas ou íons ficam fixados na superfície, por ligações fracas de Van der Waals
Adsorção química	Ligações químicas fortes. Para materiais precipitados
Troca de íons	Troca de íons numa determinada solução
Incorporação química ou por componentes da superfície	Solubilização do resíduo na matriz
Passivação ou precipitação	Íons metálicos são dissolvidos na superfície do sólido e precipitados logo após contato com ânions
Substituição isomórfica	Um constituinte substitui outro na estrutura cristalina, possuindo raio iônico e cargas similares ao original
Absorção	Incorporação nos poros sem ligação com a superfície

2.2.4. DIFICULDADES NA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS EM CERÂMICAS

Junto com deficiências nos processos de fabricação, as impurezas também estão fortemente relacionadas aos defeitos presentes em peças cerâmicas. As impurezas podem afetar propriedades mecânicas e a estética da peça. As

impurezas se manifestam como trincas, manchas, etc. As maiores fontes de impureza são os sais solúveis e as matérias orgânicas presentes na argila.

Sais solúveis como sulfatos de cálcio, sódio, potássio e magnésio podem gerar manchas esbranquiçadas nos produtos cerâmicos, após ciclos de queima. Em alguns casos a origem dos defeitos pode estar associada aos gases liberados na combustão, devido à água de umidificação da massa cerâmica contendo estes sais (MACHADO, 2005).

É importante que a composição do resíduo seja constante, e estudada, para que seja possível prever o comportamento da peça, garantindo a qualidade e segurança do produto final.

2.3. FRALDAS DESCARTÁVEIS

Fralda descartável é um produto que se enquadra no mercado de absorventes, que são produtos destinados a absorver e conter resíduos do organismo. O mercado de produtos absorventes compreende as fraldas descartáveis infantis, produtos de higiene feminina e materiais para incontinência de adultos. O enfoque desta pesquisa se dará nas fraldas descartáveis infantis e, eventualmente, serão citados outros tipos (SAPUCAHY, 2011).

2.3.1. COMPONENTES PRESENTES EM FRALDAS DESCARTÁVEIS

Os principais componentes de uma fralda descartável são a celulose de fibra longa ou *celulose fluff* (cerca de 80% do peso da fralda) e acrilatos (entre 5 e 10% do peso). A proporção entre esses dois elementos e outros acessórios (velcros, adesivos, fibras sintéticas) são os diferenciadores entre as fraldas de maior e menor desempenho.

Essa combinação é revestida internamente por um filme de transfer que impede o refluxo de umidade e que, por sua vez, é coberto por uma fina camada de *nonwoven* que entra em contato com a pele do usuário. Um filme de polietileno dobrado e costurado-a-quente forma, então, o corpo da fralda que é finalizada com alguns acessórios, como rayon, velcro e adesivos.

Segundo MARCONATO (2002) os componentes da fralda descartável têm composições e finalidades distintas, como pode ser observado na figura 1.

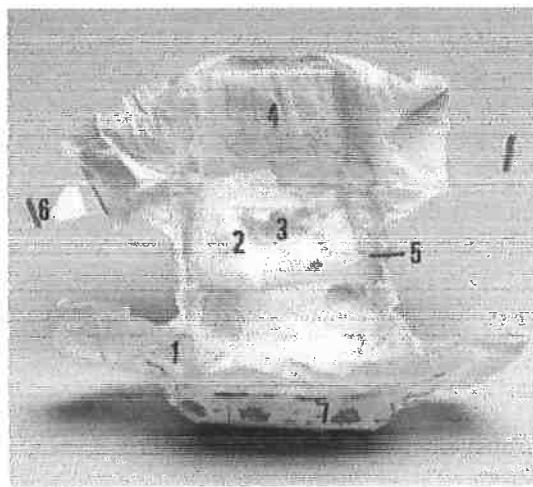


Figura 1. Componentes de uma fralda descartável

- (1) Filme de polietileno: polímero sintético, hidrofóbico, cuja função é ajudar a evitar o vazamento de líquido para fora da fralda.
- (2) Polpa de celulose: polímero natural, hidrofílico. Associado às partículas do polímero superabsorvente (PSA), auxilia na retenção da umidade (“**Polpa de Fralda**”).
- (3) Poliacrilato de sódio (flocgel): polímero sintético, superabsorvente, utilizado na forma de pequenos cristais. Material com grande capacidade de retenção de água.
- (4) Não tecido de polipropileno: polímero sintético de natureza hidrofóbica. Após receber um tratamento com surfactantes, que reduz a tensão superficial do material (tornando-o hidrofílico), permite o escoamento do líquido para a camada absorvente. É a parte da fralda que tem contato direto com o bebê.
- (5) Elásticos: polímero sintético, geralmente feito de fios de poliuretanas, borracha ou lycras, são utilizados para melhor ajuste das fraldas ao corpo do bebê.
- (6) Adesivos termoplásticos: constituídos de polipropileno impregnado com adesivo, são utilizados para o fechamento das fraldas.

Esses componentes são utilizados em quantidades e proporções variadas, constituindo diferencial para os produtos finais, agregando qualidade e valor. Podem ainda ser adicionadas essências aromáticas e produtos para proteger a pele. Fraldas mais sofisticadas empregam quantidades menores de celulose e maiores de acrilatos.

2.3.2. O POLÍMERO SUPERABSORVENTE

Polímeros hidroabsorventes podem ser de origem natural (derivado do amido) ou sintéticos (derivados do petróleo), e são valorizados por suas

habilidades em absorver e estocar água. Os hidroabsorventes mais freqüentemente usados são os polímeros sintéticos propenamidas (originalmente denominados poliacrilamida ou PAM) e os co-polímeros propenamida-propenoato (originalmente conhecidos com poliacrilamida-acrilato ou PAA) usados como floculantes principalmente em fraldas e outros artigos sanitários de líquidos químicos residuais (TERRACOTTEM, 1998).

A aparência destes polímeros, quando secos, é granular e branca, como mostrado na figura 2, apresentando a forma de gel transparente depois de hidratado. São substâncias insolúveis em água, com capacidade de absorver mais de cem vezes a sua própria massa em água (SAPUCAHY, 2011; Pilli, 1988, citado por AZEVEDO, et al. 2002).

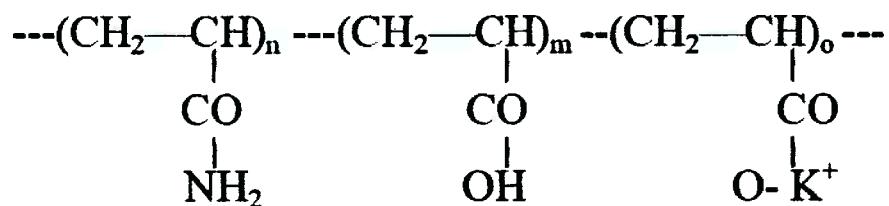
No entanto, os hidrogéis externamente podem parecer semelhantes, mas a sua constituição química e estrutura física podem ser muito diferentes e isto irá afetar a maneira como ele absorverá, reterá e irá liberar água e nutrientes. Os polímeros, por essa razão são classificados em três diferentes grupos, que são: Grupo I: a água fica irreversivelmente confinada por uma forte ligação H-H, permanecendo, portanto, 100% dentro do hidrogel, ou seja, nenhuma água é liberada; Grupo II: tem a capacidade de absorver enorme quantidade de água, mas uma fraca ligação física evita a permanência da água no hidrogel por longos períodos. A água é perdida em poucos dias; Grupo III: a água é confinada por fraca ligação de hidrogênio. Portanto, absorve e libera a água por longos períodos de tempo (TERRACOTTEM, ILJOEN, 1977). Os polímeros utilizados em fraldas são pertencentes ao terceiro grupo.



Figura 2. Polímero Superabsorvente

Os polímeros, quimicamente, são constituídos de cadeia longa de unidades estruturais repetidas chamados monômeros. A polimerização ocorre quando duas ou mais moléculas pequenas combinam-se para formar moléculas maiores (COTTEM, 1988).

De acordo com VILJOEN (1997), os polímeros absorventes apresentam copolímeros de ligação cruzada de ácido acrílico e acrilamida, que são neutralizados com sal de potássio para dar um pH neutro. O grupo carboxílico ao longo da cadeia do polímero, facilita a absorção de água, embora as ligações cruzadas presentes na cadeira evitem sua completa solubilização.



Segundo WANG & GREGG (1990), o grau de ligações cruzadas (proveniente de ácido acrílico), para manter unida a longa cadeia de acrilamida, determina o comportamento da poliacrilamida. O alto grau de ligações cruzadas resulta numa relativa baixa capacidade de retenção de água, mas apresenta maior grau de resistência a danos causados por vários sais.

O copolímero de acrilamida/ácido acrílico é uma molécula com uma grande capacidade de absorção, devido a sua particular conformação, dada pela presença do sal de potássio (DELATORRE et al., 1998). Os monômeros, que constituem a cadeia dos polímeros, possuem grupos funcionais carregados negativamente (COTTEM, 1998). De acordo com STOCKHAUSEN HÜLS (1995), em contato com água, os grupos carboxílicos dos polímeros dissociam-se parcialmente em íons carboxílicos de carga negativa. Este processo causa um enriquecimento de cadeias moleculares com grupos iônicos de cargas iguais, com a tendência de repelir-se entre si. Como resultado deste processo aumenta o volume da cavidade do polímero, originando uma maior possibilidade de armazenamento de água.

Devido à estrutura reticular tridimensional, os polímeros se transformam em um gel, unindo doses de água por ligação de hidrogênio.

2.3.3. MERCADO E INDÚSTRIA

As fraldas descartáveis infantis têm crescente importância entre os itens de consumo da sociedade moderna. O índice de penetração desse produto no mercado (razão entre o número de usuários e o número de consumidores potenciais) varia conforme o país e/ou região.

No Brasil o índice de penetração é de 27%, considerando a população infantil brasileira de até 30 meses de idade, de 9,6 milhões de indivíduos.

Segundo dados de análise setorial do BNDES (2002), em âmbito mundial, os principais produtores de fraldas descartáveis são três empresas com sede nos Estados Unidos e por uma com sede na Suécia, fabricantes de produtos de higiene e limpeza (fraldas, absorventes, sabonetes/óleos para crianças, bronzeadores e filtros solares, produtos de higiene oral, esparadrapo, etc.):

- Procter & Gamble: no ano 2000 obteve um faturamento de US\$40,0 bilhões oriundo de vendas em 140 países; possui fábricas em 70 países empregando 110 mil pessoas; no Brasil fatura US\$ 450 milhões, sendo US\$ 90 milhões provenientes da venda de fraldas;
- Johnson & Johnson: apresentou, em 2000, faturamento de US\$29,1 bilhões. Tem fábricas em 51 países, empregando 99 mil pessoas; no Brasil fatura US\$700 milhões sendo US\$80 milhões com fraldas e US\$110 milhões com absorventes;
- Kimberly-Clark: faturamento em 2000 de US\$14 bilhões proveniente de vendas em 150 países; tem fábricas em 40 países, empregando 55 mil pessoas; no Brasil atua associada à Kenko e à Klabin e fatura cerca de US\$350 milhões, sendo US\$130 milhões com fraldas descartáveis.
- SCA: faturamento em 2000 de US\$7,3 bilhões provenientes de vendas em 40 países; tem fábricas em 28 países empregando 38 mil pessoas; atua na Europa, América do Norte, Ásia e América do Sul, mas não no Brasil.

2.3.4. REUTILIZAÇÃO VERSUS RECICLAGEM

Segundo STANG:

A reciclagem é o termo geralmente utilizado para designar o reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto. Muitos materiais podem ser reciclados e os exemplos mais comuns são o papel, o vidro, o metal e o plástico. As maiores vantagens da reciclagem são a minimização da utilização de fontes naturais, muitas vezes não renováveis; e a minimização da quantidade de resíduos que necessita de tratamento final, como aterramento, ou incineração.

O conceito de reciclagem serve apenas para os materiais que podem voltar ao estado original e ser transformado novamente em um produto igual em todas as suas características.

Já o reaproveitamento ou reutilização consiste em usar um produto mais do que uma vez, independentemente de se o produto é utilizado novamente na mesma função ou não. A reutilização por si só não resolve os problemas relacionados com os resíduos, mas contribui na sua gestão, por aproveitar matéria prima que de outra forma seria acondicionada em aterro ou queimada, e, por outro lado, diminui a necessidade de nova exploração de recursos naturais que seriam necessários para a produção de bens e produtos.

2.3.5. PROCESSO DE RECICLAGEM DE FRALDAS DESCARTÁVEIS

Por ano a Grã-Bretanha consome cerca de 800 mil toneladas de fraldas que acabam em aterros o que foge totalmente do perfil de sustentabilidade exigido pelos novos consumidores preocupados com o meio ambiente no qual vivemos.

Encorajados por esse cenário, os ingleses inauguraram em 2011 a primeira indústria de reutilização de fraldas descartáveis. Essa usina foi desenvolvida pela empresa canadense Knowaste que vem com a proposta de recolher os produtos de higiene absorvente usados, esterilizar o plástico e as fibras que os compõem e então transformá-los em novos produtos

Para este processo em específico, as fraldas devem ser descartadas em locais específicos, já que não há separação manual feita posteriormente. As fraldas são recolhidas desses locais e levadas para a planta. O material é coletado passa por autoclave, com altas temperaturas e pressão, seguido por esterilização. Os resíduos são fragmentados e há separação mecânica dos materiais. As fibras resultantes são ensacadas, enquanto que os demais polímeros passam por outros processos fragmentação e lavagem até estarem no formato de grãos. Estes são peletizados e ensacados.

A planta funciona na cidade de West Bromwich, no Reino Unido e futuramente serão criadas outros em outros municípios do Reino Unido, já que somente com esta planta é evitada a emissão de 20 mil toneladas de CO₂ por ano (Knowaste Ltd, 2011).

2.4. DESCONTAMINAÇÃO DE POLUENTES LIQUIDOS

De acordo com a base de dados da International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF), estima-se que, de 1970 a 2005, cerca de 5.700.000 toneladas de óleo foram lançadas ao mar. O número de acidentes e o volume de óleo derramado têm diminuído progressivamente ao longo dos últimos quarenta e

cinco anos (ITOPF, 2006). Constatase a mesma tendêcia em relação à costa paulista (CETESB, 2005).

A redução de acidentes está associada a um maior controle e cuidado nas operações envolvendo a exploração, transporte e armazenamento de petróleo, o que reflete um aumento no nível da responsabilidade ambiental, induzido por uma cobrança cada vez mais acentuada pela sociedade. Todavia, permanece o risco de que ocorram vazamentos – acontecimentos recorrentes – como contaminação dos ecossistemas costeiros. É imprescindível a necessidade de contínuo aprimoramento nos instrumentos de resposta a vazamentos de óleo, nas dimensões jurídica e técnico-científica.

2.4.1. MÉTODOS UTILIZADOS PARA A REMOÇÃO DE POLUENTES EM AMBIENTES MARÍTIMOS E FLUVIAIS

No Brasil, entre as leis que obrigam as empresas a estarem preparadas para acidentes estão a Resolução CONAMA nº. 293/01 (Brasil, 2001), a Lei nº. 9.966/00 (conhecida como “lei do óleo”, de 28 de abril de 2000) e o Decreto no 4.871/03, de 6 de Novembro de 2003 (Brasil 2000, 2003). Neste âmbito, inserem-se as Cartas de Sensibilidade Ambiental a Vazamentos de Óleo (cartas SAO), definidas pelo Governo Federal, que são parte integrante dos Planos Individuais de Emergência e Planos de Área, e constituem um elemento fundamental para o balizamento de ações de resposta a vazamentos de óleo, uma vez que ajudam a delinear, antecipadamente, as estratégias de contenção, remoção e limpeza recomendadas para cada ambiente (Brasil 2004).

Existem muitas formas de limpar o ambiente contaminado por óleo, e a escolha da técnica mais adequada é crucial para a minimização dos impactos ambientais decorrentes.

Os métodos para limpeza dos meios fluviais descritos e apresentados como disponíveis segundo American Petroleum Institute (API, 1985) são: absorção, remoção manual, bombeamento a vácuo, remoção mecânica, dispersão química, queima, limpeza natural e jateamento.

2.4.2. MATERIAIS UTILIZADOS PARA A REMOÇÃO DE POLUENTES ATRAVÉS DA ABSORÇÃO

De acordo com a experiência dos técnicos próprios e contratados pela Petrobras para serviços de recolhimento de óleo e limpeza de áreas contaminadas, a utilização de materiais para o auxílio ao combater o derramamento de óleo tem relevância tanto na limpeza primária quanto na secundária, pois, em casos de contaminação em alto mar ou em locais em que as correntes afastem a mancha do litoral ou de ecossistemas sensíveis, pouco há de se fazer para recolhimento do óleo, devido à extensão da mancha e da limitação de tempo, recursos humanos e materiais disponibilizados no local dos acidentes. Assim, são mais indicadas técnicas que promovam dispersão do óleo no mar, para que a própria natureza se incumba de absorvê-lo (por exemplo, a dispersão mecânica). De outra forma, quando parte do óleo consegue chegar a costa ou em locais ambientalmente mais sensíveis, ou mesmo seja confinado, quer por barreiras naturais ou implantadas, o que não se consegue recolher mecanicamente irá requerer uma técnica especial,

para o que, seria a limpeza secundária, através da absorção dessas pequenas quantidade de óleo para posterior descarte em local adequado.

Os absorventes são materiais que têm a capacidade de se encharcar de líquido e por essa razão são utilizados para a remoção de óleo em razoável concentração, tanto na água quanto no solo. Eles funcionam tanto por adsorção como por absorção. No primeiro, o óleo se distribui sobre a superfície do material adsorvente e no segundo o óleo é incorporado no corpo ou poros do material absorvente. Na prática, para evitar confusões, todos os materiais tendem a ser chamados simplesmente de absorventes (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEMANETO AMBIENTAL, 2007).

Esses materiais agregam o óleo, facilitando a sua posterior retirada do ambiente, sendo a sua melhor eficiência em pequenas quantidades de óleo, por isso são indicados para uso em etapas posteriores ao recolhimento mecânico ou eventualmente integrado a elas (INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION, 1995; LOPES, 1998). Eles também são muito úteis na recuperação de finas camadas flutuantes de óleo que se deslocaram durante as operações de limpeza e, em determinadas condições. Também podem ser usados na proteção das praias quando existe risco de aproximação do óleo, sendo mais uma alternativa quando a recuperação com recolhedores mecânicos é difícil ou inadequada. Por exemplo, em águas muito rasas ou inacessíveis, e em pequenas manchas de óleo (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2005).

Entre os possíveis impactos do uso inadequado de absorventes estão a contaminação de sedimentos, decorrentes do afundamento de material impregnado

e não recolhido, e a contaminação da teria alimentar associada à água e ao sedimento (LOPES, 2006). Segundo a National Oceanic and Atmospheric Administration (2003) os absorventes podem ser segregados em quatro categorias básicas:

Absorventes sintéticos – Elaborados em forma de mantas, travesseiros, barreira ou a granel, a partir de polímeros, espuma de poliuretano, fibras de polietileno, polipropileno ou poliamida, copolímeros especiais entre outros. Podem absorver até sessenta vezes o seu peso em óleo. A utilização a granel tem restrições devido a sua baixa degradabilidade e possibilidade de sua permanência no ambiente, por isso só são empregados encapsulados. Apesar do elevado custo e da não biodegradabilidade, eles tem sido empregados a partir do reaproveitamento de resíduos de fabricação, devido a sua alta capacidade de absorção e da possibilidade eventual de reutilização (ANNUNCIADO et al. 2004).

Absorventes minerais – elaborados a partir do tratamento industrial de rochas, calcários, sílica, lã de vidro, terra diatomácea, argila, perlita e vermiculita. Apresentam baixo custo de obtenção e são eficientes removedores de óleo da água (retêm 4 a 20 vezes o seu próprio peso em óleo); são utilizados em contaminação superficial do solo em áreas sensíveis como praias, mangues, planície de maré, etc. Como desvantagens se lançados a granel em grande quantidade, os nódulos não recolhidos adsorvem o óleo e sofrem intemperismo e biodegradação.

Absorventes orgânicos não industrializados – Em sua maioria são derivados de matéria-prima vegetal, como cortiça, turfa, palha, feno, bagaço de cana-de-açúcar entre outros, como utilização em situações emergenciais.

Absorventes orgânicos industrializados – Intensificam a absorção e otimizam a aplicação, o transporte e o armazenamento. Tem boa eficiência, biodegradabilidade, flutuabilidade e ausência de toxicidade. Devido às suas características adsorventes, se não forem recolhidos, expõem o óleo a biodegradação protegendo a biota (conjunto de seres vivos de um ecossistema) e o ambiente. Entre eles são os produtos a base de turfa, celulose e semente de algodão.

Para que um material possa ser usado como um absorvente na recuperação de óleo, ele necessita ter boas propriedades de adsorção, estar na forma mais adequada ao uso, ser de fácil manuseio, ser recuperável após o uso e não apresentar problemas de descarte (INTERNATIONAL MARITIME ORGANISATION, 2005), embora a seleção do absorvente deva ser adequada a cada aplicação, por não ser só a sua capacidade de absorção que define o seu uso. É importante que os mesmos apresentem características físicas, composição química, toxicidade, flutuabilidade e capacidade de retenção do óleo impregnado, a fim de evitar consequências indesejáveis (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação científica depende de um “conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos” (Gil, 1999) para que seus objetivos sejam atingidos: os métodos científicos. Neste capítulo são apresentados os procedimentos adotados para verificar a aplicação da polpa de celulose usada em fraldas descartáveis incorporada em argila, através de ensaios mecânicos e de absorção de líquidos

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa teve caráter exploratório. Este tema ainda foi pouco estudado e, além disso, os resultados aqui obtidos não poderão ser extrapolados por tratar-se de um estudo de casos.

Segundo Yin (2001, p. 32-33), um estudo de caso é:

“uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.”

A pesquisa de estudo de caso pode incluir tanto estudo de caso único quanto de casos múltiplos. Triviños (1987) distingue estudos de casos comparativos de estudos multicasos – este último é desprovido de objetivos de natureza comparativa. A pesquisa evidenciada neste trabalho é um projeto de estudo de casos com caráter comparativo.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, a linha de pesquisa

adotada foi à pesquisa quantitativa, apesar da liberdade para tratá-la também com indicadores qualitativos.

As informações utilizadas neste trabalho provêm basicamente de dados obtidos nos experimentos que foram coletados por meio de técnicas de medição direta.

3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS

Nesta seção estão descritos os materiais e equipamentos utilizados para a realização do experimento.

3.2.1. MATERIAIS UTILIZADOS

a. Argila utilizada para a fabricação de cerâmica vermelha proveniente da região de Feira de Santana – BA. Esta argila possui uma granulometria passante na peneira ABNT nº 80 (abertura 0,18 mm). Esta argila já teve suas características determinada na Tese de Doutorado de Alexandre Machado (2005). Quanto a distribuição granulométrica, esta foi classificada em quatro grandes faixas: Até 0,001 mm: 60% da massa; entre 0,001 mm e 0,08 mm: 20% da massa; entre 0,08 e 2 mm: 17% da massa; superior a 2 mm: 1% (pedregulho). Sua área específica, ou seja, a área de superfície externa das partículas em função da massa do material tem como sua dependente todas as interações heterogêneas sólido-líquido. A área específica por absorção de nitrogênio BET foi de 5,7 m^2/g , apresentando característica predominante caulinítica. Já a massa específica obtida foi de 2,7 g/cm^3 e umidade natural de 19,5 %, valores típicos para argilas comuns (MACHADO, 2005):



Figura 3. Argila comum utilizada nos experimentos

- b. Argila expandida tipo 1506. Diâmetro entre 6 mm e 15 mm (Brita 0).



Figura 4. Argila expandida

- c. Fralda descartável marca Procter&Gamble nomeada comercialmente de Pampers

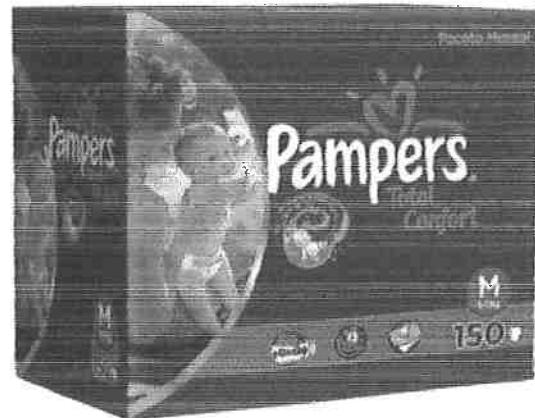


Figura 5. Fralda Utilizada

- d. Folha de papel branco 75 g/m²:



Figura 6. Folha branca de 75 g/m²

e. Folha de jornal 45 g/m²:



Figura 7. Folha de jornal de 48 g/m²

f. Óleo vegetal da marca Soya, de viscosidade 63,5 mPa.s:



Figura 8. Óleo vegetal

g. Óleo Mineral da marca Shell API 20W-50 , de viscosidade 125 mPa.s:



Figura 9. Óleo para motor

h. Gasolina comum, de viscosidade 1 mPa.s:

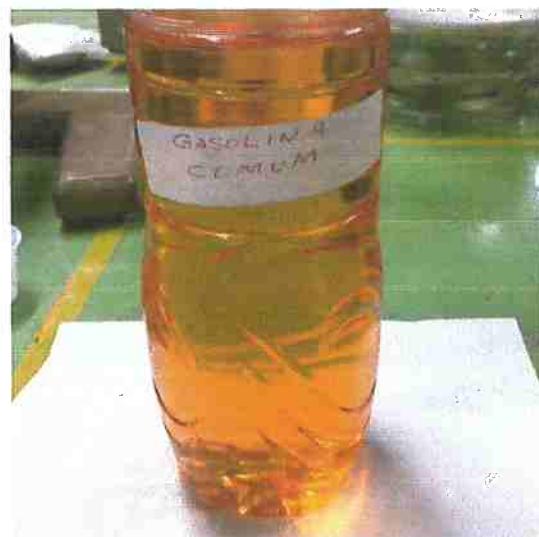


Figura 10. Gasolina Comum

3.2.2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Foram utilizados os seguintes equipamentos para a realização da preparação dos materiais e dos experimentos:

- a. Balança de precisão



Figura 11. Balança de precisão

- b. Estufas a 60 °C e a 110 °C:



Figura 12 – Estufa 110 °C

c. Forno cerâmico EDG 1800 para queima a 950 °C:

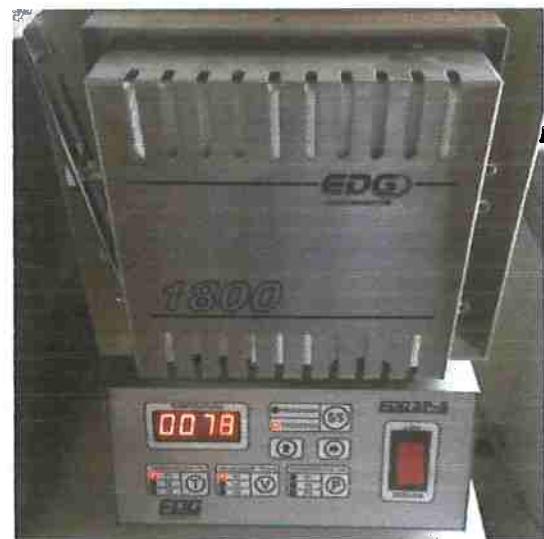


Figura 13. Forno cerâmico

d. Equipamento para ensaio de compressão PANAMBRA – PANTEC



Figura 14. Equipamento para ensaio de compressão

e. Tela de absorção



Figura 15. Tela utilizada no experimento de absorção

3.3. PROCEDIMENTOS PARA O EXPERIMENTO DE DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DIMENSIONAIS

Como o ensaio de absorção desta pesquisa se utilizou dos fragmentos da argila queimada proveniente do experimento de teste de compressão, a sequência de procedimento aqui proposta precisa ser seguida na ordem apresentada para chegar aos resultados obtidos.

3.3.1. PROCESSO DE ELABORAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

O método de preparação dos corpos de prova consiste na elaboração de corpos de formato esférico, sendo que este formato visa sua utilização no ensaio de compressão. Para esta etapa são utilizadas argila e água.

A argila deve ser disposta em um prato, onde deve-se borifar água até que a mistura atinja uma consistência que permita a formação de esferas com as mãos.

As esferas devem ter aproximadamente 10g de peso, e seu peso deve ser anotado.

Após esta etapa, as esferas devem passar pelo primeiro processo de secagem, a temperatura ambiente e, preferencialmente, dispostas em um recipiente semi-coberto para que a água não saia de forma brusca. Registrar o peso.

Na segunda etapa de secagem, as esferas vão para estufa, com secagem a 60 °C durante 24 horas. Registrar o peso.

Na terceira etapa de secagem, as esferas vão para estufa a 110 °C, onde permanecem por 24 horas. Registrar o peso e diâmetro ao final.

A última etapa consiste na queima, realizada em forno a 950 °C, durante 30 minutos com taxa de calor de 10 °C/Min. Registrar o peso e diâmetro ao final.

3.3.2. ENSAIO DE COMPRESSÃO

Para o ensaio de compressão, os corpos de prova, após queima, são dispostos um a um, na máquina de ensaio da empresa Panambra – Pantec.

O equipamento é ajustado para um escala de carga de força de 2.500 N e escala de deslocamento de 100 mm.

3.3.3. ENSAIO DE ABSORÇÃO

Para este ensaio são utilizadas telas de absorção de granulometria ABNT 300 e recipientes onde estas serão mergulhadas.

Com base na norma NBR 8514 da ABNT para a determinação da absorção de líquidos, as amostras são inicialmente pesadas em uma balança analítica, com

precisão de 0,001 grama, obtendo assim o peso seco do composto que será analisado. Neste caso, o peso é de 1g de cada material. Em seguida molha-se a peneira no líquido, deixando escorrer por 15 segundos e em seguida a mesma é pesada na balança analítica.

Após a pesagem dos corpos, os mesmos são dispostos individualmente dentro da peneira e em seguida imersos em água a uma temperatura de 24°C por um período de 15 minutos. Após este tempo as amostras são retiradas e colocadas sobre imersão escorrendo por 15 segundos e em seguida pesados na balança analítica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ELABORAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Na primeira etapa foram preparadas as argilas com proporção de 0,25% em massa de resíduos, para a celulose proveniente da fralda descartável, jornal e papel branco.

A polpa de celulose é obtida a partir da fralda, cortando a superfície interna desta, de polipropileno e chegando ao forro, constituído da celulose em si e de polímero superabsorvente. Dado que este polímero é altamente hidrofílico, podendo gerar uma perda de água muito acentuada durante a confecção da cerâmica, causando defeitos na peça, como apontado na revisão bibliográfica, e supondo que num reaproveitamento da polpa de celulose, este não estará presente, tentou-se retirar ao máximo o polímero. A polpa foi colocada no liquidificador e após alguns ciclos, a maior parte do polímero ficou no fundo.

O melhor método encontrado para incorporar a polpa de celulose, bem como os demais resíduos na argila foi através da preparação de uma suspensão líquida. Foram adicionados 200 mL de água (192,088 g) e 0,5 g de polpa de celulose. Após alguns ciclos do liquidificador, a polpa de celulose estava homogeneamente distribuída. A esta suspensão, foram adicionados 200 g de argila, para chegar a proporção de 0,25 % de polpa de celulose em massa, que passou por novos ciclos no liquidificador até a homogeneização da solução. A solução ficou secando por 24 horas a temperatura ambiente. Na etapa seguinte, foi levada para a estufa a 60 °C, onde ficou por mais 24 horas. O resultado deste último procedimento pode observado nas figuras 16 e 17.



Figura 16. Peça de argila e polpa de celulose após 24 horas em estufa a 60 °C

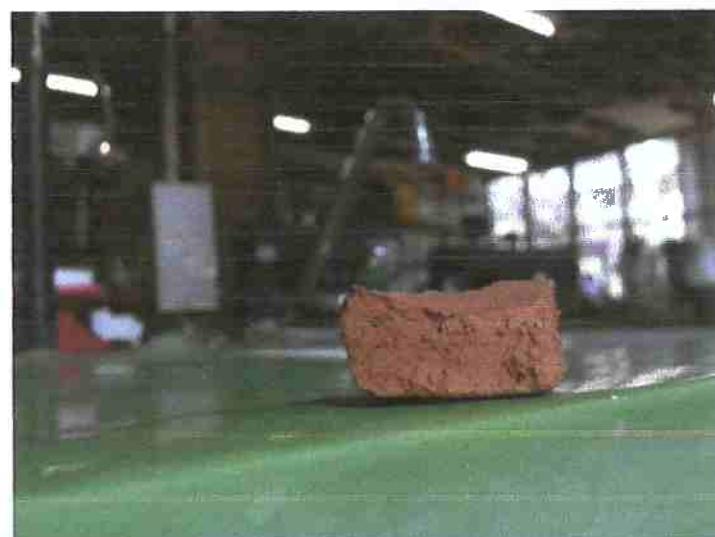


Figura 17. Perfil da peça de argila e polpa de celulose após 24 horas em estufa a 60 °C

A mistura sólida foi então moída em cadinho com auxílio de pistilo e peneiradas até atingirem a granulometria passante ABNT nº 20 (0,84 mm de abertura). Foram obtidos 62,195 g de material. Para atingir os 5% em massa de polpa de celulose, foram adicionados 94,206 g de argila.

O mesmo processo foi realizado para a adição de folha de papel branco e para a folha de jornal, sempre na proporção 0,25% em massa de resíduo e 99,75% em massa de argila.

Para cada um das 4 composição foram preparados 6 corpos de prova, totalizando 24 corpos de prova, cujo aspecto pode ser observado na figura 18.

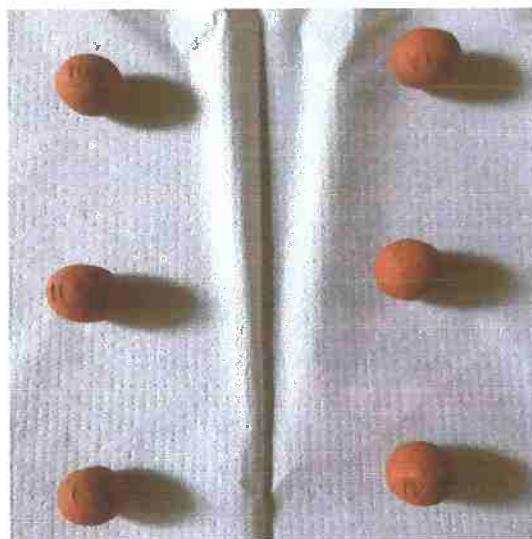


Figura 18. Esferas com argila e polpa de celulose, após secagem em estufa a 60 °C por 24 horas. Diâmetro de 10 mm

Os pesos das esferas ao longo do processo estão nas tabelas 6. a 9.

Tabela 6. Peso dos corpos com de polpa de celulose em argila, durante os ciclos de secagem e queima (g)

Argila com incorporação de celulose

Úmido	Após 24h	Após 24h	Após 24h	Após 30
	em T amb.	a 60 °C	a 110 °C	min a 950°C
1	10,185	9,980	7,555	7,426
2	10,305	9,917	7,629	7,505
3	9,536	9,243	7,093	6,974
4	10,488	9,910	7,780	7,650
5	10,055	9,617	7,427	7,304
6	10,307	9,946	7,601	7,480
Média	10,15	9,77	7,51	7,39
				6,87

Tabela 7. Peso dos corpos de prova com papel jornal 48 g/m² em argila, durante os ciclos de secagem e queima (g)

Úmido	Após 24h em T amb.	Após 24h a 60 °C	Após 24h a 110 °C	Após 30 min a 950°C
1	10,160	7,719	7,082	6,995
2	10,531	7,883	7,355	7,261
3	10,300	7,882	7,261	7,172
4	10,368	7,956	7,262	7,173
5	10,507	8,026	7,405	7,315
6	10,506	7,944	7,355	7,264
Média	10,40	7,90	7,29	7,20
				6,69

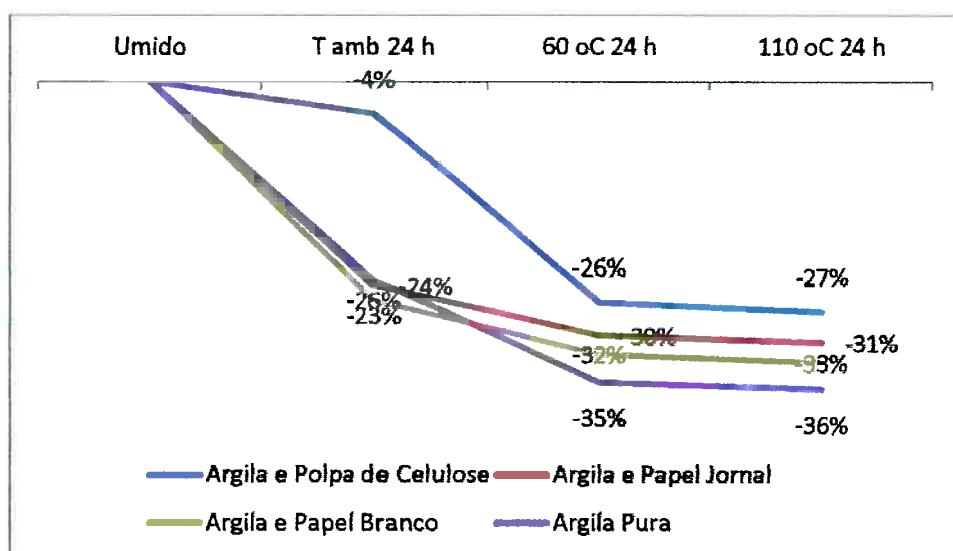
Tabela 8. Peso dos corpos de prova com papel branco 75 g/m² em argila, durante os ciclos de secagem e queima (g)

Úmido	Após 24h em T amb.	Após 24h a 60 °C	Após 24h a 110 °C	Após 30 min a 950°C
1	10,532	7,781	7,140	7,044
2	10,132	7,520	6,915	6,819
3	10,187	7,625	6,856	6,763
4	10,776	8,042	7,331	7,232
5	10,688	7,910	7,263	7,162
6	10,548	7,796	7,151	7,053
Média	10,48	7,78	7,11	7,01
				6,37

Tabela 9. Peso dos corpos de prova em argila pura, durante os ciclos de secagem e queima (g)

Úmido	Após 24h	Após 24h	Após 24h	Após 30
	em Tamb.	a 60 °C	a 110 °C	min a 950°C
1	10,958	7,998	7,033	6,928
2	11,457	8,770	7,439	7,330
3	10,997	8,347	7,050	6,947
4	10,896	8,389	7,045	6,944
5	10,738	8,185	6,918	6,891
6	13,275	10,699	8,624	8,495
Média	11,39	8,73	7,35	7,26
				6,75

Com base nos dados de perda de massa, foi possível traçar um gráfico comparando os diferentes materiais ao longo do processo de secagem.



Os diâmetros das esferas estão nas tabelas 10. a 13.

Tabela 10. Diâmetro dos C.P com incorporação de celulose (mm)

	Após 24h a 110 °C	Após 30 min a 950°C
1	19,96	19,44
2	19,72	18,85
3	18,67	19,73
Média	19,45	19,34

Tabela 11. Diâmetro dos C.P com incorporação de papel jornal (mm)

	Após 24h a 110 °C	Após 30 min a 950°C
1	18,63	18,60
2	19,67	18,17
3	18,87	18,72
Média	19,06	18,50

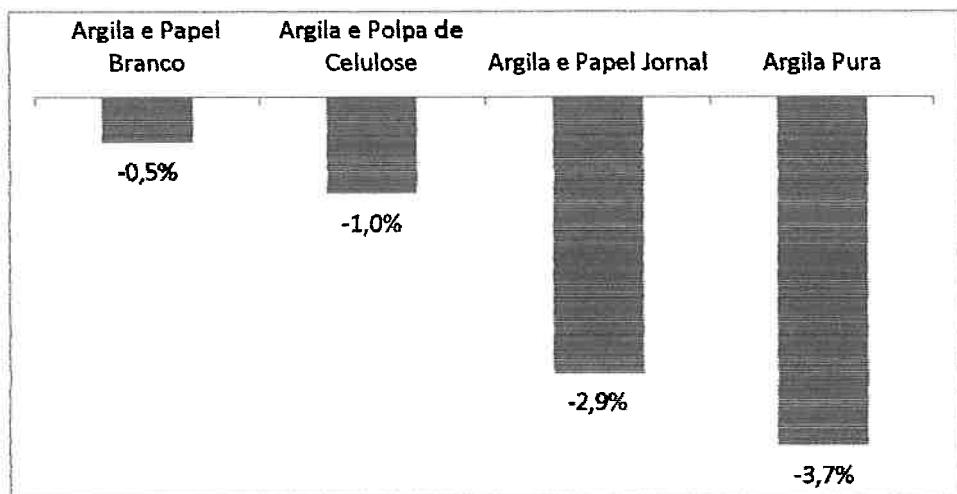
Tabela 12. Diâmetro dos C.P com incorporação de papel branco (mm)

	Após 24h a 110 °C	Após 30 min a 950°C
1	19,05	18,97
2	18,12	18,10
3	18,89	18,73
Média	18,69	18,6

Tabela 13. Diâmetro dos C.P em argila pura (mm)

	Após 24h a 110 °C	Após 30 min a 950°C
1	20,00	18,92
2	19,01	18,92
3	20,78	19,72
Média	19,93	19,19

Com base nos dados da variação do diâmetro, foi possível traçar um gráfico comparando os diferentes materiais ao longo do processo.



Com base nos dados obtidos, foi possível foram obtidas as propriedades dimensionais dos corpos de prova, cuja metodologia de cálculo está descrita na tabela 14.

Tabela 14. Equações para cálculo das propriedades dimensionais (%)

Perda durante a secagem em estufa a 60 °C	$PF_1\% = (P_1 - P_2)/P_1 * 100$
Perda durante a secagem em estufa a 110 °C	$PF_2\% = (P_2 - P_3)/P_2 * 100$
Perda durante a secagem em forno a 950 °C	$PF_3\% = (P_3 - P_4)/P_3 * 100$
Perda Total	$PF_T\% = (P_1 - P_4)/P_1 * 100$
Retração de queima	$RQ\% = (D_3 - D_4)/D_3 * 100$

Simbologia utilizada:

- P_1 = Peso após secagem em temperatura ambiente por 24 horas;
- P_2 = Peso após secagem em estufa a 60 °C por 24 horas;
- P_3 = Peso após secagem em estufa a 110 °C por 24 horas;
- P_4 = Peso após queima em forno elétrico a 950 °C por 30 minutos;
- D_3 = Diâmetro do corpo de prova após secagem em estufa a 110 °C;
- D_4 = Diâmetro do corpo de prova após queima em forno elétrico a 950 °C.

Com base nos pesos e diâmetros médios, foi possível calcular as propriedades dimensionais dos C.P. Os resultados estão na tabela 15.

Tabela 15. Propriedades dimensionais dos corpos de prova (%)

	Argila com celulose	Argila com jornal	Argila com papel branco	Argila pura
Perda depois de 24h a 60°C	23,1	24	25,8	23,4
Perda depois de 24h a 110°C	3,7	7,7	8,6	15,8
Perda depois 0,5h a 950°C	1,6	1,2	1,4	1,2
Perda Total	32,3	35,7	39,2	40,7
Retração de queima	0,6	2,9	0,5	3,7

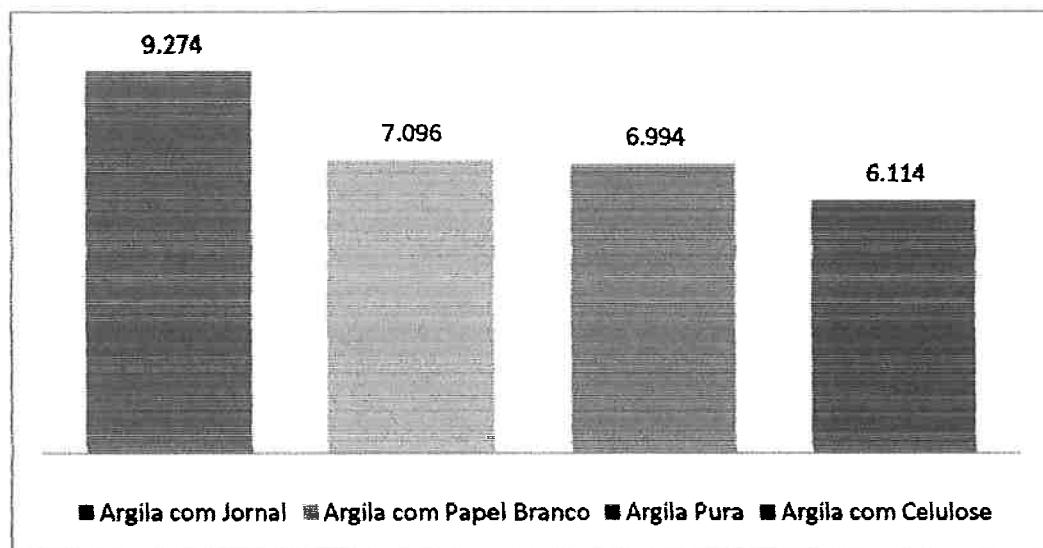
4.2. ENSAIO DE COMPRESSÃO

Foram obtidas as cargas para ruptura das amostras, como mostrado na tabela 16

Tabela 16. Tensão para ruptura de compressão MPa (10^6N/m^2)

Argila com celulose	Argila com Jornal	Argila com papel	Argila pura
6.114	9.274	7.096	6.994

No gráfico abaixo temos uma análise comparativa das tensões para ruptura a compressão. O maior valor obtido foi para a argila com adição de papel jornal, seguida por argila com papel branco, argila pura e por fim argila com celulose. Valores em MPa.



As posições iniciais e finais do conjunto equipamento-amostra estão ilustradas nas figuras 19 e 20. Foi notado que nas amostras feitas com polpa de celulose e jornal, após a ruptura, o miolo apresentou uma coloração cinza, denominada coração negro, geralmente associada a resíduos de material carbonoso.

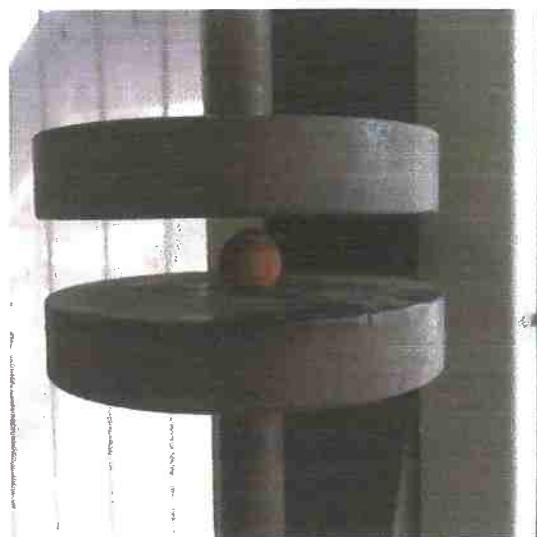


Figura 19. Corpo de prova de argila com polpa de celulose após queima, no equipamento de ensaio de compressão. Diâmetro de 10 mm

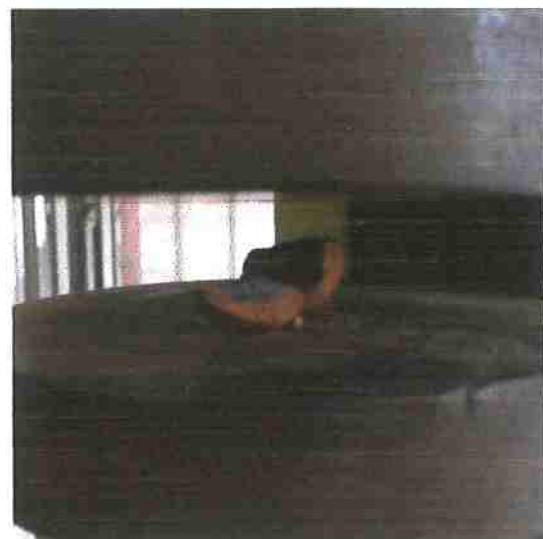


Figura 20. Após o ensaio notou-se a presença de coração negro no interior do corpo de prova

4.3. ENSAIO DE ABSORÇÃO DE LÍQUIDOS

Após o ensaio de compressão, os corpos de prova que haviam sido queimados foram triturados até atingir o peneiramento granulométrico ABNT 20 (0,84 mm de abertura). Além destes, também foi separada e triturada argila expandida. Estes materiais, após moagem, estão ilustrados na figura 21.

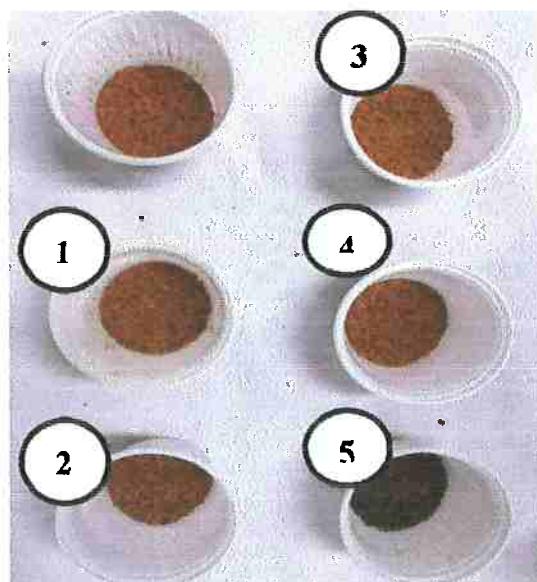


Figura 21. (1) Argila com adição de polpa de celulose. (2) Argila com adição de papel branco. (3) Argila com adição de papel jornal. (4) Argila pura. (5) Argila expandida.

Com base na norma NBR 8514 da ABNT para a determinação da absorção de líquidos, foi realizado os procedimentos para verificar a capacidade de absorção de óleos de cozinha, automotivo e gasolina comum.

Nas figuras 22 a 25 está ilustrada a sequência do ensaio de absorção



Figura 22. Peneira imersa em óleo vegetal, para realizar a tara na balança.



Figura 23 Peneira imersa em óleo vegetal, adicionada de argila com polpa de celulose



Figura 24. Peneira imersa em óleo vegetal, adicionada de argila expandida

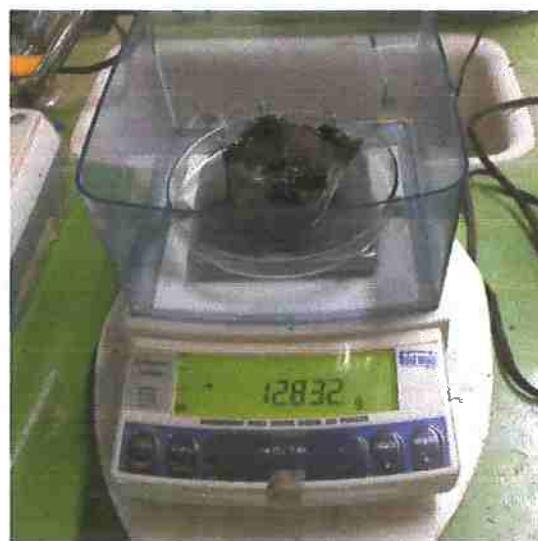


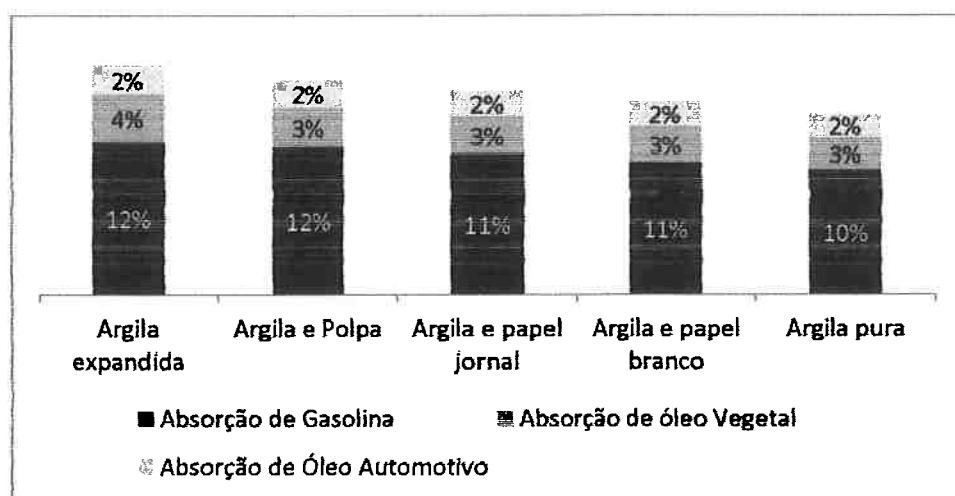
Figura 25. Aferindo o peso do conjunto cesta, óleo vegetal retido e 1 g de argila expandida para determinação do teste de absorção.

Como resultados deste primeiro teste foram obtidos os seguintes valores:

Tabela 17. Absorção de gasolina e óleos por grama de material

Material	Absorção de gasolina comum para um grama de material	Absorção de Óleo vegetal para um grama de material	Absorção de Óleo automotivo para um grama de material
Argila com Polpa de celulose	0,118 g	0,031 g	0,022 g
Argila com papel jornal	0,112 g	0,030 g	0,021 g
Argila com papel branco	0,105 g	0,029 g	0,020 g
Argila pura	0,099 g	0,026 g	0,019 g
Argila expandida tipo 1506	0,122 g	0,038 g	0,023 g

Com base nos dados de absorção de líquidos, foi possível construir um gráfico comparando a capacidade de absorção para cada material. Nota-se que em geral a argila expandida possui uma maior capacidade de absorção, enquanto que a argila pura fica por último neste quesito.



Foi observada uma maior absorção de gasolina, seguida pelos óleos, em menor quantidade.

Como citado anteriormente, segundo a National Oceanic and Atmospheric Administration (2003) os absorventes utilizados na descontaminação de ambientes combustíveis são divididos em absorventes sintéticos, minerais, orgânicos não industrializados e orgânicos industrializados.

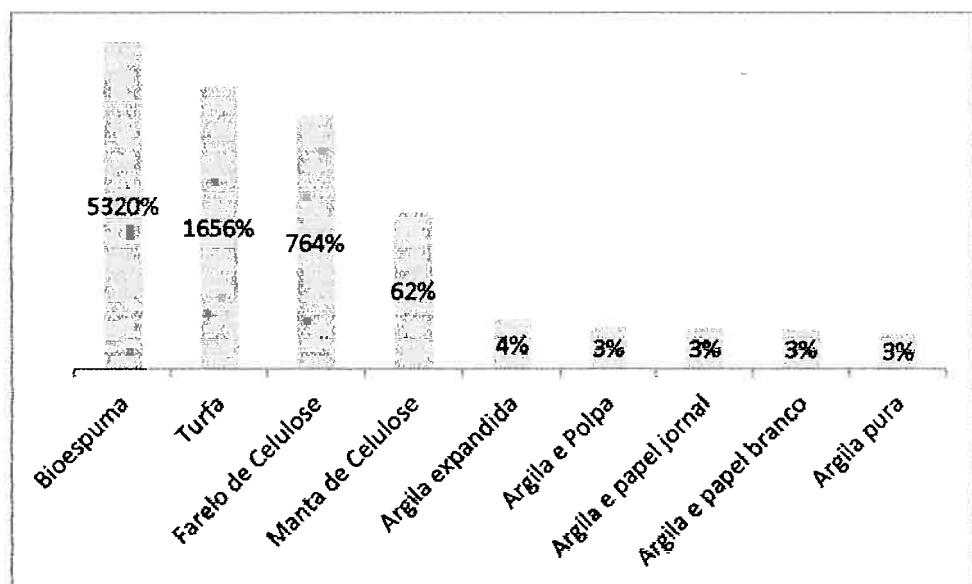
Para efeito comparativo, na tabela 18 estão os valores obtidos por Sapucahy (2011) para a absorção de óleo vegetal, para Farelo de polpa de fralda, com o polímero superabsorvente e uma manta de polpa de celulose, efetuando as etapas de prensagem e calandragem na polpa.

Como citado anteriormente, segundo a National Oceanic and Atmospheric Administration (2003) os absorventes utilizados na descontaminação de ambientes combustíveis são divididos em absorventes sintéticos, minerais, orgânicos não industrializados e orgânicos industrializados. Assim, também foram comparado dois absorventes já utilizados para a absorção de líquidos: A turfa, absorvente orgânico não industrializado e a Bioespuma, absorvente orgânico industrializado

Tabela 18. Absorção de óleo vegetal por grama de material (SAPUCAHY, 2011)

Material	Absorção de Óleo vegetal para um grama de material
Farelo de Celulose	7,64 g
Manta de celulose	0,62 g
Turfa	16,56 g
Bioespuma	53,2 g

Desta forma, foram comparados os valores da quantidade em massa de óleo vegetal absorvida para um grama de material. Foram comparados os valores deste experimento com os valores do trabalho de Felipe Sapucahy (2011). Para melhor visualização, o gráfico está em escala logarítmica.



5. CONCLUSÕES

O método de incorporação, preparando uma solução líquida com o material a ser incorporado em liquidificador se mostrou muito efetiva. O mecanismo de incorporação do resíduo na matriz em argila é a incorporação química ou por componentes de superfície.

Com relação à perda de massa nas etapas de aquecimento e queima, a argila comum foi a que mais perdeu massa. Por um lado, isto mostra na argila com adição de polpa de celulose não houve grande perda da polpa após a queima, no entanto esta foi a que apresentou mais trincas superficiais. Do outro lado, temos a argila comum apresentando a maior perda de massa. Esta mesma característica não se repetiu para a diminuição do diâmetro, no caso da argila com polpa de celulose. Neste caso, a argila com polpa obteve a segunda menor retração, depois da argila com adição de papel branco. Uma maior perda de massa, não acompanhada de uma diminuição de diâmetro proporcional, pode indicar maior porosidade no corpo de prova com adição de polpa de celulose em relação aos demais.

Estas perdas podem estar relacionadas com o formato da fibra da celulose utilizada em cada caso. Como a celulose não resiste a altas temperaturas, temos ao final, corpos de prova compostos basicamente de argila, e diferenciados em relação ao formato dos poros, locais estes onde antes estavam ocupados pelas fibras de celulose.

Já para o ensaio de compressão, o corpo de prova obtido a partir da a argila adicionada de polpa de celulose obteve um desempenho 28% inferior em relação ao corpo de prova obtido a partir de argila com adição de papel jornal.

Durante a ruptura dos corpos de prova, notou-se a presença de uma tonalidade mais acinzentada no interior das amostras com polpa de celulose, o que não se deve à sua composição, mas, provavelmente, a variações no processo, já que a adição de 0,25% em massa de material não seria suficiente para causar esta alteração, considerando ainda que grande parte da celulose foi eliminada durante a queima.

Quanto à absorção de líquidos, todas apresentaram resultados parecidos, com variação máxima de 2 %. Como era esperado, a capacidade de absorção do material é inversamente proporcional à viscosidade do líquido a ser absorvido.

Comparando com os materiais já utilizados para absorção de poluentes líquidos, notou-se uma grande disparidade de valores, mostrando que os absorventes utilizados atualmente possuem uma capacidade de absorção de até 1.800 vezes superior aos produtos adicionados em argila. Também não foi notada uma diferença significativa de absorção entre produtos feitos de argila com incorporação de material, argila pura e argila expandida.

Com base nestas conclusões, foi detectado que a argila com adição de papel jornal foi a que teve o melhor desempenho para a utilização em cerâmicas que exijam uma resistência superior. A adição de polpa de celulose presente nas fraldas descartáveis não se mostrou viável diante dos testes realizados.

Como sugestão para estudos futuros, é interessante realizar novos ensaios para obter mais informações acerca da adição de papel jornal, como resistência a flexão e caracterização deste.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICAS

API. **Oil spill cleanup: Options for minimizing adverse ecological impacts.** Washington: Health and Environmental Science Department, 1985.

AZEVEDO, T. L. de F.; et al. **Níveis de polímero superabsorvente, freqüência de irrigação e crescimento de mudas de café** Acta Scientiarum. Maringá. V. 24 n.5. p:1239-1243, 2002.

BNDES. **Produtos Florestais.** Conhecimento Setorial. 2002. Disponível em: http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bnDES_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/is_g1_26.pdf - último acesso em 15.11.2011

BRASIL, Lei 9.966 de 28 de Abril de 2000. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília: Ed. Extra, 2000.

BRASIL, **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução nº. 293, de 12 de Dezembro de 2001. Acessível em http://www.mma.gov.br/meioambiente/pdf/res_293_2001.pdf - último acesso em 15.11.2011.

CANTAGALLO, C.; MILANELLI, J. C. **Limpeza de ambientes costeiros brasileiros contaminados por petróleo: uma revisão.** Artigo Publicado na revista Pan American Journal of Aquatic Sciences. 2007.

CETESB. **Derrames de Óleo no Mar e os Ecossistemas Costeiros.** São Paulo. Apostila de Curso, 2002.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Cadastro de acidentes ambientais da CETESB.** São Paulo, 2005. Disponível em <HTTP://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em setembro de 2011.

FERRAZ, M. C. C. **O valor dos Trabalhos de Conclusão de Curso para o ingresso do profissional da informação nas empresas.** Perspect. cienc. inf., Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p.88-95, jan./jun. 2003

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 1999.
ITOPF. The International Tanker Owners Pollution Federation. **Effects of Marine Oil Spills. Fate and Effects.** ITOPF. 2002.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **International convention for the control and management of ships ballast water and sediments adopted in 2004.** London, 2004. / Disponível em: http://imo.org/environment/mainframe.asp?topic_id=548. Acesso em outubro de 2011

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. **Biological impacts of oil spill pollution: coral reefs.** [S.] 1992. Disponível em: <http://www.ipieca.org>. Acesso em novembro 2011

LAKATOS, E. M.; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia do trabalho científico.** São Paulo: Atlas, 1991.

LOPES, Carlos Ferreira et al. **Ambientes costeiros contaminados por óleo: procedimentos de limpeza: manual de orientação.** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2006

MACHADO, A. T. Estudo da Incorporação e Estabilização do Pó de Aciaria Elétrica em Matrizes de Cerâmica Vermelha. Tese de doutorado. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, 2005.

MARCONATO, J. C.; FRANCHETTI, S. M. M. **Polímeros superabsorventes.** Química Nova Escola N° 15, MAIO 2002.

MARSIS CABRAL JUNIORA, LUIZ CARLOS TANNOA, AYRTON SINTONIA, JOSÉ FRANCISCO, MARCIANO MOTTA, JOSÉ MÁRIO COELHO, **A Indústria de Cerâmica Vermelha e o Suprimento Mineral no Brasil: Desafios para o Aprimoramento da Competitividade.** Revista Cerâmica Industrial, Jan/Fev 2012.

PLANETA SUSTENTÁVEL. Site. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/ru-abre-1a-usina-reciclagem-fraldas-descartaveis-639774.shtml> - último acesso em 15.11.2011

SAPUCAHY, F. A. F. **Comportamento da Polpa de Celulose Presente em Fraldas Descartáveis como Absorvente de Água e Óleo: uma Análise Empírica.** Trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Materiais – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e Tecnologia das Argilas.** 2ed. São Paulo, EDUSP, 1975. V1 e 2.

STANG J. SILVA R. **Impacto Ambiental causado pelos Resíduos gerados pela malha circular.** Senai / Inifebe. Brusque.

VALENZUELA DIAZ F. R.; SOUZA SANTOS, P.; SANTOS H. S. **A importância das argilas industriais brasileiras.** Revista Química Industrial, Julho e Agosto, No 42 e 44, 1992.

VALOR ECONÔMICO, **Valor das importações de materiais de construção cresceu 4,2% em 2012.** Notícia de 25/06/2013. Disponível em: <http://www.valor.com.br/brasil/3174058/valor-das-importacoes-de-materiais-de-construcao-cresceu-42-em-2012#ixzz2XQsjShrq>