



# REDEMAT

REDE TEMÁTICA EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

UFOP – CETEC – UEMG



**Dissertação de Mestrado**

**"Utilização de Porcelanato em Utensílios Para  
Cocção – Análise e Seleção de Materiais"**



**Autor: Alberto de Sousa Mól**

**Orientador: Prof. Paulo P. Martins Junior**

**Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Sebastiana L. B. Lana**



**Março de 2005**



# REDEMAT

REDE TEMÁTICA EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

UFOP – CETEC – UEMG

Alberto de Sousa Mól

## "Utilização de Porcelanato em Utensílios Para Cocção – Análise e Seleção de Materiais"

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da REDEMAT, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Materiais.

Área de concentração: Análise e Seleção de Materiais

Orientador: Prof. Paulo P. Martins Junior

Co-Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Sebastiana L. B. Lana

Belo Horizonte, março de 2005



**REDE TEMÁTICA EM ENGENHARIA DE MATERIAIS**

**UFOP - CETEC - UEMG**

**Pós-Graduação em Engenharia de Materiais**

***“Utilização de Porcelanato em Utensílios para Cocção – Análise e Seleção de Materiais”***

***Autor: Alberto de Sousa Mol***

Dissertação defendida e aprovada, em 31 de março de 2005, pela banca examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Dr. Paulo Pereira Martins Junior - Orientador  
REDEMAT/Centro Tecnológico de Minas Gerais

---

Dr. Ricardo Alberto Neto Ferreira  
CDTN-Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear

---

Prof. Dr. Sidney Nicodemos da Silva  
UNILESTE – MG

À Cris: razão, emoção, incentivo, apoio,  
Aos meus irmãos e irmãs e seus agregados (as),  
E aos meus pais, que sempre estarão no coração,  
Dedico esta vitória.

## **Agradecimentos**

Ao Professor Dr. Paulo Pereira Martins Junior pela orientação na elaboração deste trabalho.

À Professora Dra. Sebastiana Luiza Bragança Lana pelo apoio e incentivo, antes e durante o mestrado.

Ao Dr. Ricardo Alberto Neto Ferreira, pesquisador do CDTN, pela presteza e pelo apoio decisivo na medição de difusividade térmica e de densidade das amostras.

Ao Dr Walter de Brito (CDTN) pela análise por difração de Raios X e a Dra. Glaura Goulart (Dep. Química – UFMG) pela medição de calor específico por DSC.

Ao Sr. Antonio Sergio Nunes Rosa, Gerente da Cecrisa S.A. Unidade Santa Luzia, e à Técnica Dione, por abrirem as portas da sua “casa” e por fornecerem as amostras imprescindíveis ao trabalho.

Aos Professores Antônio Valadão e Sidney Nicodemos (CETEC), Professora Margareth Corrêa (Escola de Nutrição – UFOP) e Goreth (Biblioteca da Escola de Nutrição – UFOP), que muito colaboraram para este trabalho.

Aos colegas de jornada Flávio, Giuliano, Kristhoffer, Rachel e Wanderson.

Ao Wagner Sade, o Turco, pela ajuda quântica.

Ao Edezio, Erivelto e Vianna, mais que primos, amigos.

Ao Geraldo, pelas cervejas e filosofia nas segundas à noite em Ouro Preto.

À Alice, companheira dedicada nas viagens a Ouro Preto.

À Capes pelo auxílio financeiro.

## Sumário

Agradecimentos.....	iv
Sumário.....	v
Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas .....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii

## Capítulo 1

1.1 – Hábito de cozinhar os alimentos.....	01
1.2 – Histórico e evolução das panelas.....	02
1.3 – Histórico e evolução dos fogões.....	06

## Capítulo 2

2.1 – Objetivos.....	10
1.1 – Objetivo geral	
1.2 – Objetivos específicos	

## Capítulo 3

3.1 – As panelas.....	11
3.1.1 – Bateria de Cozinha.....	11
3.1.2 – Utensílios de Cocção.....	11
3.1.3 – Utensílios de Pré-preparo, Preparo e Armazenagem.....	12
3.2 – Análise de modelos comuns.....	13
3.3 – Mecanismos de contaminação.....	14
3.3.1 – Agrícola.....	14
3.3.2 – Poluição Industrial.....	14
3.3.3 – Geológica.....	14
3.3.4 – Processamento de Produtos.....	14
• Alumínio.....	15
• Ferro (Ferro Fundido).....	16
• Aço Inoxidável.....	17

• Cobre.....	18
• Metal revestido com teflon.....	19
• Metal com revestimento esmaltado.....	19
• Pedra sabão.....	20
• Vidro.....	21
• Cerâmica.....	21
3.4 – Análise de modelos com tecnologia agregada.....	22
3.4.1 – Ceraflame.....	23
3.4.2 – La Grande Maison.....	23
3.4.3 – Le Creuset.....	24
3.4.4 – Scan Cook.....	26
3.4.5 – Silit.....	27
3.4.6 – Tramontina.....	28
3.5 – Preço Médio.....	29
3.6 – Importância da Cocção dos Alimentos.....	29
3.7 – Caracteres Organolépticos.....	30
3.7.1 – Aparência.....	30
3.7.2 – Cor.....	30
3.7.3 – Aroma.....	30
3.7.4 – Sabor.....	30
3.8 – Modificações nos Alimentos Causadas pela Cocção.....	30
3.8.1 – Valor Nutritivo.....	31
3.8.2 – Características organolépticas.....	31
3.8.3 – Consistência.....	32
3.8.4 – Peso e volume.....	32
3.8.5 – Digestibilidade.....	32
3.8.6 – Estado sanitário.....	32
3.9 – Métodos de Cocção.....	32
3.9.1 – Calor úmido.....	33
3.9.2 – Calor seco.....	33
3.9.3 – Calor misto.....	33
3.10 – O Calor.....	33
3.10.1 – Convecção.....	33
3.10.2 – Condução.....	34

3.10.3 – Irradiação.....	34
3.10.4 – Fricção.....	34
3.11 – Fontes de Calor.....	34
3.12 – Tipos de Transmissão de Calor.....	35
3.13 – Histórico dos materiais cerâmicos.....	36
3.14 – Classificação dos materiais cerâmicos.....	37
3.15 – Processos de fabricação.....	39
3.15.1 – Preparação da matéria-prima.....	39
3.15.2 – Preparação da massa.....	39
3.15.3 – Formação das peças.....	40
3.15.4 – Tratamento Térmico.....	40
3.15.5 – Acabamento.....	40
• Esmaltação.....	40
• Decoração.....	41
3.16 – Propriedades térmicas dos materiais.....	41
3.16.1 – Capacidade térmica.....	41
3.16.2 – Calor Específico.....	41
3.16.3 – Condutividade térmica.....	42

## Capítulo 4

4.1 – Por que porcelanato.....	43
4.2 – O que é o porcelanato.....	43
4.3 – Propriedades de interesse do porcelanato.....	45
4.3.1 – Cor.....	46
4.3.2 – Resistência ao manchamento.....	46
4.3.3 – Resistência à abrasão.....	47
4.3.4 – Estabilidade dimensional.....	47
4.3.5 – Propriedades mecânicas.....	47
4.4 – Considerações importantes sobre a fabricação de utensílios de porcelanato.....	48

## Capítulo 5

5.1 – Determinação da condutividade térmica do porcelanato.....	50
5.1.1 – Determinação da difusividade térmica ( $\alpha$ ).....	50



5.1.2 – Determinação da densidade ( $\rho$ ).....	52
5.1.3 – Medição do Calor Específico ( $C_p$ ).....	54
5.2 – Cálculo da condutividade térmica do porcelanato.....	54
5.3 – Análise comparativa da condutividade térmica do porcelanato.....	55
5.4 – Análise da composição do porcelanato.....	56
<b>Capítulo 6</b>	
Conclusões .....	57
<b>Capítulo 7</b>	
Sugestões para trabalhos futuros.....	58
Referências Bibliográficas.....	59
<b>Anexos</b>	
Anexo 1: Resultado dos Ensaios .....	I
Anexo 2: Patententes e Modelos Industriais.....	XII

## Lista de Figuras

- Fig. 1.1: Material Culinário Grego
- Fig. 1.2: Panela Chinesa tradicional
- Fig. 1.3: Conceito moderno de Panela Chinesa, denominada Wok
- Fig. 1.4: Panela da marca Silit, em titânio e cerâmica
- Fig. 1.5: Fritadeira elétrica Walita
- Fig. 1.6: Panela elétrica a vapor Arno
- Fig. 1.7: Fogão a lenha de fabricação industrial
- Fig. 1.8: Fogão a lenha de fabricação artesanal
- Fig. 1.9: Fogão do tipo indução
- Fig. 1.10: Fogão de vitro-cerâmica
- Fig. 1.11: Desenho esquemático de fogão de indução elétrica
- Fig. 1.12: Micromobile, Designer: Mário Fioretti, Brasil
- Fig. 1.13: Microtop, Designer: Mário Fioretti, Brasil
- Fig. 1.14: Chef, Designer: Konstantin Grcic, Alemanha
- Fig. 1.15: Picard, Designer: Jacco Bregonje, Holanda
- Fig. 1.16: Trollo, Designer: Bjorn Goransson, Suécia
- Fig. 1.17: Sound Wave, Designer: James Irving, Inglaterra
- Fig. 3.1: Tipos de Panelas
- Fig. 3.2: Jogo de Panelas Ceraflame
- Fig. 3.3: Produtos da Empresa La Grande Maison
- Fig. 3.4: Produtos da Empresa La Grande Maison
- Fig. 3.5: Produtos da Empresa La Grande Maison
- Fig. 3.6: Produtos da Empresa La Grande Maison
- Fig. 3.7: Produtos Le Creuset em ferro fundido
- Fig. 3.8: Produtos Le Creuset em ferro fundido
- Fig. 3.9: Produtos Le Creuset em ferro fundido
- Fig. 3.10: Produtos Le Creuset em ferro fundido
- Fig. 3.11: Produtos Le Creuset em ferro cerâmica
- Fig. 3.12: Produtos Le Creuset em ferro cerâmica
- Fig. 3.13: Produtos Le Creuset em ferro cerâmica
- Fig. 3.14: Panela tipo Wok da Le Creuset

Fig. 3.15: Frigideira Scan Cook  
Fig. 3.16: Frigideira Scan Cook  
Fig. 3.17: Caçarola Scan Cook  
Fig. 3.18: Assadeira Scan Cook  
Fig. 3.19: Produtos Silit  
Fig. 3.21: Produtos Silit  
Fig. 3.22: Produtos Silit  
Fig. 3.23: Produtos Silit  
Fig. 3.25: Produtos Silit  
Fig. 3.26: Jogo de panelas de aço inox Tramontina  
Fig. 3.27: Jogo de panelas de alumínio Tramontina  
Fig. 3.28: Organograma: métodos de cocção  
Fig. 4.1: Fluxograma das etapas da fabricação do porcelanato  
Fig. 4.2: Surgimento de poros abertos após o polimento  
Fig. 4.3: Prensagem uniaxial  
Fig. 4.4: Prensagem isostática  
Fig. 5.1: Registro da temperatura em função do tempo para uma medição  
Fig. 5.2: Gráfico da difusividade térmica em função da temperatura  
Fig. 5.3: Escala comparativa de Condutividade térmica

## **Lista de Tabelas**

Tab. 3.1: Preço médio das panelas encontradas no mercado nacional.

Tab. 3.2: Fontes de Calor Utilizadas na Cozinha

Tab. 3.3: Tipos de transmissão de calor

Tab. 5.1: Resultados de difusividade térmica obtidos em ensaios

Tab. 5.2: Valores obtidos para massa da amostra sob empuxo

Tab. 5.3: Valores de  $k$  para alguns materiais sólidos

Tab. 5.4: Fases cristalinas identificadas na amostra de porcelanato

## **Resumo**

MÓL, Alberto de Sousa, Utilização de Porcelanato em Utensílios Para Cocção – Análise e Seleção de Materiais. Orientador: Dr. Paulo Pereira Marins Junior. Co-Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Sebastiana Luiza Bragança Lana. REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais: UFOP, CETEC, UEMG. Belo Horizonte / Ouro Preto, 2005. Dissertação de Mestrado.

Esta dissertação tem como objetivo apresentar o estudo realizado sobre as propriedades térmicas do porcelanato, visando sua aplicação em utensílios para cocção. A literatura científica atual já dispõem de um considerável volume de informações sobre as propriedades mecânicas e químicas deste material, mas se mostra, ainda, bastante carente de informações a respeito de suas propriedades térmicas. Foi constatado também o “limitado” campo de aplicações deste material, que se resume a utilização em pisos, revestimentos e fachadas de edificações. Por se tratar de um material refratário, investigou-se sua aplicação no desenvolvimento de panelas capazes de promover uma distribuição adequada do calor em seu interior, melhorando o processo de cocção dos alimentos neles preparados. O trabalho apresenta também uma análise dos utensílios de cocção encontrados no mercado atualmente, fazendo algumas referências aos seus pontos positivos e negativos.

Palavras-chave: (Gres) Porcelanato, utensílios para cocção, propriedades térmicas.

## **Abstract**

This dissertation has its goal in introducing the study about the thermal proprieties of the porcelanate in order to its applications in cooking utensils. The current scientific literature has already a large amount of information about the mechanic and chemical proprieties of this material, but still have few information about the thermal proprieties. It was noticed that the “limited” range of the material applications, about its use on floors, revetments and fronts of buildings. Because it’s a refractory material, studies was done about its use in development of pans able to distribute the proper heat in its inside, improving the cooking process of the food prepared in it. The researches show, as well an analysis of cooking utensils that can be found nowadays, with some references to its positive and negative aspects.

Key words: Porcelanate, cooking utensils, thermal proprieties.

# Capítulo 1

## 1.1 – Hábito de cozinhar os alimentos

Segundo FLANDRIN e MONTANARI <sup>[1]</sup> “há mais ou menos 500 mil anos, o uso regular do fogo no universo doméstico modificou profundamente a alimentação, assim como os comportamentos sociais a ela relacionados”.

É sabido que muitos carnívoros procuram por carcaças de animais mortos depois de incêndios, o que reforça a suposição de sua preferência por carne cozida. Porém, o único animal capaz de fazer isto de forma voluntária e consciente é o homem.

Além da vantagem nutricional, a capacidade de cozinhar os alimentos favorece a comensalidade, hábito de se fazer refeições em companhia de outras pessoas.

Foi pelo advento da capacidade de cozinhar/assar que o homem pôde criar o pão, alimento tão importante do ponto de vista nutricional e cultural. Os médicos do mundo clássico o colocavam no ápice da pirâmide nutricional. *Hipócrates* (*apud* FLANDRIN e MONTANARI <sup>[1]</sup>), médico grego nascido na Grécia em 460 a.C. e considerado o pai da medicina moderna, o reconhece como tendo efeitos medicinais pelo seu perfeito equilíbrio dos componentes quente e frio, seco e úmido, como tudo o que existe na natureza.

O filósofo chinês *Lao-Tzu* afirmou que “governar é como cozinhar um peixe pequeno”, demonstrando sua íntima ligação com a culinária. Vem também de um chinês, *Yi Yin*, (dinastia *Shang*, século XIV a XI a.C.) a teoria da “harmonia dos alimentos”, que relaciona os cinco sabores (o doce, o azedo, o amargo, o picante e o salgado) com os principais sistemas de órgãos do corpo (o coração, o fígado, o baço, o pâncreas, os pulmões e os rins). Ele atribuiu aos alimentos a responsabilidade por uma boa saúde física.

Para este povo, os alimentos e os remédios têm a mesma origem. Eles também se preocupam com a comensalidade. Os chineses têm várias regras e costumes associados ao ato de comer. Por exemplo, deve-se comer sentado; há uma ordem estabelecida de quem pode sentar-se primeiro entre os homens, mulheres, velhos e jovens; e os pratos principais deverão ser consumidos com os palitos e a sopa deverá ser tomada com colher. Os banquetes chineses são preparados num sistema de mesas e cada mesa deverá acomodar entre dez e doze pessoas <sup>[2]</sup>.

As técnicas de cocção, os temperos e as combinações de alimentos têm sua razão de ser na cozinha como elemento de correção da natureza; para adequá-la à necessidade de cada indivíduo. É a arte culinária que leva ao homem o equilíbrio que ele perde quando doente. Ela

leva o quente para onde há excesso de frio, o úmido para onde há o excesso de seco e assim por diante.

A cozinha e suas artes são então uma ferramenta da nutrição. É ela quem faz o complemento do desejo instintivo (o que é bom), com a necessidade fisiológica (o que é saudável).

Livros escritos entre os séculos XIV e XVI mostram a dupla função da culinária nesta época: temperos e métodos de cocção serviam para tornar os alimentos mais saborosos e mais fáceis de digerir. Enquanto algumas publicações eram obras de dietética, outros eram verdadeiros guias de receitas.

“A cozinha faz parte, pois, de um saber complexo, em que as técnicas e os gostos, a ciência e a cultura remetem uns aos outros (...)” [1].

## **1.2 – Histórico e evolução das panelas**

Se o domínio do fogo para cozinhar os alimentos é considerado a primeira revolução alimentar [1], a segunda revolução é sem duvidas a utilização de utensílios para auxiliar nesta cocção.

Pouco depois de dominar o fogo, o homem manipulou a cerâmica e criou o utensílio que é utilizado ate hoje em praticamente todas as culturas: a panela.

Junto com as panelas veio a capacidade de cozimento em água fervente. Nascia assim a era do cozido, que facilitava a utilização tanto da carne como dos cereais na dieta regular do homem.

Alem da cocção, recipientes de cerâmica da era pré-histórica eram utilizados também para a fabricação de bebidas fermentadas, como comprovam pesquisas realizadas em peças encontradas num sitio arqueológico iraniano datado de 5.500 a.C. [1].

Os egípcios cozinavam utilizando panelas e frigideiras resistentes ao fogo, de cerâmica ou de metal (de cobre e depois de bronze). Eles utilizavam também, utensílios de mesa, que iam de tigelas a taças, de cerâmica e até de prata e ouro.

Os fenícios conheciam vários tipos de cozimento, que exigiam recipientes variados como caldeirões, pequenas frigideiras com bordas baixas e travessas de forno, todas de cerâmica, que era tradicionalmente conhecida no Oriente Médio.

Os gregos, como mostra a figura 1.1, já fabricavam alguns utensílios de uso residencial (século IV a.C.).



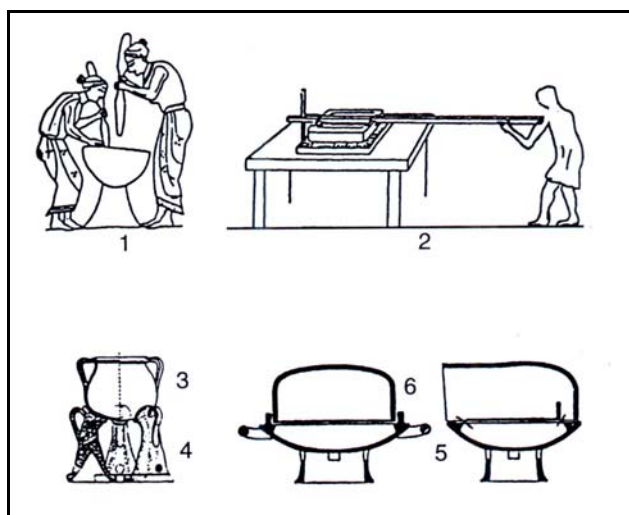


Figura 1: Material Culinário Grego: pilão (1), mó (2), *chytra* (3), suporte móvel (4), braseiro portátil (5) e forno móvel (6).

Vêm da Roma do Século III os verbos *frigere* e *coquere*. O primeiro tem dois sentidos: a torrefação de cereais e a cocção em um meio líquido fervente diferente da água, que está muito próximo do nosso conceito de fritura (cocção em um meio gorduroso). O segundo se refere ao que no nosso padrão assemelha-se a cozer, fazer cozer ou cozinhar.

Na Idade Média placas de terracota eram utilizadas para sustentar alimentos sobre as fogueiras enquanto cozinhavam.

Sítos arqueológicos mais completos mostram panelas normalmente aos pares, iguais em suas formas, mas diferentes em volume. Inventários do século XIV das regiões da Borgonha e da Toscana mencionam utensílios metálicos, tais como frigideiras de ferro e caldeirões de cobre. Escavações arqueológicas nestas regiões encontraram também panelas moldadas a partir de folhas de cobre, caldeirões decorados de bronze fundido, pequenas caçarolas de barro e um grande número de panelas também de barro. Nestas regiões, assim como no restante da Europa central, os utensílios de cocção e de mesa são essencialmente de madeira ou metal até o fim da Idade Média, revelando grande contraste com o Oriente Médio, onde o barro cozido, a faiança e o vidro são muito difundidos <sup>[1]</sup>.

A faiança é uma massa cálcica, compostas de argilas plásticas, caulim, dolomita, quartzo, talco e bentonita. É feita para ser queimada à 980° C, resultando um corpo branco e com cerca de 12% de porosidade. A queima do biscoito nessa temperatura é muito importante para que ocorram todas as reações, e quando da queima do esmalte não ocorram problemas. Tem muito boa plasticidade, podendo ser torneada com facilidade ou ser usada para modelagem e moldagem.

Para os chineses, a cor, o aroma e o sabor dividem a mesma importância no preparo de cada prato. Normalmente, qualquer entrada combinará de três a cinco cores, selecionadas de ingredientes que sejam de cor verde clara, verde escura, vermelha, amarela, branca, preta ou caramelada. Geralmente, um prato de carne e verduras é preparado com um ingrediente principal e com dois ou três ingredientes secundários de cores contrastantes. Então ele é preparado da maneira apropriada, com temperos e com o molho certo, o que resultará em um prato esteticamente atraente. Estas façanhas são possíveis graças ao conceito chinês de panela, que permite a cocção simultânea de vários ingredientes, colocados no centro do utensílio (local de maior concentração de calor) e levados para as extremidades à medida que atingem o ponto correto de cocção, sempre aproveitando os próprios sucos destes alimentos <sup>[2]</sup> (figuras 1.2 e 1.3).

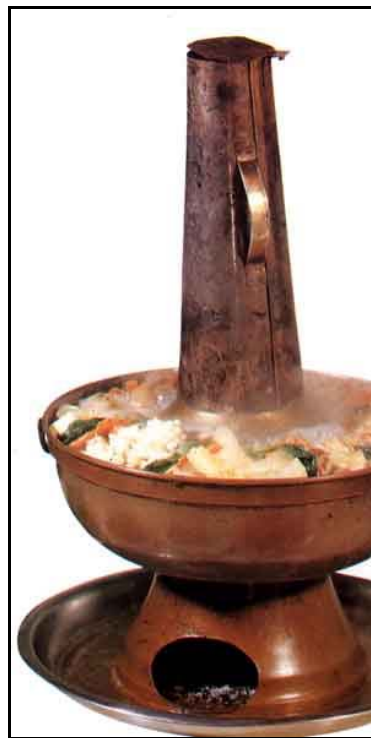


Figura 1.2: Panela Chinesa tradicional.



Figura 1.3: Conceito moderno de Panela Chinesa, denominada Wok.

Em suas formas e funções, as panelas não mudaram muito até meados do século XIX. Mas é desta era que veio a maior revolução pela qual passaram estes utensílios: a evolução dos materiais, tanto na composição quanto no revestimento.

Como fruto dessa revolução da Engenharia de Materiais temos as ligas de Aço Inox e de Alumínio, entre outras, e os materiais de revestimento, como o Teflon.

Deve ser considerada também como uma etapa evolutiva da tecnologia destes utensílios a utilização de diferentes materiais, tais como metais e cerâmicas e metais e polímeros, entre outros. A figura 1.4 mostra um exemplo da combinação de titânio e cerâmica.



Figura 1.4: Panela da marca Silit, em titânio e cerâmica.

É também um fator de evolução a fonte de energia térmica que alimenta tais utensílios que começou com a madeira, depois o carvão, os óleos de origem vegetal e animal e chegou aos dias de hoje com a energia elétrica (figuras 1.5 e 1.6).



Figura 1.5: Fritadeira elétrica Walita.



Figura 1.6: Panela elétrica a vapor Arno.

### 1.3 – Histórico e evolução dos fogões

Paralela à revolução causada pela manipulação do fogo, estruturas mais complexas eram construídas para melhorar e facilitar sua utilização: os fornos e os fogões.

Os egípcios, por volta de 1.500 a.C. utilizavam na fabricação de seus pães pedras chatas colocadas sobre o fogo ou dentro de estruturas fechadas.

Nesta época, todas as casas, mesmo as mais modestas, possuíam em seu interior um pátio com um forno simples, quase sempre cilíndrico, onde se preparavam carnes, aves e peixes sobre espetos ou assados e cozidos em panelas.

Os fenícios se valiam de cômodos específicos, geralmente muito pequenos e situados atrás das residências para abrigar pequenos fogões e fornos rústicos ao ar livre, protegidos do vento por muretas de pedra.

Em sítios arqueológicos da Idade Média foram encontradas *ôlhas* (caldeirões) que eram pendurados por correntes sobre fogueiras onde eram cozinhadas carnes e cereais<sup>[1]</sup>.

Os fogões à lenha fazem parte da história e da tradição da cozinha e da culinária do Brasil e de Minas Gerais (figuras 1.7 e 1.8). Segundo TINÔCO e PAULA<sup>[3]</sup>, em 1980, 96,9% dos fogões domésticos da zona rural do estado de Minas Gerais eram a lenha. Estes autores apontam também como vantagem deste tipo de construção a abundância de combustível (lenha), o aquecimento que ele propicia à residência e as características organolépticas atribuídas aos alimentos preparados nele.



Figura 1.7: Fogão a lenha de fabricação industrial.



Figura 1.8: Fogão a lenha de fabricação artesanal.

O fogão em seu conceito mais simplista é uma fonte de calor que sustenta e aquece os utensílios sobre ele colocados. De construção simples, de tijolos, argila ou de ferro, era inicialmente alimentado com lenha ou carvão. Com o passar dos anos, seu combustível variou dos óleos, vegetais ou animais, aos derivados do petróleo, chegando aos dias atuais sendo alimentado por energia elétrica e microondas e utilizando em sua confecção materiais como cerâmicas e polímeros. Hoje podem ser do tipo indução, gás, elétrico e vitro-cerâmica.

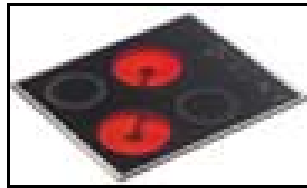


Figura 1.9: Fogão do tipo indução.



Figura 1.10: Fogão de vitro-cerâmica.

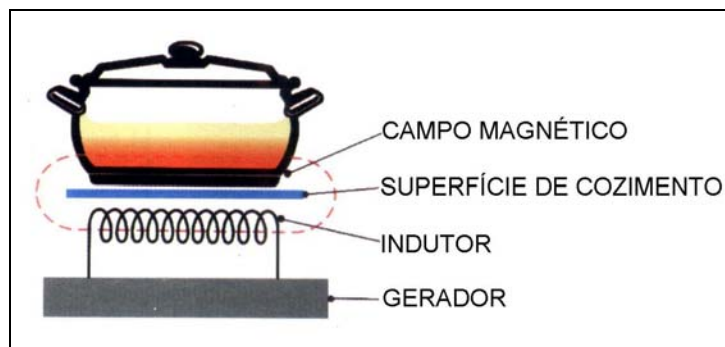


Figura 1.11: Desenho esquemático de fogão de indução elétrica.

No momento, com o objetivo de antecipar, identificar e satisfazer os desejos e as necessidades do futuro usuário, temos algumas possíveis formas de evolução propostas por *Designers* do mundo todo para o forno de microondas. São protótipos com inovações na forma e na função expostos na mostra “Macroondas – Novas Fronteiras para o Microondas Moderno” realizada em Milão, Itália, feitos sob encomenda pela fabricante de eletrodomésticos Whirlpool (figuras 1.12 a 1.17).



Figura 1.12: Micromobile, Designer: Mário Fioretti, Brasil.



Figura 1.13: Microtop, Designer: Mário Fioretti, Brasil.



Figura 1.14: Chef, Designer: Konstantin Grcic, Alemanha.



Figura 1.15: Picard, Designer: Jacco Bregonje, Holanda.



Figura 1.16: Trollo, Designer: Bjorn Goransson, Suécia.



Figura 1.17: Sound Wave, Designer: James Irving, Inglaterra.

## **Capítulo 2**

### **2.1 – Objetivos**

#### **2.1.1 – Objetivo geral**

O objetivo deste trabalho é avaliar as propriedades térmicas do porcelanato e investigar sua aplicação em utensílios para cocção (panelas).

#### **2.1.2 – Objetivos específicos**

O trabalho visa a geração de conhecimentos de Engenharia de Materiais que viabilizem o desenvolvimento e a fabricação em escala industrial de utensílios culinários com este material. Estes utensílios devem ter como principal característica uma distribuição homogênea de calor em seu interior a fim de promover uma cocção adequada do alimento neles preparado.



## Capítulo 3

### 3.1 – As panelas

#### 3.1.1 – Bateria de Cozinha

Segundo TEICHMANN <sup>[4]</sup> entende-se por bateria de cozinha a série de utensílios destinados ao pré-preparo, ao preparo, à armazenagem e à cocção de alimentos. Estes utensílios podem ser divididos em três grupos:

- Utensílios de cocção;
- Utensílios de pré-preparo, preparo e armazenagem;
- Utensílios acessórios.

São apontadas como características desejáveis dos materiais utilizados nestes utensílios <sup>[4]</sup>:

- Não apresentar toxicidade para os alimentos;
- Durabilidade;
- Resistência a choques mecânicos, térmicos, e ao uso contínuo;
- Resistência a desinfetantes e detergentes;
- Serem indeformáveis;
- Boa condutividade de calor (utensílios de cocção);
- Facilidade de limpeza e conservação;
- Resistência a ácidos, manchas e odores.

#### 3.1.2 – Utensílios de Cocção

Frigideiras: usadas para dourar, saltear, frigir ou flambar.

Caçarola alta: usada para refogar, ensopar, estufar, “poncher” ou guisar (pode ter cabo ou alça, com ou sem tampa).

Caçarola baixa com laterais em ângulo obtuso ao fundo – “sauteuse”: usada para saltear ou flambar.

Caçarola baixa com laterais em ângulo reto ao fundo – “sautoir”: usada para saltear.

Caldeirão baixo: usado para ferver, assar, branquear ou cozer.

Caldeirão alto: usado para ferver, branquear ou cozer.

Banho-maria: usada para cozimentos cuja temperatura não deve ultrapassar os 90°C ou manter alimentos aquecidos acima de 60°C.

Cozi-pasta: usada para cozer massas, servindo ao mesmo tempo de escurridor.

Cozi-vapores: usada para cozer alimentos frágeis ou aquecer certos alimentos sem ferver ou ressecar.

Chaleira: usada para aquecer água com rapidez.

Assadeira funda: usada para assar peças grandes no forno.

Assadeira rasa: usada para assar os mais diversos tipos de alimentos.

Assadeira de servir: usada para montar e gratinar massas, e levado após à mesa.

Estrelhadeira: usada para montar as massas com molho que devem ser gratinadas, levando após à mesa.

Braseadeira com tampa: usada para assar em chama e finalizar em forno.

“Poissonnière”: usada para “poncher” peixes no vapor em chama/ forno.

A figura 3.1 apresenta alguns modelos de utensílios para cocção:



Figura 3.1: Tipos de Panelas.

### 3.1.3 – Utensílios de Pré-preparo, Preparo e Armazenagem

Recipientes de inox com tampa plástica: usados para guardar frios, frutas, vegetais, etc.

Tigelas de inox: usadas para o preparo de certos alimentos e também para a limpeza e cortes prévios de legumes e vegetais.

Tigelas de policarbonato: usadas para o preparo de massas variadas, limpeza de vegetais e frutas, preparo de molhos, etc.

Potes transparentes com tampa: usados para guardar molhos, vegetais limpos e picados, saladas, frutas partidas, etc.

Recipientes com tampas (resistentes de -40°C a 99°C): usados para armazenar volumes maiores como vegetais e frutas inteiros, aves, peixes, carnes, laticínios, etc.

Recipientes “gastronorm” (resistentes de 40°C a 190°C): usados para forno de microondas, banho-maria, congelamento instantâneo, etc.

### **3.2 – Análise de modelos comuns**

Um grande problema com as panelas encontradas atualmente no mercado é a contaminação dos alimentos nelas preparados por metais pesados, tais como alumínio (Al), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), níquel (Ni) e zinco (Zn), entre outros, e materiais de revestimentos como o teflon e tintas e corantes utilizados em utensílios de cerâmica.

Segundo QUINTAES <sup>[5]</sup>, “o saber popular há muito indicou que a utilização de panelas de ferro na cocção de alimentos é um meio preventivo e mesmo auxiliar no tratamento da anemia ferropriva, apontando diretamente para um possível efeito migratório do ferro do utensílio para o alimento preparado. Por outro lado, podemos imaginar que o contrário também é verdadeiro: elementos indesejáveis contidos em determinados utensílios, como o alumínio e o níquel entre outros, podem migrar para os alimentos durante o processo de cocção”.

Os metais desenvolvem no corpo humano tarefas vitais. Sua falta desencadeia doenças carênciais e seu excesso provoca manifestações orgânicas tóxicas (EVANGELISTA<sup>[6]</sup>).

Alguns metais são essenciais para o metabolismo humano, mas outros podem ser bastante nocivos, causando efeitos tóxicos agudos ou crônicos. Para um efeito toxicológico agudo em uma única dose, esta deve possuir uma quantidade extremamente elevada de um metal, porém, a toxicidade crônica pode ocorrer somente após longos períodos de exposição a pequenas doses, normalmente imperceptíveis (MURATA <sup>[7]</sup> *et al.*). A intoxicação por chumbo, por exemplo, ocorre normalmente após longos períodos de ingestão devido ao seu efeito acumulativo (SHINOHARA, GERMANO e GERMANO <sup>[8]</sup>).

### **3.3 – Mecanismos de contaminação**

Segundo EVANGELISTA <sup>[6]</sup>, os alimentos são grandes reservatórios de poluentes metálicos em função da sua íntima dependência com o ar, a água e o solo. Desde a origem até o consumo, os alimentos podem ser contaminados através das seguintes fontes:

#### **3.3.1 – Agrícola**

Os metais atingem os alimentos, principalmente os vegetais, pela utilização de pesticidas (ex.: arseniato de chumbo) ou fertilizantes (ex.: adubos fosfatados).

#### **3.3.2 – Poluição Industrial**

Elementos indesejáveis podem chegar ao alimento pela água de afluentes contaminados (como cádmio, chumbo ou mercúrio) ou gases liberados na atmosfera.

#### **3.3.3 – Geológica**

Os metais podem atingir o solo (poluição industrial), e deste, passar para os alimentos, (ex.: o mercúrio).

#### **3.3.4 – Processamento de Produtos**

O alimento se contamina durante seu processamento por:

- Dissolução de metais de embalagens
- Adição de substâncias impuras
- Partículas metálicas decorrentes da abrasão de equipamentos ou utensílios

O controle dos elementos metálicos contaminantes deve ser feito em todas as etapas do processamento dos alimentos, pois a contaminação pode ocorrer durante a produção, a fabricação, a preparação, o acondicionamento, o empacotamento, o transporte ou a conservação destes <sup>[7]</sup>.

O estudo aqui apresentado leva em consideração a contaminação por partículas metálicas decorrentes da utilização de utensílios domésticos.

Serão enumeradas nesta seção algumas vantagens e algumas desvantagens dos materiais mais utilizados na confecção dos utensílios para cocção comumente encontrados no mercado.

## Alumínio

Segundo a Organização Mundial de Saúde (*apud* <sup>[5]</sup>), o corpo humano tolera uma ingestão diária de 1mg por kg de peso (equivalente a 60mg/dia para um homem adulto) e as diversas fontes de alumínio, para o homem incluem o ar, desodorantes anti-transpirantes, cosméticos, aditivos alimentares, chá e a própria água consumida.

Medicamentos como antiácidos, contendo hidróxido de alumínio, podem também contribuir para um aumento na ingestão de alumínio pelos usuários destas drogas <sup>[5]</sup>.

No homem, sua toxicidade está associada a várias complicações clínicas, destacando-se disfunções neurológicas como o mal de Alzheimer (esclerose mental precoce) e outras doenças, como anemia, osteomalácia e encefalopatia.

A concentração de alumínio nos alimentos normalmente é baixa, inferior a 5mg/kg, e sua ingestão diária varia de 3 a 36mg <sup>[5]</sup>. Sendo assim, a quantidade ingerida diariamente por uma pessoa varia de acordo com seus hábitos alimentares.

Segundo ALFREY <sup>[9]</sup> os efeitos resultantes da ingestão de alumínio dependem da absorção e esta, por sua vez, depende da forma química do metal, sendo vários os fatores responsáveis pela biodisponibilidade do alumínio. Seus estudos mostram que cerca de 75 a 95% do alumínio ingerido é eliminado na urina e nas fezes, e o restante é absorvido e depositado em vários órgãos como os ossos e pulmões.

Há mais de meio século já é sabido que o alumínio é sensível à degradação, principalmente em meios ácidos, como é o caso de certos alimentos <sup>[9]</sup>.

### Vantagens da utilização do alumínio na confecção de panelas:

Seu processo de fundição é simples e barato.

O baixo peso facilita o manuseio deste tipo de utensílio.

### Desvantagens:

Segundo PENNINGTON (*apud* QUINTAES <sup>[5]</sup>) o alumínio é capaz de migrar do utensílio para o alimento sob a influencia de fatores como a qualidade da liga utilizada na sua confecção, o tempo de uso do mesmo, o tempo de duração da cocção, o pH do alimento, e a presença de sal ou açúcar.

Segundo GREGER <sup>[10]</sup> as ligas clássicas de alumínio utilizadas na confecção de utensílios domésticos são:

- Alumínio – silício – ferro, e;
- Alumínio – silício – manganês,

e as ligas contendo manganês possuem maior degradação de alumínio quando comparadas às ligas contendo ferro.

Em suas conclusões, estes autores desaconselharam a utilização de recipientes de alumínio para armazenamento ou preparação de alimentos, principalmente se estes possuírem um alto conteúdo de sal.

Segundo QUINTAES <sup>[5]</sup>, praticamente todos os estudos sobre migração de alumínio dos utensílios para os alimentos deixam claro que estes fornecem uma importante contribuição na quantidade do metal consumida pelo homem, mas a ligação entre esta fonte e os efeitos biológicos possíveis ainda é confusa. Sendo assim, é recomendável evitar estes utensílios no preparo, na cocção e no armazenamento dos alimentos.

Por ser de um material que é um bom condutor térmico, a panela esquenta muito rápido em alguns pontos (fundo), e pode queimar o alimento antes de aquecer por igual (bordas).

### **Ferro (Ferro Fundido)**

QUINTAES <sup>[5]</sup> cita como conseqüências da deficiência de ferro a fadiga, a cefaléia, palpitações entre outros, e afirma que estas disfunções, quando não tratadas podem trazer distúrbios permanentes, e, em alguns casos, letais, e aponta a anemia como um problema de ordem mundial.

Segundo SPETHMANN <sup>[11]</sup>, anemia é a diminuição da quantidade de glóbulos vermelhos no sangue, e pode ser classificada como hemorrágica, hemolítica, perniciosa ou comum, sendo esta última causada por insuficiência alimentar de ferro, cobre, proteínas e vitaminas do complexo B. Seus principais sintomas são: debilidade geral, sonolência, palidez, dificuldade na digestão, dor de cabeça, problemas circulatórios e palpitações no coração.

### **Vantagens:**

Seu processo de fundição é simples e barato.

Fornecimento de ferro para a dieta: segundo CHENG e BRITTIN (*apud* <sup>[5]</sup>) o mineral migra do utensílio para o alimento, tornando-o uma solução alternativa na prevenção e no tratamento dos distúrbios decorrentes de sua carência.

QUINTAES <sup>[5]</sup> cita ainda a influência do pH sobre a migração do ferro para os alimentos. Alimentos mais ácidos absorvem do utensílio mais metal que alimentos menos ácidos. Cita também que o teor de água e o tempo de cocção exercem, também, influência na

quantidade de metal migrante. Mas são o pH e o gradiente de temperatura os mais importantes fatores destas relações.

CHENG e BRITTIN (*apud* <sup>[5]</sup>) concluíram em seus experimentos que panelas fabricadas com este metal possuem uma vida útil muito longa, e que elas liberam o metal durante todo o seu tempo de uso de maneira igual. Apenas nas três primeiras vezes que são utilizadas liberam uma quantidade menor que uma panela já utilizada mais vezes.

#### Desvantagens:

O peso elevado dificulta o manuseio deste tipo de utensílio.

Deve-se evitar a utilização deste tipo de utensílio para o preparo de frituras, pois estes utensílios deterioram o óleo.

Por ser de um material que é um bom condutor térmico, a panela esquenta muito rápido em alguns pontos (fundo), e pode queimar o alimento antes de aquecer por igual (bordas).

#### Aço Inoxidável

O aço inox é uma liga de ferro, níquel e cromo.

Segundo MENDONÇA e SCUSSEL <sup>[12]</sup> e KULIGOWSKI e HALPERIN <sup>[13]</sup> o níquel, que é um dos mais tóxicos entre os metais, está relacionado a inúmeros problemas de saúde, entre eles, as dermatites de contato, úlceras, perfurações do septo nasal, asma e bronquites, entre outros.

QUINTAES <sup>[5]</sup> afirma que a ingestão média de níquel é estimada entre 150 e 700µg/dia, dependendo da característica da dieta do indivíduo. Alimentos de origem animal possuem baixos teores deste metal e alimentos de origem vegetal possuem altos teores do mesmo. Em quantidades elevadas o níquel pode afetar os níveis de outros nutrientes tais como ferro, cobre, zinco entre outros ou provocar sua carência.

Os principais sintomas da intoxicação por cromo são: ptialismo, vômitos, disfagia, dores abdominais, e lesões na mucosa gastrintestinal, e em casos mais graves, perturbações do sistema nervoso, renais e hepáticas <sup>[6]</sup>.

#### Vantagens:

O aço inox apresenta grande facilidade de limpeza, o que favorece sua utilização sobre o ponto de vista da higiene.

Estudos <sup>[13]</sup> mostram que o cromo e o níquel são capazes de migrar do utensílio para o alimento em quantidades pequenas, porém não desprezíveis. Afirmam, ainda, que utensílios de aço inoxidável são uma importante fonte destes metais, necessários à saúde humana. A utilização de panelas fabricadas com esta liga contribui com o acréscimo de 0,01 a 0,21mg/l de níquel e 0,01 a 0,31mg/l de cromo ao alimento nelas preparados.

#### Desvantagens:

Como são capazes de migrar do utensílio para o alimento, o níquel e o cromo podem significar uma fonte indesejável para pessoas sensíveis a estes metais.

Por ser de um material que é um bom condutor térmico, a panela esquenta muito rápido em alguns pontos (fundo), e pode queimar o alimento antes de aquecer por igual (bordas). Este fato é parcialmente solucionado nos modelos com fundo triplo, que contem uma camada de outro metal ou de cerâmica entre as camadas que compõem o fundo.

#### **Cobre**

Em quantidades adequadas, o cobre propicia qualidade sensorial em bebidas alcoólicas, mas quantidades excessivas deste metal podem causar danos à saúde humana (LOVATTI <sup>[14]</sup>).

A ingestão de pequenas quantidades deste metal pode produzir náuseas, vômitos e diarreia. Já quando ingerido em grandes quantidades, pode causar dano renal, alterações osteoarticulares, dores nas juntas e até lesões cerebrais, demonstradas em tomografia computadorizada. Por isso, os utensílios culinários devem ter a superfície interna revestida com poli-tetrafluoretileno (PTFE), titânio ou aço inox <sup>[5]</sup>.

Intoxicações por este metal apresentam vômitos, icterícia, hipertensão, hematêmese e até coma <sup>[6]</sup>.

#### Vantagens:

A flexibilidade deste metal facilita o processo de conformação mecânica empregado na fabricação dos utensílios.

Resistência à corrosão.

Tem grande apelo decorativo.

#### Desvantagens



Muitas vezes o utensílio é fabricado para fins decorativos, não sendo aconselhável sua utilização para fins culinários, pois não possui o revestimento adequado.

O cobre pode migrar do utensílio para o alimento nele processado, principalmente em meios ácidos, representando uma fonte de contaminação <sup>[5 e 6]</sup>.

Seu comportamento térmico favorece a distribuição de calor, mas de maneira desigual. A panela esquenta muito rápido em algumas partes (fundo), e pode queimar o alimento antes de aquecer por igual (bordas).

### **Metal revestido com teflon**

O teflon<sup>®</sup> (marca registrada DuPont<sup>®</sup>) é o nome comercial para uma forma de politetrafluoretano. É um material termoplástico semi-rígido, com baixo coeficiente de atrito, quase total insensibilidade ao ataque químico e que atende a uma grande faixa de temperatura de trabalho.

O teflon foi utilizado pela primeira vez como revestimento antiaderente para frigideiras em 1944.

#### **Vantagens:**

Sua capacidade antiaderente possibilita frituras sem a utilização de óleos ou gorduras e facilita a limpeza do utensílio.

#### **Desvantagens:**

Produtos de baixa qualidade podem liberar o revestimento (descascar), que contaminará o alimento. Utensílios com este revestimento exigem cuidados durante o manuseio e a limpeza, pois arranham com relativa facilidade. Os fabricantes normalmente recomendam o uso de colheres de madeira ou plástico e a limpeza com bucha macia sem a utilização de palhas de aço.

### **Metal com revestimento esmaltado**

O verniz utilizado pode conter chumbo e cádmio, que podem migrar do utensílio para o alimento nele contido <sup>[5]</sup>.

O cádmio pode interferir na assimilação ou até substituir outros metais como o ferro, o cobre e o zinco. Este metal não é encontrado em recém nascidos, mas é capaz de se acumular no corpo humano durante a vida, chegando a atingir depósitos de 20 a 60mg por quilo de peso em 50 anos <sup>[6]</sup>.

O chumbo, na forma de sais solúveis e insolúveis, é um poderoso veneno por ter grande capacidade de absorção pelo corpo humano e pelo seu alto poder irritante.

Depois de ingerido, o chumbo é depositado na forma de bifosfatos no fígado, nos rins, no baço, nos pulmões e nos ossos e pode causar, entre outros males, decréscimo de peso, vômitos, cólicas, perda de apetite, confusão mental, delírio, distúrbios da visão, fadiga, insônia, tremores entre muitos outros problemas.

#### Vantagens:

Tem grande apelo decorativo.

#### Desvantagens:

O chumbo e o cádmio podem migrar do verniz para o alimento.

#### **Pedra sabão**

Pedra sabão ( $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$ ) é um mineral flexível, mas desprovido de elasticidade. É caracterizada por cores que variam do verde ao branco, passando por escalas de cinza e brilho nacarado a gorduroso. É translúcida e de sensação untuosa (oleosa) ao tato. Cientificamente chamada de *esteatita*, não é atacada por ácidos (DANA & HURLBUT <sup>[15]</sup>).

#### Vantagens:

Libera elementos importantes à nutrição humana, como cálcio, magnésio, ferro e manganês <sup>[5]</sup>.

O comportamento térmico do material favorece a retenção e distribuição mais uniforme do calor.

Comportamento antiaderente intrínseco ao material, que dispensa a utilização de revestimentos.

A panela pode absorver os precursores do alimento nela preparado e ficar com o sabor deste impregnado, o que melhora suas características palativas e olfativas (características organolépticas).

#### Desvantagens:

Seu peso elevado dificulta o manuseio.

A panela, por absorver os precursores característicos do alimento nela preparado, fica com o sabor deste impregnado, sendo indicado portanto uma panela pra uso exclusivo de um determinado tipo de alimento.

A panela é comprada “crua”, e tem de ser “curada” em fogão a lenha antes do uso definitivo em fogão a gás. Não foram encontrados relatos da utilização deste tipo de utensílio em fogões elétricos.

Ainda não está cientificamente comprovado, mas estudos atuais acusam a liberação de níquel por utensílios feitos com este material (CRUZ <sup>(16)</sup>).

### **Vidro**

Os utensílios de vidro-cerâmica são os únicos que não transferem qualquer resíduo para o alimento (SUDBRAK <sup>[17]</sup>).

#### **Vantagens:**

A transparência deste material permite o acompanhamento da preparação dos alimentos.

Facilidade de limpeza.

O comportamento térmico do material favorece a retenção e distribuição mais uniforme do calor.

#### **Desvantagens:**

Seu peso elevado dificulta o manuseio.

Baixa resistência mecânica.

Em muitos modelos falta uma solução ergonômica para o problema do aquecimento do cabo.

Alguns usuários relataram um “gosto artificial” do alimento preparado neste tipo de utensílio.

### **Cerâmica**

Alguns tipos de cerâmica contêm chumbo (óxido de chumbo) e cádmio em sua composição.

O chumbo pode chegar ao corpo humano de várias maneiras, mas a principal fonte deste metal são os alimentos, que podem ser contaminados de duas formas:

- Pela absorção biológica do metal presente no solo;
- Pela migração deste metal presente em corantes e pigmentos de embalagens (solda em embalagens metálicas) e de utensílios cerâmicos vidrados feitos com matéria prima de formulação inadequada para tal aplicação.

O chumbo é um elemento absolutamente estranho ao metabolismo humano, e uma vez absorvido é distribuído entre o sangue, os tecidos e o sistema esquelético. Além de afetar o sistema nervoso, a exposição a este metal pode acarretar problemas renais. O organismo o elimina através das fezes e da urina <sup>[7 e 12]</sup>.

O cádmio chega ao corpo humano através do ar, da água e de alimentos contaminados. As fontes de contaminação dos alimentos por este metal são similares às fontes de chumbo, e tanto este quanto o primeiro se solubilizam com maior facilidade em meios ácidos <sup>[7]</sup>.

O ácido cítrico é um constituinte de todos os tecidos e fluídos animais (leite de vaca, 0,08 a 0,23%; fígado de galinha, 0,01%) e está presente em vários vegetais (laranjas, 0,60 a 1,00%; tomate, 0,25%; batatas, 0,30 a 0,50%), fazendo destes potenciais dissociadores do chumbo e do cádmio presentes nos utensílios de cerâmica (SHEETS, *apud* <sup>[12]</sup>).

Pesquisas sugerem que tigelas de cerâmica vitrificada liberam menos metal (chumbo e cádmio) quando aquecidas em fornos de microondas que quando aquecidos em fogões (chama aberta), possivelmente pelo menor tempo de cocção (ARAB-ABOU *apud* <sup>[12]</sup>).

Em crianças a absorção de chumbo e de cádmio é maior, pois uma vez depositados nos ossos, ficam em constante mobilidade devido ao seu crescimento.

#### Vantagens:

O comportamento térmico do material favorece a retenção e distribuição mais uniforme do calor.

#### Desvantagens:

Seu peso elevado dificulta o manuseio.

Possui baixa resistência mecânica.

Quando presente, o chumbo pode migrar do utensílio para o alimento, principalmente em meios ácidos.

### **3.4 – Análise de modelos com tecnologia agregada**

Considerando-se painéis de tecnologia similar ao estudo proposto, estão disponíveis no mercado nacional as seguintes marcas:

### 3.4.1 – Ceraflame (figura 3.2)

- Origem: Brasil
- Material: cerâmica, com cabos e alças de cerâmica ou material polimérico.



Figura 3.2: Jogo de Panelas Ceraflame.

### 3.4.2 – La Grande Maison (figuras 3.3 a 3.6)

- Origem: Brasil
- Material: ferro fundido, com revestimento esmaltado.
- Produtos disponíveis em varias cores.



Figura 3.3.



Figura 3.4.



Figura 3.5.



Figura 3.6.

Produtos da Empresa La Grande Maison.

### 3.4.3 – Le Creuset (figuras 3.7 a 3.13)

- Origem: Brasil (alguns produtos) e França (empresa)
- Material: ferro fundido ou cerâmica, com superfície vitrificada.



Figura 3.7.



Figura 3.8.



Figura 3.9.



Figura 3.10.

Produtos Le Creuset em ferro fundido

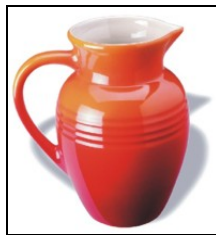


Fig 3.11.



Fig 3.12.



Fig 3.13.

Produtos Le Creuset em cerâmica.

Panela tipo Wok (figura 3.14):



Fig 3.14: Panela tipo Wok da Le Creuset.

### 3.4.4 – Scan Cook (figuras 3.15 a 3.18)

- Origem: Dinamarca
- Material: titânio, com cabos e alças de material polimérico e tampas de vidro.



Figura 3.15: Frigideira Scan Cook.



Figura 3.16: Frigideira Scan Cook.



Figura 3.17: Caçarola Scan Cook.



Figura 3.18: Assadeira Scan Cook.



### 3.4.5 – Silit (figuras 3.19 a 3.25)

- Origem: Dinamarca
- Material: Aço ou titânio, com revestimento cerâmico.



Figura 3.19.



Figura 3.21.



Figura 3.22.



Figura 3.23.



Figura 3.25.  
Produtos Silit.

### 3.4.6 – Tramontina

Jogo de panelas em aço inox (figura 3.26):

- Origem: Brasil
- Material: aço inox com fundo triplo (aço inox – alumínio – aço inox).



Figura 3.26: Jogo de panelas de aço inox Tramontina.

Jogo de panelas de alumínio com revestimento anti-aderente (figura 3.27):

- Origem: Brasil
- Material: alumínio com revestimento de teflon.



Figura 3.27: Jogo de panelas de alumínio com revestimento anti-aderente Tramontina.

### 3.5 – Preço Médio

Preço médio das panelas pesquisadas

MATERIAL	MODELO/ MARCA	CAPACIDADE (EM LITROS)	PREÇO MÉDIO (EM R\$)
Alumínio	Panela (desconhecido)	2,5	12,00
Ferro Fundido	Panela/ Fumil	2,5	28,00
Ferro Fundido	Panela Redonda/ Le Creuset		483,00
Aço Inox	Jg Panelas 4 pç/ Helena	5, 2 e 1	398,00
Cobre	Taxo (desconhecido)	15,0	130,00
Revest. Teflon	Jg Panelas 4 pç/ Tramontina		159,00
Revest. Esmaltado	Panela (desconhecido)	3,0	35,00
Pedra sabão	Panela (desconhecido)	2,8	38,00
Cerâmica	Panela Ceraflame	2,5	78,70
Barro	Panela (desconhecido)	2,5	15,00
Titânio	Frigideira/ Scan Cook	5,0	400,00
Titânio	Assadeira / Scan Cook		1.080,00

Tabela 3.1: Preço médio das panelas encontradas no mercado nacional.

### 3.6 – Importância da Cocção dos Alimentos

Segundo TEICHMANN <sup>[4]</sup>, cocção é a aplicação de calor no alimento, que irá modificar a estrutura, extrair o sabor, amaciar, produzir mudanças físico-químicas desejáveis, tornar mais digerível e modificar o volume e o peso dos alimentos submetidos a tal processo.

Segundo EVANGELISTA <sup>[6]</sup> são os caracteres organolépticos de um alimento que lhe conferem as condições fundamentais de aceitação pelo consumidor. É este conjunto de características semióticas que permite:

- Avaliar os elementos em suas qualidades de aspecto, palatabilidade, e consistência;
- Apreciar a higidez destes alimentos;
- Sua mobilização para a conservação e melhoria de suas condições.

As características organolépticas de um alimento correspondem às qualidades intrínsecas que lhe são comuns, como: aparência, cor, aroma, sabor e consistência, e estão relacionadas aos sentidos da visão, do paladar, do olfato e do tato <sup>[6]</sup>. Esta interação das características com os sentidos é o que proporciona a aceitação ou a rejeição dos alimentos.

### **3.7 – Caracteres Organolépticos**

#### **3.7.1 – Aparência**

A aparência permite um rápido reconhecimento e uma rápida avaliação visual da qualidade do alimento. Pode ser influenciado por fatores extrínsecos como decoração ou cocção.

#### **3.7.2 – Cor**

A diversidade de cores constitui um fator de aguçamento e satisfação do apetite. Segundo EVANGELISTA <sup>[6]</sup> a cor é consequência da presença de pigmentos, que podem ser modificados por processos químicos e físicos, principalmente por cocção.

#### **3.7.3 – Aroma**

É uma característica determinante na escolha ou não de um alimento, pois fornece sobre ele informações do seu estado de qualidade. Sua formação ocorre sob dois processos: enzimático e térmico <sup>[6]</sup>.

Os processos enzimáticos são responsáveis pela formação de substâncias camadas de precursores.

Os processos térmicos desenvolvem reações químicas (auto-oxidação, hidrólise, desidratação, entre outras) que modificam estes precursores.

Os precursores são compostos tais como álcoois, ácidos, aldeídos, aminas, cetonas, entre outros, e são os responsáveis pelas características aromáticas dos alimentos.

#### **3.7.4 – Sabor**

CROCKER (*apud* <sup>[6]</sup>), diz que o sabor “é a voz dos alimentos”. O sabor é a última confirmação da qualidade ou não de um alimento. É junção de duas características: o gosto e o cheiro, ou seja, a combinação dos sentidos do paladar e do olfato.

### **3.8 – Modificações nos Alimentos Causadas pela Cocção**

A cocção modifica os alimentos interferindo em seu valor nutritivo, características organolépticas, peso, volume, capacidade de digestão e estado sanitário <sup>[6]</sup>.

### **3.8.1 – Valor Nutritivo**

A cocção leva o alimento à perda momentânea ou efetiva de nutrientes, que podem ser destruídos ou apenas dissolvidos durante o processo térmico, dependendo da natureza deste nutriente.

Vitaminas e minerais hidro ou lipossolúveis tornam-se aquosos ou graxos durante a cocção, mas quando encerrado o processo térmico, recuperam sua característica original.

Alguns complexos, por sua vez, são modificados irreversivelmente ou até mesmo destruídos durante o aquecimento, o que modifica as características originais do produto.

A cocção rápida preserva melhor o teor de vitaminas dos vegetais.

### **3.8.2 – Características organolépticas**

Algumas características semióticas dos alimentos podem ser prejudicadas durante ou após a cocção, mas de maneira geral, elas são melhoradas por este processo.

O processo térmico (cocção) é de suma importância por ativar ou desativar certas enzimas, a fim de produzir odores agradáveis ou impedir a formação de outros desagradáveis.

A cor, o sabor e o odor podem ou não sofrer modificação, dependendo dos pigmentos, enzimas e precursores presentes no alimento, do tempo de exposição, pH do meio e da temperatura de cocção.

As proteínas e pigmentos das carnes (miosina, mioglobulina, mioalbumina, etc.) coagulam e mudam de cor. Estas mudanças ocorrem conforme o método de cocção, intensidade e a duração da exposição ao calor.

Nos vegetais, a mudança de cor depende de seus pigmentos, do grau de acidez do meio e da ação de certas enzimas presentes nos tecidos, como a oxidase.

As preparações com farinha, ao serem aquecidas, sofrem dextrinização e adquirem coloração caramelada, podendo escurecer até a carbonização.

A cocção pode liberar certas substâncias voláteis do interior das células ou tecidos, que ao se dissolverem no meio irão perfumá-lo.

Certas substâncias organolépticas, como ácidos aminados, sob a ação do calor migram para o interior do alimento concentrando seu sabor (calor seco – método concentrante) ou se diluem no meio (calor úmido – método dissolvente).

Os aromas e gostos provenientes de preparações em meios aquosos passam para o interior dos alimentos por difusão ou osmose de certas moléculas.

### **3.8.3 – Consistência**

A consistência de um alimento pode aumentar ou diminuir em função de elementos estruturais como celulose (nos vegetais), colágeno e elastina (nas carnes), proteínas (ovos), água e outros, que sofrem alterações em função do aquecimento. O amido, por exemplo, quando cru é indigesto, mas quando cozido por calor úmido se torna consistente e cremoso.

### **3.8.4 – Peso e volume**

O peso e o volume podem aumentar ou diminuir pelo acréscimo, perda ou formação de líquidos e gases decorrentes do calor recebido. Estas mudanças são proporcionais ao tempo e ao tipo de calor aplicado sobre o alimento.

### **3.8.5 – Digestibilidade**

A cocção tem sobre os alimentos uma capacidade de modificação semelhante à digestão <sup>[6]</sup>.

Durante o cozimento ocorrem reações químicas e físicas que modificam os nutrientes e aumentam sua digestibilidade. Proteínas degradam-se parcialmente; glicídios, como os açúcares, podem ser dissolvidos ou caramelizados, dependendo do processo empregado; e lipídeos, como os triglicérides, podem ser decompostos ou hidrolisados.

A cocção prolongada fraciona proteínas em peptídeos e estes em aminoácidos; hidratos de carbono em glicose; amido em dextrina e esta em glicose.

### **3.8.6 – Estado sanitário**

O calor aplicado durante a cocção atua sobre as floras microbianas existentes, eliminando-as total ou parcialmente, de acordo com a temperatura aplicada. A elevada temperatura pode ainda destruir certos elementos ou compostos tóxicos, contidos no estado natural do alimento ou passados a ele durante a aplicação de defensivos agrícolas ou processo industrial.

## **3.9 – Métodos de Cocção**

Segundo TEICHMANN <sup>[4]</sup>, a cocção pode se dar por três vias, de acordo com a forma de transmissão do calor.

### **3.9.1 – Calor úmido**

Método dissolvente, que hidrata o alimento. As substâncias responsáveis pelos caracteres organolépticos, os nutrientes, os elementos solúveis na água se dissolvem, passando para o líquido de cocção, tornando este meio saboroso.

### **3.9.2 – Calor seco**

Método concentrante, que desidrata o alimento. As substâncias organolépticas, os nutrientes, os elementos solúveis, em presença do calor seco, vão se concentrar dentro do alimento, tornando o produto saboroso.

### **3.9.3 – Calor misto**

Método que busca concentrar e dissolver o alimento, utilizando os dois processos anteriores. As substâncias responsáveis pelos caracteres organolépticos, os nutrientes, os elementos solúveis são primeiramente concentradas no alimento, para depois, pela adição de líquido, espalhar seu sabor em todo o produto.

## **3.10 – O Calor**

Depois de selecionado, armazenado, limpo e preparado, o alimento está pronto para sofrer o processo desta cadeia que mais lhe conferirá modificações organolépticas e nutricionais: a cocção. Este processo tem como princípio básico o calor.

O calor é originado em uma fonte externa (forno, fogão ou algum similar) e conduzido ao alimento através de quatro processos:

- Convecção;
- Condução;
- Irradiação;
- Fricção.

### **3.10.1 – Convecção**

A transmissão do calor é feita pelo deslocamento de moléculas aquecidas, que se tornam menos densas, subindo à superfície, substituindo as mais frias, que irão para o fundo. Caracteriza-se pela movimentação de matéria, havendo, portanto o transporte de partículas, o que a classifica como um fenômeno de meios fluidos, líquidos ou gases (FUK, KAZUHITO e SHIGEKIYO <sup>[18]</sup>).

### 3.10.2 – Condução

A transmissão do calor é feita de uma molécula para outra por contato. Não há transporte de matéria, apenas de energia térmica, que vai da região de maior temperatura para a de menor temperatura <sup>[18]</sup>. Ocorre, por exemplo, em chapas.

### 3.10.3 – Irradiação

A transmissão do calor é feita sob a forma de ondas eletromagnéticas. Pode ocorrer no ar ou no vácuo, como por exemplo, nos fornos de microondas <sup>[6]</sup>.

### 3.10.4 – Fricção

A transmissão do calor é feita devido à incidência de ondas eletromagnéticas, que atingem até 4cm de profundidade no interior do alimento, provocando vibrações em suas moléculas, que geram atrito, liberando calor <sup>[4]</sup>. É o caso dos fornos de microondas.

### 3.11 – Fontes de Calor

TEICHMANN <sup>[4]</sup> considera, para escala industrial, quatro fontes de calor e enumera suas vantagens e desvantagens (tabela 3.2).

Fonte	Vantagens	Desvantagens
Gás (envasado)	<ul style="list-style-type: none"><li>-Limpo</li><li>-Elevação e resfriamento rápido da temperatura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Perigo de racionamento</li><li>- Necessidade de local para depósito dos botijões em uso</li><li>- Pagamento antecipado dos botijões</li><li>- Necessidade de boa ventilação para prevenir eventuais escapes de gás</li><li>- Perigo de explosão</li></ul>
Eletricidade	<ul style="list-style-type: none"><li>- Muito limpa</li><li>- Temperaturas precisas e reguláveis</li><li>- Sem cheiro</li><li>- Sem fumaça</li><li>- Não necessita local de armazenagem</li><li>- Pagamento conforme consumo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Perigo de racionamento</li><li>- Falta de energia</li><li>- Demora em esfriar</li><li>- Aquecimento lento</li></ul>
Placas de indução	<ul style="list-style-type: none"><li>- Economia de energia</li><li>- Calor reduzido no ambiente</li><li>- Facilidade de limpeza (tanto equipamento quanto bateria de cozinha).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Material caro</li><li>- Bateria de cozinha bastante onerosa</li></ul>
Ondas eletromagnéticas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rapidez</li><li>- Nenhum calor no ambiente</li><li>- Fácil limpeza</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Espaço exíguo</li><li>- Utensílios adequados</li><li>- Adaptação das técnicas de cozinha</li></ul>

Tabela 3.2: Fontes de Calor Utilizadas na Cozinha.



### 3.12 – Tipos de Transmissão de Calor

Modelo proposto por TEICHMANN <sup>[4]</sup> (figura 3.28):

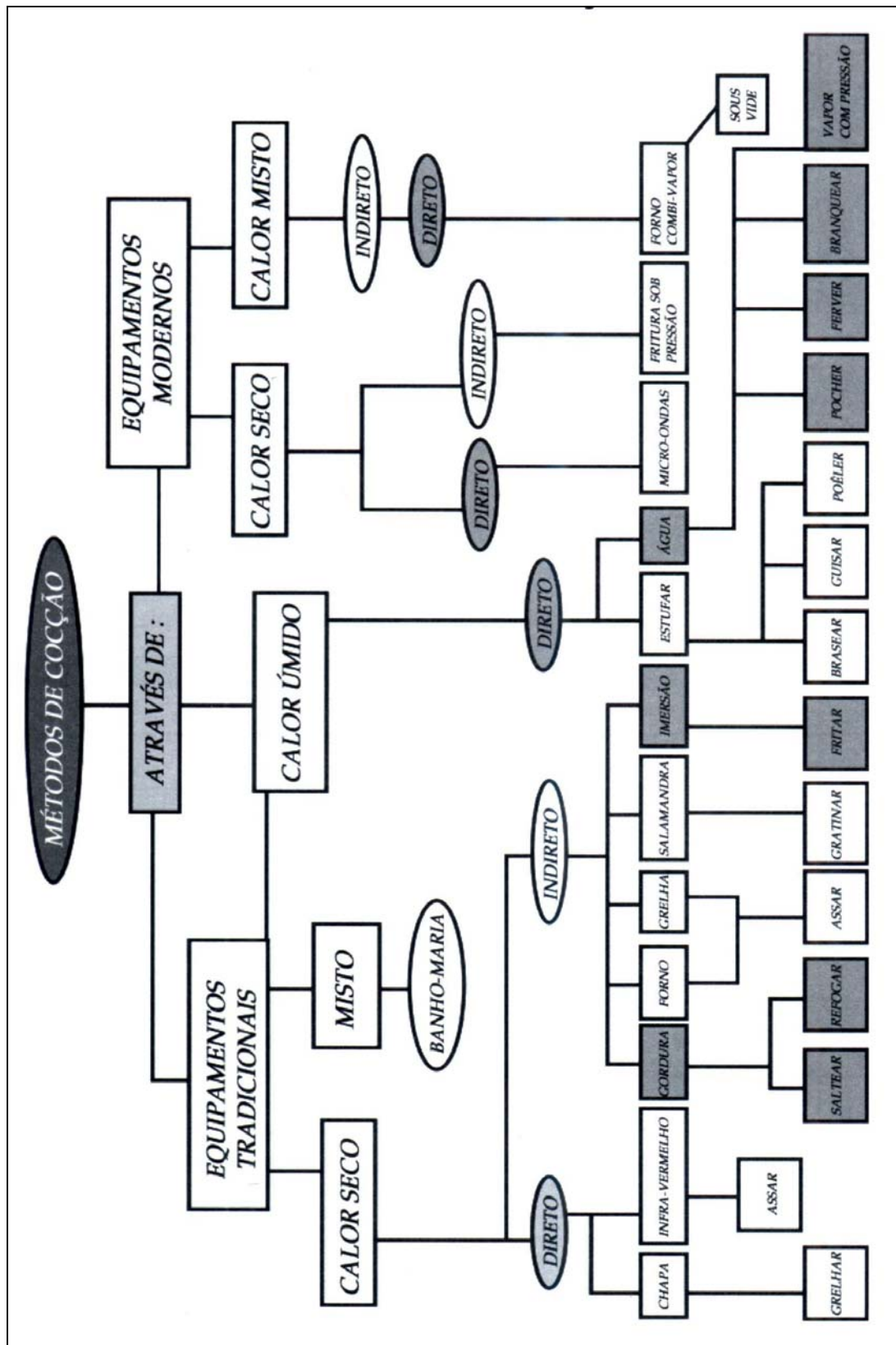


Figura 3.28: Organograma: métodos de cocção.

Modelo proposto por EVANGELISTA <sup>[6]</sup> (tabela 3.3):

PROCEDIMENTO DE CALOR	CALOR ÚMIDO	ÁGUA	EBULIÇÃO FOGO LENTO BANHO-MARIA	
		Vapor	Ebulição Pressão	
	Calor seco	Ar	Ar livre	Grelha Assador Espeto
			Ar confinado	Forno Cabines
		Corpos graxos	Fritura Saltado	
	Calor direto	Cocção em chapa		
	Calor misto	Associação de calor úmido e seco		

Tabela 3.3: Tipos de transmissão de calor.

### 3.13 – Histórico dos materiais cerâmicos

A palavra cerâmica, derivada do grego *keramos*, que significa “coisa queimada”, hoje se refere aos produtos não metálicos endurecidos pelo calor. Sua história começa com a descoberta do fogo, quando o homem verificou que, ao ser queimada, a argila transformava-se em material inalterável pela água.

A versatilidade deste material está diretamente relacionada à versatilidade do próprio homem, que o utilizou para a confecção de utensílios, objetos decorativos e figuras religiosas desde datas anteriores a 5.000 anos AC.

A primeira ferramenta utilizada para sua conformação foi, provavelmente, um torno manuseado para produzir potes e jarros cerâmicos por volta do ano 3.500 AC. Este processo possibilitou também o surgimento de outros métodos, tais como prensagens e modelagem em moldes porosos.

A mais notável realização sobre este material na era Cristã foi alcançada pelos chineses, que desenvolveram a porcelana branca (porcelana chinesa), que só foi repetida no ocidente no início do século 18. São também deste século a utilização de gabaritos, moldes porosos e extrusoras par conformação e a sinterização em fornos tipo túnel.

No século 19 a evolução tecnológica das máquinas a vapor permitiu a mecanização dos processos de fabricação e a evolução das técnicas de microscopia óptica levou à compreensão das fases da sinterização da sílica e dos silicatos.

Na primeira metade do século 20 o desenvolvimento de técnicas de raios X e microscopia eletrônica facilitou as análises e um consequente refinamento das microestruturas

dos materiais. A aplicação de aditivos orgânicos e a mecanização dos processos possibilitaram a fabricação de materiais para utilização em refratários e produtos eletrônicos.

A segunda metade do século 20 testemunhou os maiores avanços nas sínteses, caracterizações e fabricações de materiais cerâmicos. O advento da microscopia eletrônica de varredura, entre outras técnicas, permitiu um excelente controle de qualidade das matérias primas e, conseqüentemente, um controle maior da qualidade dos produtos acabados. O comportamento reológico pôde ser aperfeiçoado e melhor controlado pela utilização de aditivos e a utilização da informática possibilitou um melhor monitoramento e controle dos processos de fabricação <sup>[19]</sup>.

### 3.14 – Classificação dos materiais cerâmicos

HABER e SMITH <sup>[20]</sup> classificam os materiais cerâmicos da seguinte forma:

**Cerâmica para olaria (pottery):** termo genérico usado para qualquer cerâmica queimada que contenha argila. Normalmente são queimadas a baixas temperaturas. São porosas e coloridas.

**Produtos brancos (whiteware):** termo aplicado a utensílios de mesa e objetos de arte e também a produtos que mantêm coloração “marfim” depois de queimados. São divididos em dois tipos:

- Fórmulas que consistem em argila de minerais primários, feldspatos e quartzo, e;
- Fórmulas que consistem em corpos “não triaxiais” feitos total ou predominantemente de outros materiais.

Podem ser classificados ainda pelo seu grau de porosidade, sendo em extremos, corpos porosos com grande capacidade de absorção de água, ou corpos vítreos, que são impermeáveis ao líquido. Entre estes extremos há uma grande variedade de graus de porosidade (semi-vítreos) que depende da temperatura de queima.

A **vitriificação** é o processo de tratamento térmico durante o qual uma parte da matéria-prima derrete e se torna vidro, o que gera uma progressiva redução da porosidade e aumento da fragilidade da peça.

**Louça (earthenware):** aplicado a produtos vidrados ou não vidrados, de argila não vítrea e porosidade média. Pode ser subdividida em:

- Louça de argila natural (natural clay earthenware), feita de argila simples e sem beneficiamento;
- Louça fina (fine earthenware), feita de argila beneficiada (argila, filito e feldspato);

- Louça talco (talc earthenware), que contem consideráveis quantidades de talco;
- Louça semi-vitrificada (semi vitreous earthenware), de media porosidade.

Depois de queimada, a absorção de água varia entre 4 e 9% para semi-vítreos e acima de 20% para fórmulas com muito talco. As cores variam do vermelho (corpos com alta concentração de óxidos de ferro) ao branco (corpos com alta concentração de talco).

**Faiança (stoneware):** são produtos cerâmicos vítreos ou semi-vítreos de textura fina feita de argila não refratária ou combinação de algumas argilas e sílica. Pode ser subdividida em:

- Faiança natural (natural stoneware), feita com argila simples e sem beneficiamentos;
- Faiança fina (fine stoneware), feita com argila beneficiada;
- Faiança vítrea técnica (technically vitreous stoneware), feita com materiais beneficiados, combinados e queimados para obter porosidade extremamente baixa;
- Faiança jaspe (jasper stoneware), feita com varias combinações de bário;
- Faiança basalto (basalt stoneware), que contém grande quantidade de oxido de ferro.

A faiança pode ser produzida com mistura de argilas ou materiais sinterizados. A faiança sinterizada possui baixa porosidade e baixa absorção de água (0 a 5%) quando queimada a altas temperaturas.

**Porcelana chinesa (china):** produto vítreo com baixa absorção (0 a 5%) utilizado para aplicações não técnicas. Pode ser vítrea ou não vítrea. A formulação pode ser de argila-sílica simples ou contendo porcentagens significativas de alumina, fosfato de cálcio, cinzas ou pós minerais de lítio. Em geral, suas características e composições são similares às da porcelana, exceto pelo fato de não ser translúcida e diferente do branco (com exceção de produtos de alta qualidade, que podem ser desta cor).

Pode ser subdividida pelo seu uso e qualidade como:

**Porcelana vítrea ou de hotelaria (hotel china e vitreous china):** feita especificamente para produtos industriais.

A porcelana de hotelaria é utilizada em utensílios para alimentos e porcelana vítrea para acessórios sanitários. São materiais desenvolvidos para apresentar resistência à impacto, durabilidade do esmalte e baixa absorção de água (menor que 0,5%). A porcelana é sinterizada em uma operação simples, massa e esmalte ao mesmo tempo e à mesma temperatura. Já a porcelana de hotelaria necessita de dois processos de queima distintos para a massa e o esmalte, que exigem temperaturas diferentes.

**Porcelana fina (fine china):** se refere a um corpo vitrificado fino e translúcido, com absorção de água entre 0,3 e 2,0%.

A porcelana fina é normalmente queimada em duas etapas. A primeira a altas temperaturas para “maturar” a peça e a segunda para a formação do alto brilho do esmalte. É considerada a porcelana de melhor qualidade, que inclui porcelana marfim (bone china), porcelana vidrada (frit china ou Belleek) e porcelana feldspática (feldspar china).

**Porcelana (porcelain):** é definida como uma cerâmica vítrea, vitrificada ou não, que tem aplicações técnicas. É frequentemente utilizada como porcelana chinesa (china).

**Cerâmica branca técnica (technical whiteware ceramic):** inclui materiais cerâmicos vítreos não porosos utilizados para vários produtos, tais como produtos odontológicos, elétricos, utensílios químicos, componentes mecânicos e estruturais e componentes refratários. São similares aos produtos de mesa (restaurant china) em composição. Dependendo da aplicação podem ser vitrificados em uma única operação de queima. A absorção de água é menor que 0,5 %.

### **3.15 – Processos de fabricação**

Segundo a ABC <sup>[21]</sup>, os processos de fabricação empregados para os diversos tipos de cerâmicas assemelham-se total ou parcialmente, podendo diferir-se de acordo com o tipo da peça a ser fabricada e do material utilizado. Este processo compreende, de maneira sucinta, a preparação da matéria prima e da massa, a formação das peças, o tratamento térmico e o acabamento.

#### **3.15.1 – Preparação da matéria-prima**

Como a grande parte das matérias-primas utilizadas é de origem natural, estas precisam, depois de retiradas dos seus depósitos naturais, passar por processos de beneficiamento, como desagregação, moagem e purificação, para então serem classificadas.

#### **3.15.2 – Preparação da massa**

Geralmente os materiais cerâmicos são fabricados a partir de duas ou mais matérias-primas além dos aditivos, fazendo da dosagem destes elementos uma das etapas fundamentais

do processo. A massa é preparada de acordo com a técnica a ser empregada e com a peça a ser formada e pode ser classificada em:

- **Suspensão**, ou **barbotina**: para obtenção de peças em moldes de gesso ou poliméricos.
- **Massas secas ou semi-secas**: na forma granulada, para obtenção de peças por prensagem.
- **Massas plásticas**: para obtenção de peças por extrusão, seguida ou não de torneamento ou prensagem.

### **3.15.3 – Formação das peças**

Produtos cerâmicos tradicionais são fabricados usando-se muitas técnicas diferentes. O processo de fabricação específico é ditado por inúmeros fatores, que incluem características do material, dimensões e geometria das peças e escala de produção entre outros.

Peças cerâmicas podem ser conformadas por colagem, prensagem, extrusão ou torneamento.

### **3.15.4 – Tratamento Térmico**

O tratamento térmico, que compreende a secagem e a queima, é de fundamental importância para a obtenção das propriedades finais do produto cerâmico.

### **3.15.5 – Acabamento**

Alguns produtos cerâmicos requerem processamento adicional para atender a algumas características que não são possíveis de serem obtidas durante o processo de fabricação. O processamento pós-queima recebe o nome genérico de acabamento e pode incluir polimento, corte, furação, entre outros. Em alguns casos podem passar por processo de esmaltação e decoração.

#### **Esmaltação**

Muitos produtos cerâmicos, como louça sanitária, louça de mesa, isoladores elétricos, materiais de revestimento e outros, recebem uma camada fina e contínua de um material denominado de esmalte ou vidrado, que após a queima adquire o aspecto vítreo. Esta camada vítrea contribui para os aspectos estéticos, higiênicos e melhoria de algumas propriedades mecânicas e elétricas.

## **Decoração**

Muitos produtos também são submetidos a decoração, que pode ser feita por diversos métodos, como serigrafia, decalcomania, pincel e outros. Neste caso são utilizadas tintas que adquirem suas características finais após a queima das peças.

### **3.16 – Propriedades térmicas dos materiais**

Segundo PADILHA <sup>[22]</sup> e CALLISTER <sup>[23]</sup> as propriedades térmicas de um material são as respostas ou reações que este material apresenta à aplicação de calor. Quando um sólido absorve calor, sua temperatura aumenta assim como sua energia interna e suas dimensões. Os dois principais tipos de energia térmica em um sólido são a energia vibracional dos átomos e a energia cinética dos elétrons livres.

#### **3.16.1 – Capacidade térmica**

Se em dois corpos com mesma massa, mas constituídos de materiais diferentes, for aplicada uma mesma quantidade de calor, cada um deles atingirá uma temperatura diferente. Esta aptidão que cada material tem de absorver calor de um meio é denominada capacidade térmica (C).

Na maioria dos sólidos a energia térmica é assimilada pelo aumento da energia vibracional dos seus átomos, que acima de 0K possuem vibração com frequências muito altas e amplitudes muito pequenas. Por estarem ligados uns aos outros, os átomos vibram em conjunto e esta vibração é coordenada de forma similar a ondas elásticas ou sonoras atravessando o material. A energia térmica vibracional consiste num conjunto destas ondas. Um quantum (“pacote”) de energia vibracional é chamado de fônon.

A capacidade térmica de um material depende muito pouco de sua microestrutura, mas é fortemente influenciada por sua porosidade <sup>[22]</sup> (quanto maior a porosidade, menor a quantidade de calor necessária para atingir uma determinada temperatura).

#### **3.16.2 – Calor Específico**

Segundo PADILHA <sup>[22]</sup> e CALLISTER <sup>[23]</sup> o calor específico de uma substância é definido como sendo a quantidade de calor necessária para fazer uma unidade de massa desta substância elevar sua temperatura em um grau. Esta grandeza representa sua capacidade de receber ou perder calor.

O calor específico pode ser determinado mantendo-se o volume do material constante ( $c_v$ ) ou mantendo-se a pressão constante ( $c_p$ ).

Suas unidades são: J/kg.K ou cal/g.°C.

### 3.16.3 – Condutividade térmica

O fenômeno que possibilita a transferência do calor de uma região de alta temperatura para uma região de baixa temperatura em uma substância é a *condução térmica*. A *condutividade térmica* é a habilidade que cada material tem para realizar este transporte.

Nos sólidos o calor é transportado de duas maneiras: por vibrações quantizadas da rede (os fônons) e pela movimentação dos elétrons livres. A condutividade térmica total é a soma dos dois fenômenos.

Nos materiais cerâmicos a condução térmica é realizada principalmente por fônons. Como os fônons são facilmente espalhados pelos defeitos cristalinos, estes materiais geralmente apresentam baixa condutividade. Alguns materiais cerâmicos são compostos por elementos com peso atômico e tamanhos similares, o que diminui a resistência ao movimento dos fônons, possibilitando que estes materiais apresentem condutividade relativamente alta. Da mesma forma, existem alguns cerâmicos compostos por átomos muito diferentes, que apresentam condutividade muito baixa. Outros fatores que contribuem para a baixa condutividade em materiais cerâmicos são a presença de íons, fases amorfas ou vítreas e alta porosidade.

Alguns cristais não metálicos muito puros e com baixa densidade de defeitos apresentam, em certas faixas de temperatura, condutividade comparável ou até melhor que algumas ligas metálicas.

Nos materiais cerâmicos e poliméricos a temperatura tem considerável efeito sob a condutividade térmica <sup>[22 e 23]</sup>.



## Capítulo 4

### 4.1 – Por que porcelanato

O ponto de partida para o estudo aqui apresentado foi a necessidade da criação de utensílios para cocção que promovessem uma distribuição uniforme do calor em seu interior. Para isto, o material a ser utilizado deveria possibilitar o fluxo da energia térmica nas laterais antes que o fundo alcançasse a sua temperatura máxima; ou seja, possibilitar que o aquecimento das laterais ocorresse junto com o aquecimento do fundo do utensílio.

O cozimento dos alimentos ocorre em temperaturas de até 180°C (Codex Alimentarius *apud* <sup>[4]</sup>), o que restringe a utilização de materiais poliméricos.

Segundo CALLISTER <sup>[23]</sup>, devido aos mecanismos de transmissão de calor presente nos metais, estes materiais são condutores muito bons, logo uma quantidade de calor muito grande chegaria à porção inferior do alimento antes que as porções superiores fossem aquecidas, como acontece com os utensílios metálicos disponíveis no mercado.

Um modelo de distribuição adequada de calor a ser apresentado necessitaria então de um material refratário com variação em sua espessura, capaz de diminuir a condução da energia térmica no fundo (maior espessura e menor condutividade), possibilitando que as laterais (menor espessura e maior condutividade) aqueçam o alimento ao mesmo tempo e à mesma temperatura.

O porcelanato foi escolhido por apresentar grande valor de estima e de uso (ESTRELA <sup>[24]</sup>). Seu valor de estima está relacionado com o grande apelo tecnológico que possui, por apresentar alto brilho (HECK <sup>[25]</sup>) e possibilidade de cores claras (inclusive tons de alta brancura), características que a semiótica avalia como *index* (ou *índice*) de limpeza e higiene (PIGNATARI <sup>[26]</sup> e SANTAELLA <sup>[27]</sup>) além de ser esteticamente agradável. Seu valor de uso reside no fato de ser um material que resiste a altas temperaturas, possuir grande resistência química e à abrasão, baixa absorção de água, alta resistência mecânica, além de ser um material refratário.

### 4.2 – O que é o porcelanato

O porcelanato, também denominado grês (ou grés) porcelanato, é um material cerâmico que surgiu no final dos anos 70 (HECK <sup>[25]</sup> e ARANTES <sup>[28]</sup> *et al.*) possibilitado pelo desenvolvimento dos fornos a rolo e da queima rápida (monoqueima). O termo “grês porcelanato” é a derivação de “grês”, que consiste de um material cerâmico com estrutura

compacta, característica de uma fase cristalina imersa em uma fase vítrea; e “porcelanato”, termo que se refere às características técnicas do produto que se assemelham à porcelana (MENEGAZZO <sup>[29]</sup> *et al.* e RINCÓN <sup>[30]</sup> *et al.*).

Entre as características técnicas do porcelanato destacam-se sua elevada resistência ao desgaste (abrasão), baixos valores de absorção de água devido à baixa porosidade, alta resistência mecânica, alta resistência ao ataque químico, elevada dureza superficial, resistência ao congelamento, resistência à compressão, alta resistividade elétrica, corpo colorido e uniformidade de cores, além de ótimo grau de higiene dos pavimentos onde é aplicado (SANCHEZ <sup>[31]</sup> *et al.* e RODRIGUES <sup>[32]</sup> *et al.*). Pode ser apresentado esmaltado ou não.

O processo de fabricação, como mostra a figura 4.1, começa com uma seleção criteriosa de matérias-primas, pois é a homogeneidade que garante o padrão de cores e evita problemas durante a sinterização.

A etapa seguinte é a moagem, onde é requerido um minucioso controle sobre a granulometria, a fim de se garantir as condições de compactação e as características do produto final. Variações no tamanho dos grãos podem causar variações na tonalidade, além de modificar a viscosidade da barbotina.

A prensagem, feita com pressão específica de compactação entre 40 e 50 MPa <sup>[25]</sup>, é a responsável pela redução da porosidade e da conformação das peças.

A sinterização é feita em fornos a rolo com temperaturas variando entre 1200 e 1250°C em intervalos de tempo de 60 a 70 minutos <sup>[25]</sup>.

O polimento, etapa seguinte, representa a maior inovação deste material. O brilho, uma das características mais importantes do porcelanato, é obtido com este processo. É também nesta fase que as peças são retificadas, garantindo homogeneidade entre elas e o paralelismo e o perpendicularismo entre os lados. Mas o polimento pode abrir alguns poros fechados, diminuindo a resistência ao manchamento do produto.

Máquinas semi-automáticas classificam as peças quanto à planaridade e dimensão através de sensores eletrônicos. Defeitos estéticos e a tonalidade são classificados pelos operadores dos equipamentos.

Segundo CHATTERJEE <sup>[33]</sup> *et al.* o porcelanato é composto por caulim (40% em massa), feldspato (54% em massa) e quartzo (6% em massa). O feldspato pode ser do tipo potássico ou do tipo sódico, ou pode haver ainda mistura destes dois tipos. CHATTERJEE <sup>[33]</sup> *et al.* mostrou ainda que, embora dois tipos de feldspatos sejam usados de forma combinada, várias propriedades são influenciadas por estas composições.

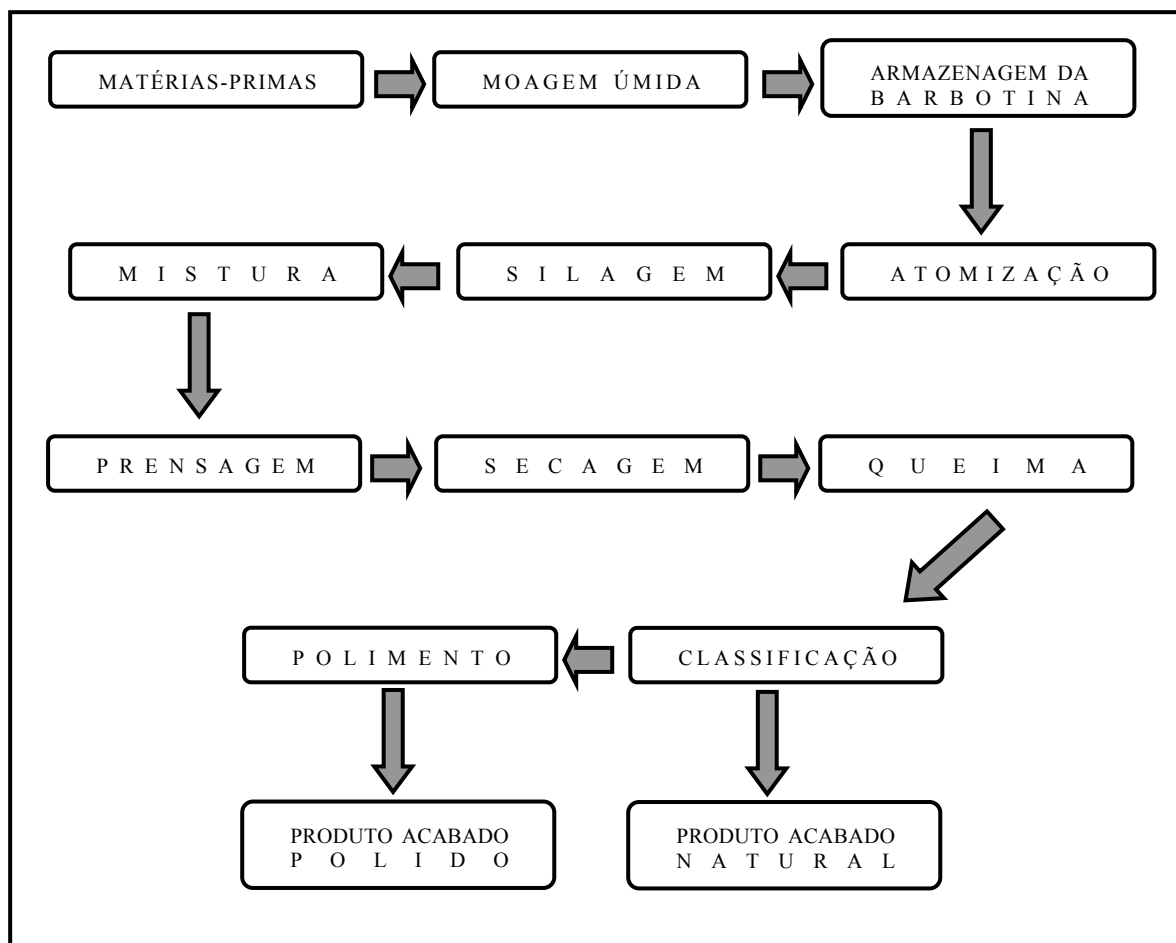


Figura 4.1: Fluxograma das etapas da fabricação do porcelanato.

O Brasil é o quarto maior produtor e exportador de revestimentos cerâmicos do mundo, e junto com a Itália, a China, a Espanha e a Turquia responde por 60% da produção mundial [28].

A Indústria de Revestimentos Cerâmicos Eliane, situada em Santa Catarina, foi, em 1996, a primeira a fabricar porcelanato não esmaltado no país, seguida pela Cecrisa, situada em Minas Gerais (região metropolitana de Belo Horizonte), que começou a produzir em 1999 e pela Portobello, também de Santa Catarina, que começou a produzir este material em 2000. Desde 2001 também produzem porcelanato as empresas Cerâmica Elizabeth (PB) e a Ceusa (SC). O mercado brasileiro conta também com produtos importados por outras empresas do segmento, principalmente produtos italianos, espanhóis e argentinos [28].

#### 4.3 – Propriedades de interesse do porcelanato

Dentre as propriedades do porcelanato, as que mais interessam ao estudo de sua aplicação em utensílios de cocção são:

- Cor;
- Resistência ao manchamento;
- Resistência à abrasão;
- Estabilidade dimensional;
- Propriedades mecânicas.

#### 4.3.1 – Cor

O porcelanato é um material cerâmico de corpo colorido, que pode ou não ser esmaltado e que pode ser decorado. Este material pode assumir diversas cores, do branco ao preto, dependendo da adição ou não de determinados corantes à massa.

O cuidado com a cor começa com a escolha adequada das matérias-primas, que devem apresentar baixo teor de óxido de ferro, pois a eficácia dos pigmentos adicionados para colorir as peças depende diretamente da brancura do produto queimado. Zhou e Weissman <sup>[34]</sup> concluíram que a incorporação de ferro na fase vítrea é a principal causa da perda da brancura da porcelana.

SANCHEZ <sup>[31]</sup> *et al.* concluíram que existe uma relação entre a brancura das peças de porcelanato e a proporção entre os teores de quartzo e mulita, confirmando o efeito opacificante destes cristais. Concluíram também que esta relação independe das proporções de feldspato sódico e feldspato potássico empregadas na composição.

#### 4.3.2 – Resistência ao manchamento

Com o intuito de se obter peças com superfícies lisas e brilhantes, o porcelanato pode ser submetido a polimento. O desgaste da superfície decorrente deste processo resulta na exposição de poros antes fechados. Estes poros, que são intrínsecos ao processo de sinterização, deixam a peça sujeita à retenção de partículas do meio ambiente, resultando em manchas (figura 4.2). A susceptibilidade ao manchamento está relacionada com o volume da porosidade fechada, com a distribuição, a textura e o tamanho destes poros, que são críticos a partir de diâmetros em torno de 30 a 60  $\mu\text{m}$  (ARANTES <sup>[28]</sup> *et al.* e ARANTES <sup>[35]</sup> *et al.*). Estes defeitos na superfície facilitam a adesão de partículas ao mesmo tempo em que dificultam sua retirada.

A porosidade fechada do porcelanato varia entre 5 e 12% nos produtos disponíveis no mercado <sup>[34]</sup>.

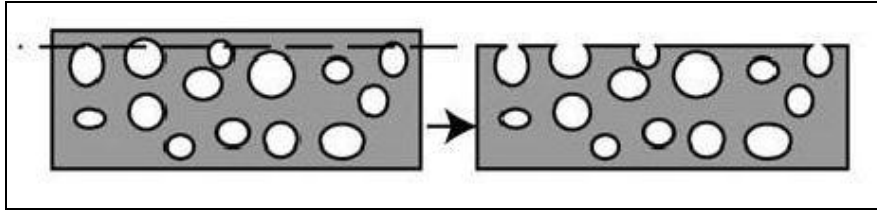


Figura 4.2: Surgimento de poros abertos após o polimento<sup>[28]</sup>.

Estudos indicam <sup>[28 e 35]</sup> que a porosidade é decorrente de fatores como distribuição dos poros, granulometria da massa, compactação e do ciclo de queima, e que estes fatores podem ser controlados através da escolha de materiais-primas com características específicas e do controle dos processos de fabricação. ARANTES <sup>[35]</sup> *et al.* menciona ainda a impermeabilização da superfície com resinas poliméricas indicada por alguns fabricantes como uma forma paliativa de resolução do problema.

#### 4.3.3 – Resistência à abrasão

Diferentemente das propriedades mecânicas, a resistência à abrasão do porcelanato não está relacionada com a porosidade deste material. Esta propriedade é influenciada pela composição das fases e pela quantidade de minerais duros presentes. Mulita e silicato de zircônio são os componentes de maior colaboração para as respostas positivas deste material à este tipo de solicitação (CAVALCANTE <sup>[36]</sup> *et al.*).

#### 4.3.4 – Estabilidade dimensional

AMORÓS <sup>[37]</sup> *et al.* afirmaram que os defeitos mais comuns associados à estabilidade de peças cerâmicas são os calibres – falta de uniformidade entre as peças e a falta de esquadro – defeitos relativos à falta de ortogonalidade entre os lados que afetam as dimensões de cada peça. Esta falta de estabilidade dimensional ocorre em função da variação na porosidade das peças a verde e da distribuição heterogênea da temperatura durante a sinterização. O dimensionamento pode ser corrigido com processos de retificação e polimento. AMORÓS <sup>[37]</sup> *et al.* concluíram que a estabilidade pode ser melhorada com o devido controle das prensas, da umidade da massa e da temperatura de queima.

#### 4.3.5 – Propriedades mecânicas

Em seus estudos, MENEGAZZO <sup>[38]</sup> *et al.* apontam os defeitos presentes nos materiais cerâmicos como sendo elementos concentradores de tensões e iniciadores de fratura e afirmam que a resistência mecânica de um produto depende de sua microestrutura e da

distribuição e tamanho destes defeitos, sendo o tamanho dos poros o mais crítico. Estes estudos constataram que todos os produtos analisados, nacionais e importados, apresentaram características mecânicas superiores às exigidas pelas normas brasileiras (ABNT).

Do estudo das propriedades correlacionadas à utilização do porcelanato para a fabricação de utensílios para cocção conclui-se que um fator crítico é a porosidade, que influencia na resistência ao manchamento, estabilidade dimensional e nas propriedades mecânicas. Conclui-se também que tanto a porosidade quanto a composição química (que afeta a coloração) e a composição de fases (que afeta a resistência à abrasão) podem ser facilmente controladas através da seleção de matérias-primas e da supervisão do processo de fabricação.

#### 4.4 – Considerações importantes sobre a fabricação de utensílios de porcelanato

A prensagem é a operação responsável pela conformação de peças cerâmicas em geral e consiste da compactação por pressão de pós no interior de matrizes (ou moldes), que podem ser rígidas ou flexíveis. Esta operação ocorre em três etapas: (1) preenchimento do molde, (2) compactação da massa e (3) extração da peça.

A prensagem pode ser de duas modalidades: uniaxial ou isostática. Por prensagem uniaxial, que pode ser de ação simples ou dupla, são conformadas peças que não apresentam relevo superficial na direção da prensagem (AMORÓS <sup>[39]</sup>).

Até o momento as aplicações do porcelanato se restringem a peças para revestimento de pisos e de paredes sob a forma de placas. Este tipo de produto possui geometria simples e é feito por prensagem uniaxial (figura 4.3), usando-se matriz e punção quadrados.

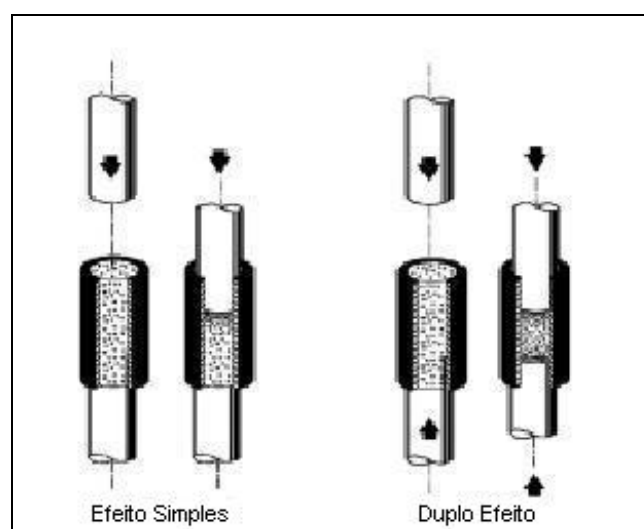


Figura 4.3: Prensagem uniaxial <sup>[39]</sup>.

Peças com formas complexas, com relevo em mais de uma direção, ou peças muito grandes demandam prensas isostáticas, processo no qual um molde flexível é submerso em um fluido pressurizado, que é o responsável por exercer a pressão de compactação <sup>[39]</sup>.

Os utensílios para cocção de porcelanato, por apresentarem formas complexas demandam conformação por prensagem isostática (figura 4.4).

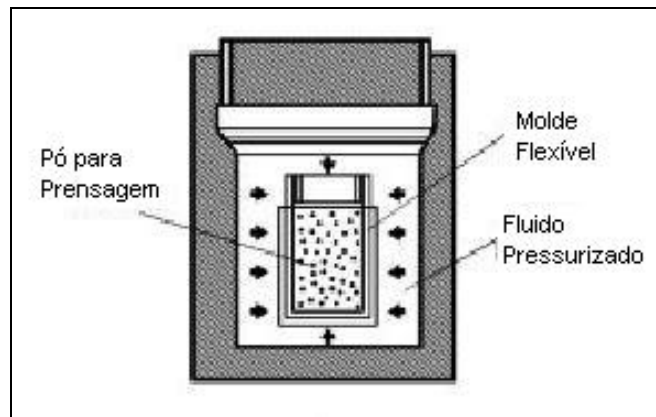


Figura 4.4: Prensagem isostática <sup>[39]</sup>.

## Capítulo 5

Para o referente estudo foram utilizadas amostras de porcelanato fornecidas por uma indústria da região metropolitana de Belo Horizonte. As amostras vieram de pedaços de peças de porcelanato que passaram por todo o processo convencional da fabricação, mas que se danificaram nas etapas finais (classificação, polimento ou estocagem).

Considerando a aplicação do porcelanato em utensílios para cocção, uma importante propriedade a ser considerada é sua condutividade térmica.

### 5.1 – Determinação da condutividade térmica do porcelanato

A *condução térmica* é o fenômeno pelo qual o calor é transportado das regiões de maior temperatura para as regiões de menor temperatura e a *condutividade térmica* é a habilidade que um material apresenta para esta transferência [22].

Segundo AKIYOSHI *et al.* [40], a condutividade térmica é uma das principais variáveis envolvidas no projeto e otimização de refratários.

A condutividade térmica do porcelanato foi obtida a partir da determinação da difusividade, da densidade e do calor específico e calculada através da seguinte equação (PARKER *et al.* [41] e FERREIRA *et al.* [42]):

$$k = \alpha \times \rho \times C_p \quad (1)$$

onde:

$k$  é a condutividade térmica, em W / m K;

$\alpha$  é a difusividade térmica, em m<sup>2</sup> / s;

$\rho$  é a densidade, em kg / m<sup>3</sup>, e

$C_p$  é o calor específico, em J / kg K.

#### 5.1.1 – Determinação da difusividade térmica ( $\alpha$ )

Para a obtenção do valor da difusividade térmica ( $\alpha$ ) foi utilizado o Método do Flash Laser [41 e 42]. Segundo este método, um intenso feixe de laser é aplicado na face frontal de uma amostra com a forma de um pequeno disco e é feito o registro da excursão da temperatura na face oposta. A partir deste registro é então calculada a difusividade térmica através da seguinte equação:



$$\alpha = \frac{1,37L^2}{\pi^2 t_{1/2}} \quad (2)$$

onde:

L é a espessura da amostra, em m, e

$t_{1/2}$  é o tempo para a temperatura da face oposta atingir metade do valor máximo de sua excursão, em s.

Foram realizadas cinco medidas em uma amostra com 8mm de diâmetro e 4mm de espessura, encontrando-se os seguintes valores:

Ensaio	Difusividade (x 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s)	Temperatura Efetiva (°C)
AA329	0,8062	29,68
AA330	0,8946	26,03
AA331	0,7698	26,84
AA332	0,8011	26,97
AA333	0,7450	29,18

Tabela 5.1: Resultados de difusividade térmica obtidos em ensaios.

O valor médio para a difusividade térmica encontrado foi **0,80 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s**.

A figura 5.1 mostra um registro típico de uma medida realizada e a figura 5.2 mostra um gráfico da difusividade térmica em função da temperatura.

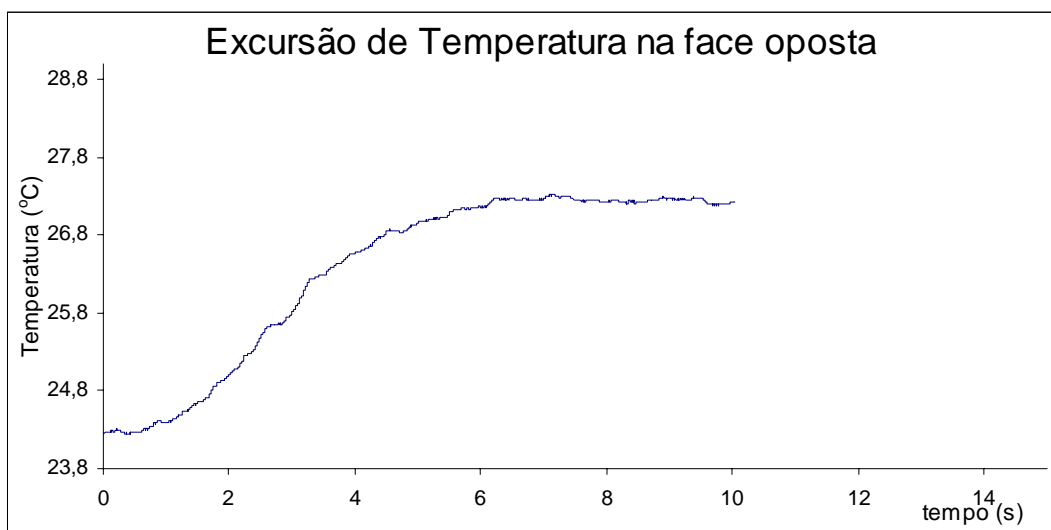


Figura 5.1: Registro da temperatura em função do tempo para uma medição.

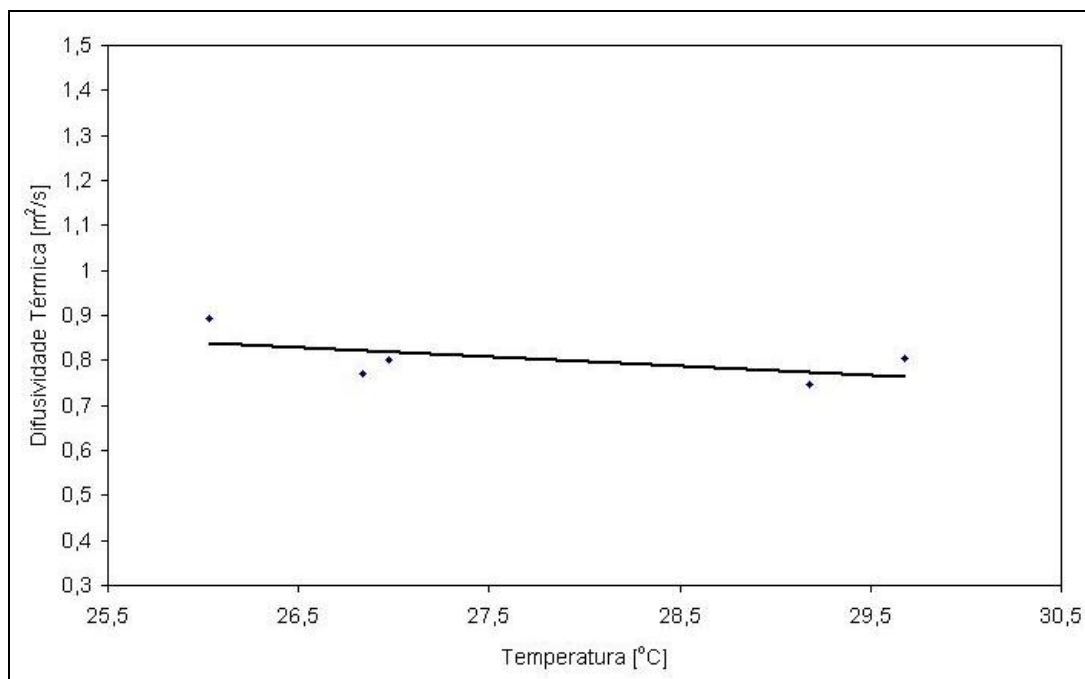


Figura 5.2: Gráfico da difusividade térmica em função da temperatura.

Os ensaios com o Método do Flash Laser seguem a norma ASTM E 1461 <sup>[43]</sup>, de 1992.

Foi utilizado um laser TL 2000, da Tecno Laser (Campinas, SP), tipo CW (continuous wave) de CO<sub>2</sub>, com comprimento de onda de 10,6nm e potência máxima de 25W. Estas medições foram realizadas no Laboratório de Medições de Propriedades Termofísicas de Materiais do CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.

### 5.1.2 – Determinação da densidade ( $\rho$ )

A densidade da amostra foi determinada pelo método do empuxo, que é uma simplificação do método de penetração e imersão com xylol (FERREIRA <sup>[44]</sup> e DÖRR *et al.* <sup>[45]</sup>), desprezando-se a porosidade aberta da amostra de porcelanato.

Após secagem em estufa, a massa da amostra de porcelanato foi medida com uma balança analítica, com sensibilidade de 10<sup>-4</sup>g, obtendo-se o valor 0,54145 gramas. A amostra foi depositada em um recipiente contendo xylol, e em seguida pesada em uma bandeja também imersa neste líquido, obtendo-se, pela diferença entre a massa da amostra (M) e a massa sob empuxo (M<sub>E</sub>), o volume de xylol deslocado (Princípio de Arquimedes), volume (V) este igual ao da amostra:

$$\text{Empuxo} = (V \times \rho_{\text{xylol}}) \times g = (M - M_E) \times g \quad (3)$$

onde  $g$  é a aceleração da gravidade.

Assim a densidade ( $\rho$ ) da amostra é dada por:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{M - M_E} \times \rho_{Xylol} \quad (4)$$

A densidade do xylol ( $\rho_{xylol}$ ) é determinada através da seguinte equação, medindo-se o empuxo em uma esfera de aço de massa e diâmetro conhecidos com precisão:

$$\rho_{xylol} = \frac{M_{Esf.} - M_{Esf. Emp.}}{\frac{\pi \cdot D_{Esf.}^3}{6}} \quad (5)$$

onde:

$\rho_{xylol}$  = densidade do xylol em  $g/cm^3$ ;

$M_{Esf.}$  = massa da esfera em gramas (11,8923 g);

$M_{Esf. Emp.}$  = massa da esfera sob empuxo, imersa no xylol, em gramas;

$D_{Esf.}$  = diâmetro da esfera em cm (1,4285 cm).

O valor médio para a massa da esfera sob empuxo foi de 10,5673 g. Obteve-se então para a densidade do xylol o seguinte valor:

$$\rho_{Xylol} = \frac{11,89232 - 10,5673}{\frac{\pi \times (1,4285)^3}{6}} = 0,8681 g / cm^3 \quad (6)$$

Foram realizadas quatro medidas de massa da amostra sob empuxo, obtendo-se os valores mostrados na tabela 5.2:

Medida	Massa da amostra sob empuxo (g)	$\rho_{amostra}$ ( $g/cm^3$ )
1ª medida	0,35493	2,5200
2ª medida	0,35495	2,5203
3ª medida	0,35495	2,5203
4ª medida	0,35497	2,5205
Valor Médio		2,52 $g/cm^3$

Tabela 5.2: Valores obtidos para massa da amostra sob empuxo.

O valor médio obtido foi **2,52g/cm<sup>3</sup>**, ou seja **2.520kg/m<sup>3</sup>**.

Estas medições foram realizadas nos Laboratórios de Combustíveis Nucleares e Materiais do CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.

### 5.1.3 – Medição do Calor Específico ( $C_p$ )

O calor específico da amostra foi medido pelo método DSC (Differential Scanning Calorimetry)

A técnica DSC (calorimetria diferencial exploratória) mede a quantidade de energia absorvida ou liberada por uma amostra quando ela é aquecida ou resfriada, fornecendo dados quantitativos e qualitativos (em processos endotérmicos e exotérmicos).

Dentro do equipamento, uma amostra foi colocada em um cadinho apropriado, posicionado sobre um disco. Outro cadinho com um material de propriedades conhecidas foi colocado junto ao primeiro para servir de referência. Sob cada cadinho há um termopar que mede a temperatura da amostra e a temperatura da referência continuamente. O fluxo de calor é obtido medindo-se a diferença de temperatura entre a amostra e a referência. A temperatura pode variar de  $-120^{\circ}\text{C}$  a  $725^{\circ}\text{C}$ , dependendo do aparelho utilizado. Acima de  $600^{\circ}\text{C}$  se torna necessária uma atmosfera inerte (BHADESHIA <sup>[46]</sup> e SCHNITZLER <sup>[47]</sup> *et al.*).

Para a amostra de porcelanato foi determinado um valor de  $C_p$  igual a **815,2J/kg.K**.

O ensaio foi realizado através da técnica DSC modulado (com temperatura modulada), usando alumina safira como padrão de calibração, cadinhos de alumina, taxa de modulação de  $\pm 1^{\circ}\text{C}/60$  seg. e em atmosfera de Hélio. O equipamento utilizado foi um modelo DSC 2920 da TA Instruments. As medidas foram realizadas com o apoio do Departamento de Química da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

## 5.2 – Cálculo da condutividade térmica do porcelanato

Após determinados os valores da difusividade térmica ( $\alpha$ ), da densidade ( $\rho$ ) e do calor específico ( $C_p$ ), obteve-se o valor da condutividade térmica:

$$k = \alpha \cdot \rho \cdot C_p \quad (1)$$

$$k = 0,80^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 2520 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 815,2 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} = 1,64 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

Foi encontrado um valor aproximado de **1,64W/mk** para a condutividade térmica da amostra de porcelanato estudada.

### 5.3 – Análise comparativa da condutividade térmica do porcelanato

O valor da condutividade térmica foi comparado com a condutividade de outros materiais (tabela 5.3 e figura 5.3).

Material/Composição	k (W/ m K)
<b>Sólidos metálicos (a 300K)</b>	
Metais puros	52 - 410
Cobre puro	401
Alumínio – Liga 2024-T6 (4,5%Cu, 1,5%Mg, 0,6%Mn)	177
Silício	148
Alumínio – Liga 195 fundida (4,5%Cu)	168
Bronze comercial (90%Cu, 10%Al)	52
Titânio	21,9
Aço AISI 1010	18,8
Aço inox AISI 316	13,4
<b>Sólidos não metálicos (a 300K)</b>	
Piroceram Corning 9606	3,98
<b>Sólidos não metálicos (tijolo, pedra, cimento)</b>	<b>0,034 - 2,6</b>
Epóxi c fibras de Boro (30% vol.) // às fibras	2,29
<b>Porcelanato</b>	<b>1,64</b>
Carbono amorfo	1,60
Dióxido de silício policristalino (sílica fundida)	1,38
Epóxi c fibras de Boro (30% vol.) ⊥ às fibras	0,59
<b>Materiais isolantes</b>	<b>0,0034 - 0,21</b>

Tabela 5.3: Valores de k para alguns materiais sólidos <sup>[48, 49 e 50]</sup>

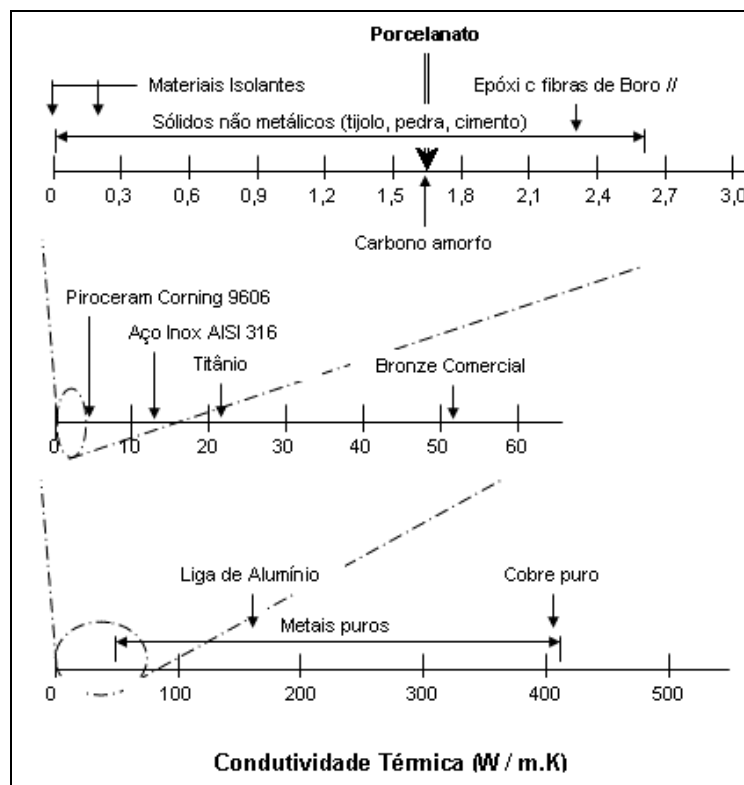


Figura 5.3: Escala comparativa de Condutividade térmica.

Como se verifica, a condutividade térmica do porcelanato é da mesma ordem de grandeza da condutividade de outros sólidos não metálicos utilizados para a fabricação de utensílios, tais como pedra e cerâmica. Este material apresenta uma condutividade muito baixa, mas com valores muito acima da condutividade de materiais isolantes.

#### 5.4 – Análise da composição do porcelanato

Uma análise das fases cristalinas presentes na amostra estudada foi realizada através de técnica de difração de raios X.

Esta técnica se baseia no fato de raios X interagirem com cristais, gerando fenômenos de difração destes raios. Esta difração é devida essencialmente à existência de coincidência de fase (interferência construtiva) entre duas ou mais ondas eletromagnéticas. Logo, um feixe difratado pode ser definido como um feixe composto por grande número de raios espalhados, que se reforçam mutuamente.

Em um experimento deste tipo, o estudo da difração dos raios X que incidiram na amostra é comparado a um banco de dados fornecendo uma relação qualitativa das fases cristalinas presentes nesta amostra.

Foram identificadas as seguintes fases cristalinas:

Fases Cristalinas Identificadas		
Predominante (>80%)	Menor (<10%)	Minoritária (<3%)
Quartzo (SiO <sub>2</sub> ) Zircão (ZrSiO <sub>4</sub> )	Albita (NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ) Cianita (Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> ) Sillimanita (Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> )	Cristobalita (SiO <sub>2</sub> )

Tabela 5.4: Fases cristalinas identificadas na amostra de porcelanato.

Os ensaios com o porcelanato foram realizados no Serviço de Tecnologia Mineral – Laboratório de Cristalografia do CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia nuclear, pelo método do pó, utilizando-se um difratômetro de raios X de fabricação da Rigaku, modelo Geigerflex, semi-automático e tubo de raios X de cobre. As condições de operação do difratômetro foram: fator de escala igual a  $8 \times 10^3$ , constante de tempo de 0.5s, velocidade do registrador de 40mm/min, velocidade do goniômetro 8°20/min e a identificação das fases foi obtida por comparação dos resultados obtidos com o banco de dados da ICDD – International Center for Diffraction Data/ Joint Committee on Powder Diffraction Standards – JCPDD.

## Capítulo 6

### Conclusões

Embora o porcelanato estudado apresente uma condutividade térmica muito baixa, este valor se aproxima da condutividade de outros materiais utilizados na fabricação de utensílios, tais como pedra e barro.

O material retém o calor e possibilita sua distribuição de forma homogênea dentro do utensílio, o que favorece a uniformidade da cocção do alimento.

A baixa condutividade propicia um aquecimento lento do utensílio, porém propicia também um resfriamento lento, característica que favorece a conservação da temperatura do alimento nele preparado, contribuindo para a manutenção de alguns fatores organolépticos.

O porcelanato aplicado em utensílios para cocção propiciará um comportamento térmico similar ao comportamento das panelas de cerâmica (ou barro) e de pedra, porém com um valor estético agregado em função das características visuais deste material.

Os processos para fabricação de utensílios para cocção, embora exijam um estudo mais aprimorado, se mostram viáveis em função das técnicas já utilizadas pela indústria ceramista (seleção de matérias-primas, prensagem e compactação, tipos de fornos etc.).

## **Capítulo 7**

### **Sugestões para trabalhos futuros**

É de interesse do autor e de seus orientadores o desenvolvimento de uma tese de doutorado em Engenharia de Materiais onde será desenvolvida uma formulação adequada de porcelanato para utensílios de cocção, simultaneamente ao desenvolvimento do processo de fabricação destes utensílios. É de interesse também o estudo da utilização de outros materiais (outros cerâmicos ou metais) juntamente com o porcelanato, onde deverá ser analisada a possibilidade de combinação (junção) entre estes.



## Referências Bibliográficas

- 1 – FLANDRIN, J.-L., MONTANARI, M. *Historia da Alimentação*. 3ª edição, Ediora Estação Liberdade, São Paulo, 1996, Tradução MACHADO, L. V., TEIXEIRA, G. F.
- 2 – *Tradicional Cultura Chinesa em Taiwan*, Material de divulgação do Escritório de Informação do Governo de Taiwan. Disponível em: <<http://www.sinonet.com.br>>.
- 3 – TINÔCO, I. F.F.; PAULA, M.O.; In: *Fogão a Lenha Sem Fumaça*, Projeto de Extensão – Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001, 12 paginas.
- 4 – TEICHMANN, I. M.; *Tecnologia Culinária*, EDUCS – Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, 2000, Coleção Hotelaria.
- 5 – QUINTAES, K.D. *Utensílios para Alimentos e Nutrição*, Revista Nutrição, Campinas, Vol13 N.3 151-156, set./dez., 2000 pg 151 a 156.
- 6 – EVANGELISTA, J. *Alimentos: um Estudo Abrangente*. Editora Atheneu, São Paulo, 2002.
- 7 – MURATA, L. T. F.; PASCUET, N. S.; NUNES, M. C. D.; ALCÂNTARA, M. R. S.; SILVA, K. C.; RIBEIRO, E. R.; SANDTNER, V. F. *Importância do Controle de Metais Pesados em Alimentos*, In Boletim do Instituto Adolfo Lutz (BIAL), Ano 9, 1991, nº 1.
- 8 – SHINOHARA, E. M. G.; GERMANO, M. I. S.; GERMANO, P. M. L. *Contaminação de Alimentos por Chumbo: Implicações em Saúde Pública*, Revista Higiene Alimentar, volume 5, nº 18, junho de 1991.
- 9 – ALFREY, A.C. Aluminum. In: MERTZ, W. (Ed.). *Trace elements in human and animal nutrition*. 5ed. San Diego: Academic Press, 1986. v.2.

- 10 – GREGER, J.L., GOETZ, W., SULLIVAN, D. Aluminum levels in foods cooked and stored in aluminum pans, trays and foil. *Journal of Food Protection*, Ames, v.48, n.9, p.772-777, 1985.
- 11 – SPETHMANN, C. N.; *Medicina Alternativa de A a Z*, 6ª edição, Editora Natureza, Uberlândia – MG, , pg 91-93.
- 12 – MENDONÇA, S. N. T. G.; SCUSSEL, V. M. *Efeitos Tóxicos e Contaminação de Alimentos por Metais Pesados Provenientes dos Utensílios de Cerâmica e Panelas*, Revista Higiene Alimentar, volume 17, nº 106, março de 2003.
- 13 – KULIGOWSKI, J., HALPERIN, K.M. Stainless steel cookware as a significant source of nickel, chromium, and iron. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v.23, n.2, p.211-215, 1992.
- 14 – LOVATTI, R.C.C., CARDOSO, R.C.V. *Cobre em Aguardente de Cana Comercializada em Feiras Livres*, In Anais 7º Congresso da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição – SBAN, 15 a 18 de outubro de 2003, Minascentro, Belo Horizonte, pg 34.
- 15 – DANA, J.D.; HURLBUT, C.S. Jr. *Manual de Mineralogia*, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1962, vol 2, pg 512 e 513
- 16 – CRUZ, M.A. *Alem do Trivial Simples*, Jornal da Unicamp, Ano XVII, 14 a 20 de outubro ce 2002. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/imprensa>>
- 17 – S UDBRAK, R.; *Escolha bem sua panela*, Correio Braziliense, Brasília, 19 de março de 2002. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/aprendiz>>
- 18 – FUKU, L.F.; KAZUHITO, Y. e SHIGEKIYO, C.T. *Os Alicerces da Física*, Vol 2, Editora Saraiva, São Paulo, SP, 1988.
- 19 – REED, J. S. *Principles of Ceramics Processing*, 2ª edição, Editora John Wiley & Sons, New York, 1995.

- 20 – HABER, R. A. e SMITH, P.A. Overview of Traditional Ceramics, In; Engineered Material Handbook, Vol 4 Ceramic and Glasses, pag 3-4, ASM International, Nova York, 1991.
- 21 – ABC – Associação Brasileira de Cerâmicas.  
Disponível em: <[www.abceram.org.br/asp/abc\\_5.htm](http://www.abceram.org.br/asp/abc_5.htm)>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2005.
- 22 – PADILHA, A. F. Materiais de Engenharia: Microestrutura e Propriedade. 1ª Edição, Editora Hemus Ltda, São Paulo, 1997.
- 23 – CALLISTER, W. D. Jr. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 5ª Edição. Ed. Livros Técnicos e Científicos S.A., Rio de Janeiro, 2002.
- 24 – ESTRELA, G. Q., Análise de Valor: Uma Abordagem Estratégica, Apostila, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <[http://www.cueroamerica.com/tecnologia\\_calzado/tecnologia\\_calzado\\_05.htm](http://www.cueroamerica.com/tecnologia_calzado/tecnologia_calzado_05.htm)>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2005.
- 25 – HECK, C. Gres Porcelanato. Cerâmica Industrial, v. 01, n 04/05, p. 21-24, agosto/dezembro, 1996.
- 26 – PIGNATARI, D. Informação Linguagem Comunicação. 11ª edição. São Paulo. Ed. Cultrix Ltda, 1982.
- 27 – SANTAELLA, L., A Teoria Geral dos Signos. 1ª edição. São Paulo. Ed. Pioneira Ltda, 2000.
- 28 – ARANTES, F. J. S.; GALES, D. F.; QUINTEIRO, E.; MELCHIADES, F. G. e BOSCHI, A.O. Efeito de Condições de Processamento sobre a Resistência ao Manchar de Grés Porcelanato – Parte 1: Análise Quantitativa da Dimensão dos Grânulos Utilizados no Processo de Fabricação. In: ANAIS DO 45º CONGRESSO DE CERÂMICA – 30 de maio a 2 de junho de 2001, Florianópolis, SC

- 29 – MENEGAZZO, A.P.M.; LEMOS, F.L.N.; PASCHOAL, J.O.A.; GOUVÊA, D.; CARVALHO, J.C. e NÓBREGA, R.S.N. Gres Porcelanato. Parte I: Uma Abordagem Mercadológica. *Cerâmica Industrial*, v. 05, n 05, p. 07-10, setembro/outubro, 2000.
- 30 – RINCÓN, J.M. e ROMERO, M. A Atual Expansão da Produção de Gres Porcelanato como Passo Prévio para a Produção de Revestimentos Cerâmicos Maciços. *Cerâmica Industrial*, v. 06, n 04, p. 22-24, julho/agosto, 2001.
- 31 – SANCHEZ, E.; ORTS, M.J.; GARÍCA-TEN, J. e CANTAVELLA, V. Efeito da Composição das Matérias-Primas Empregadas na Fabricação de Gres Porcelanato Sobre as Fases Formadas Durante a Queima e as Propriedades do Produto Final. *Cerâmica Industrial*, v. 06, n 05, p. 15-22, setembro/outubro, 2001.
- 32 – RODRIGUES, A. M., PIANARO, S.A., BERG, E. A. T., SANTOS, A. H. Propriedades de Matérias-Primas de Gres Porcelanato. *Cerâmica Industrial*, v. 09, n 01, p. 33-38, janeiro/fevereiro, 2004.
- 33 – CHATTERJEE, A.; CHITWADGI, S.; KULKARNI, M. e KAVIRAJ, A.K. Efeito da Razão entre Feldspato Sódico e Potássico no Desenvolvimento de Fases e Microestrutura de Porcelanatos Queimados. *Cerâmica Industrial*, v. 06, n 05, p. 23-26, setembro/outubro, 2001.
- 34 – ZHOU, M. e WEISSMAN, R. Optimization of porcelain Whiteness – especially in fast-firing. *Cfi/Ver. DKG 73(1)*, 49-53, 1991.
- 35 – ARANTES, F.J.S.; GALES, D.F.; QUINTEIRO, E. e BOSCHI, A.O. O Manchar e a Porosidade Fechada de Gres Porcelanato. *Cerâmica Industrial*, v. 06, n 03, p. 18-25, maio/junho, 2001.
- 36 – CAVALCANTE, P.M.T.; DONDI, M.; GUARINI, G.; MELANDRI, C.; RAIMONDO, M.; ZANELLI, C. e ALMENDRA, E.R. Fatores Chaves na Resistência a Abrasão de Pisos de Gres Porcelanato. *Cerâmica Industrial*, v. 08, n 05/06, p. 21-27, setembro/dezembro, 2003.
- 37 – AMORÓS, J.L.; MALLOL, J.G.; MEZAUITA, A.; LLORENS, D.; LOPES, F.C.; CERISUELO, J.A. e VARGAS, M. Melhoria da Estabilidade Dimensional de Peças de Gres

Porcelanato Através da Medida Contínua da Umidade dos Supores Prensados. Cerâmica Industrial, v. 09, n 02, p. 06-15, março/abril, 2004.

38 – MENEGAZZO, A.P.M.; PASCHOAL, J.O.A.; ANDRADE, A.M.; CARVALHO, J.C. e GOUVÊA, D. Avaliação da Resistência Mecânica e Módulo de Weibull de Produtos Tipo Gres Porcelanato e Granito. Cerâmica Industrial, v. 07, n 01, p. 24-33, janeiro/fevereiro, 2002.

39 – AMORÓS, J.L. A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial – Parte I: O Preenchimento das Cavidades do Molde. Cerâmica Industrial, v. 05, n 05, p. 23-28, setembro/outubro, 2000.

40 – AKIYOSHI, M. M.; SILVA, A. P.; SILVA, M. G. e PANDOLFELLI, V.C. Correlation between thermal conductivity, temperature and bulk density for fireclay and alumina refractories. Cerâmica, v.47, n 301, p 21-27, Janeiro/fevereiro /março, 2001.

41 – PARKER, W.J.; JENKINS, R.J.; BUTLER,C.P.; ABBOTT, G.L. Flash Method of Determining Thermal Diffusivity, Heat Capacity and Thermal Conductivity. Journal of Applied Physics, v. 32, n 9, 1961.

42 – FERREIRA, R. A. N.; MIRANDA, O.; NETO, A. D.; GROSSI, P. A.; MARTINS, G. A. S. REIS, S. C.; ALENCAR, D. A.; SOARES FILHO, J. G.; LOPES, C.C. e PINHO, M. G. Implantação no CDTN de Laboratório de Medição de Propriedades Termofísicas de Combustíveis Nucleares e Materiais Através do Método do Flash de Laser. Anais do XIII ENFIR – Encontro Nacional de Física de Reatores e Termohidráulica, INAC 2002 – International Nuclear Atlantic Conference. Rio de Janeiro, 11 a 16 de agosto de 2002.

43 – ASTM E 1461 Standard Test Method for Thermal Diffusivity of Solids by the Flash Method, Philadelphia, PA, 1992.

44 – FERREIRA, R. A. Modelo para o Comportamento de Microesferas de Combustível de Tório e Urânio na Peletização. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2000.

- 45 – DÖRR, W.; ASSAMANN, H.; MAIER, G. e STEVEN, J. Bestimmung der Dichte, Offenen Porosität, Porengrößenverteilung und Spezifischen Oberfläche Von  $UO_2$  – Tabletten. Journal of Nuclear Materials. N. 81, pag 135-141. 1979.
- 46 – BHADESHIA, H. K. D. Differential Scanning Calorimetry. 9 páginas. Apostila. Materials Science & Metallurgy Dep. – University of Cambridge. Disponível em: <[www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2002/Thermal2.pdf](http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2002/Thermal2.pdf)>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2005.
- 47 – SCHNITZLER, E.; KOBELNIK, M.; SOTELO, G. F. C.; BANNACH, G. e IONASHIRO, M. Thermoanalytical Study of Purine Derivatives Compounds. Química Eclética, São paulo, vol. 29, n. 1, 71-78, 2004.
- 48 – INCROPERA, F. P. e DEWITT, D. P. Fundamentos de Transferência de Calor e Massa. 3ª edição. Rio de Janeiro. Ed Guanabara Kooga Ltda, 1992.
- 49 – KREITH, F. Princípios da Transmissão de Calor. 3ª Edição, Editora Edgard Blücher, Ltda São Paulo, 1997.
- 50 – RESNICK, R. e HALLIDAY, D. Física 2. 4ª Edição, Editora Livros Técnicos e Científicos, São Paulo, 1984.

## **Anexo 1**

### **Resultados dos Ensaaios**

**PROTOCOLO**  
**MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS**  
**METODO DO FLASH DE LASER**

Número do Ensaio: AA329 (Quantificação Manual)  
 Data: 13/12/2004  
 Equipe: Ricardo Ferreira, Alberto Mól

**Dados da Amostra**

Material: Porcelanato	Densidade: Kg/m <sup>3</sup>
Espessura: 0,004000 m	Diâmetro: 0,008000 m
Cliente: CDTN/CNEN - CT1	
Finalidade: Tese de Mestrado do Alberto Mól	

**Dados do Ensaio**

Potência do Laser:		W	
Tempo do Pulso:		s	
Temperatura Ambiente ( $T_{amb}$ ):	24,09	°C	
Temperatura Inicial da Amostra ( $T_i$ ):	24,05	°C	
Temperatura Final da Amostra ( $T_M$ ):	24,93	°C	
Temperatura Média ( $T_M/2$ ):	24,49	°C	
Temperatura Efetiva ( $T_{ef}$ ):	25,46	°C	
Tempo de meia excursão ( $t_{1/2}$ ):	2,7450	s	
Difusividade Térmica ( $\alpha_{t_{1/2}}$ ):	0,8091	*10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	
Intercepto da reta extrapolada ( $t_x$ ):		s	
Difusividade Térmica ( $\alpha_{t_x}$ ):		*10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	
Calor Específico ( $c_p$ ):	#DIV/0!	J / kg.K	$\epsilon = \alpha_{abs} = 0,95$
Quantidade de Calor (Q):	0,00	J/m <sup>2</sup>	
Condutividade Térmica ( $\lambda$ ):	#DIV/0!	W/m.K	

**Excursão de Temperatura na face oposta**





**PROTOCOLO**  
**MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS**  
**MÉTODO DO FLASH DE LASER**

Número do Ensaio: AA330 (Quantificação Manual)  
 Data: 13/12/2004  
 Equipe: Ricardo Ferreira, Alberto Mól

**Dados da Amostra**

Material: Porcelanato	Densidade: Kg/m <sup>3</sup>
Espessura: 0,004000 m	Diâmetro: 0,008000 m
Cliente: CDTN/CNEN - CT1	
Finalidade: Tese de Mestrado do Alberto Mól	

**Dados do Ensaio**

Potência do Laser:		W	
Tempo do Pulso:	0,020	s	
Temperatura Ambiente ( $T_{amb}$ ):	24,84	°C	
Temperatura Inicial da Amostra ( $T_i$ ):	24,83	°C	
Temperatura Final da Amostra ( $T_M$ ):	25,02	°C	
Temperatura Média ( $T_M/2$ ):	24,93	°C	
Temperatura Efetiva ( $T_{ef}$ ):	25,13	°C	
Tempo de meia excursão ( $t_{1/2}$ ):	2,7650	s	
Difusividade Térmica ( $\alpha_{t1/2}$ ):	0,8032	*10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	
Intercepto da reta extrapolada ( $t_x$ ):		s	
Difusividade Térmica ( $\alpha_{t_x}$ ):	#DIV/0!	*10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	
Calor Específico ( $c_p$ ):	#DIV/0!	J / kg.K	$\epsilon = \alpha_{abs} = 0,95$
Quantidade de Calor (Q):	0,00	J/m <sup>2</sup>	
Condutividade Térmica ( $\lambda$ ):	#DIV/0!	W/m.K	

**Excursão de Temperatura na face oposta**



**PROTOCOLO**  
**MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS**  
**METODO DO FLASH DE LASER**

Número do Ensaio: AA331 (Quantificação Manual)  
 Data: 15/12/2004  
 Equipe: Ricardo Ferreira, Alberto Mól

**Dados da Amostra**

Material: Porcelanato	Densidade: Kg/m <sup>3</sup>
Espessura: 0,004000 m	Diâmetro: 0,008000 m
Cliente: CDTN/CNEN - CT1	
Finalidade: Tese de Mestrado do Alberto Mól	

**Dados do Ensaio**

Potência do Laser:		W	
Tempo do Pulso:	0,100	s	
Temperatura Ambiente ( $T_{amb}$ ):	25,08	°C	
Temperatura Inicial da Amostra ( $T_i$ ):	24,95	°C	
Temperatura Final da Amostra ( $T_M$ ):	25,17	°C	
Temperatura Média ( $T_{M/2}$ ):	25,06	°C	
Temperatura Efetiva ( $T_{ef}$ ):	25,30	°C	
Tempo de meia excursão ( $t_{1/2}$ ):	2,8450	s	
Difusividade Térmica ( $\alpha_{t_{1/2}}$ ):	0,7807	$\cdot 10^6 m^2/s$	
Intercepto da reta extrapolada ( $t_x$ ):	#DIV/0!	s	
Difusividade Térmica ( $\alpha_{t_x}$ ):	#DIV/0!	$\cdot 10^6 m^2/s$	
Calor Específico ( $c_p$ ):	#DIV/0!	J / kg.K	$\epsilon = \alpha_{abs} = 0,3$
Quantidade de Calor (Q):	0,00	J/m <sup>2</sup>	
Condutividade Térmica ( $\lambda$ ):	#DIV/0!	W/m.K	

**Excursão de Temperatura na face oposta**



**PROTOCOLO**  
**MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS**  
**METODO DO FLASH DE LASER**

Número do Ensaio: AA332 (Quantificação Manual)  
 Data: 15/12/2004  
 Equipe: Ricardo Ferreira, Alberto Mól

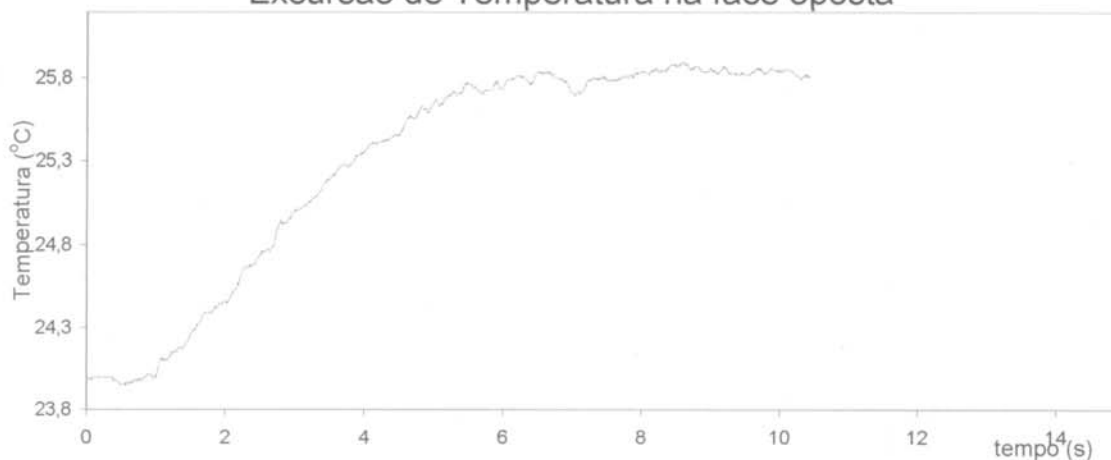
**Dados da Amostra**

Material: Porcelanato	Densidade: Kg/m <sup>3</sup>
Espessura: 0,004000 m	Diâmetro: 0,008000 m
Cliente: CDTN/CNEN - CT1	
Finalidade: Tese de Mestrado do Alberto Mól	

**Dados do Ensaio**

Potência do Laser:		W	
Tempo do Pulso:	0,015	s	
Temperatura Ambiente (T <sub>amb</sub> ):	24,00	°C	
Temperatura Inicial da Amostra (T <sub>i</sub> ):	23,95	°C	
Temperatura Final da Amostra (T <sub>M</sub> ):	24,46	°C	
Temperatura Média (T <sub>M</sub> /2):	24,21	°C	
Temperatura Efetiva (T <sub>ef</sub> ):	24,77	°C	
Tempo de meia excursão (t <sub>1/2</sub> ):	2,7700	s	
Difusividade Térmica (α <sub>t1/2</sub> ):	0,8018	*10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	
Intercepto da reta extrapolada (t <sub>x</sub> ):		s	
Difusividade Térmica (α <sub>t<sub>x</sub></sub> ):		*10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	
Calor Específico (c <sub>p</sub> ):	#DIV/0!	J / kg.K	ε=α <sub>abs</sub> = 0,95
Quantidade de Calor (Q):	0,00	J/m <sup>2</sup>	
Condutividade Térmica (λ):	#DIV/0!	W/m.K	

**Excursão de Temperatura na face oposta**



**PROTOCOLO**  
**MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS**  
**METODO DO FLASH DE LASER**

Número do Ensaio: AA333 (Quantificação Manual)  
 Data: 17/123/2004  
 Equipe: Ricardo Ferreira, Alberto Mól

**Dados da Amostra**

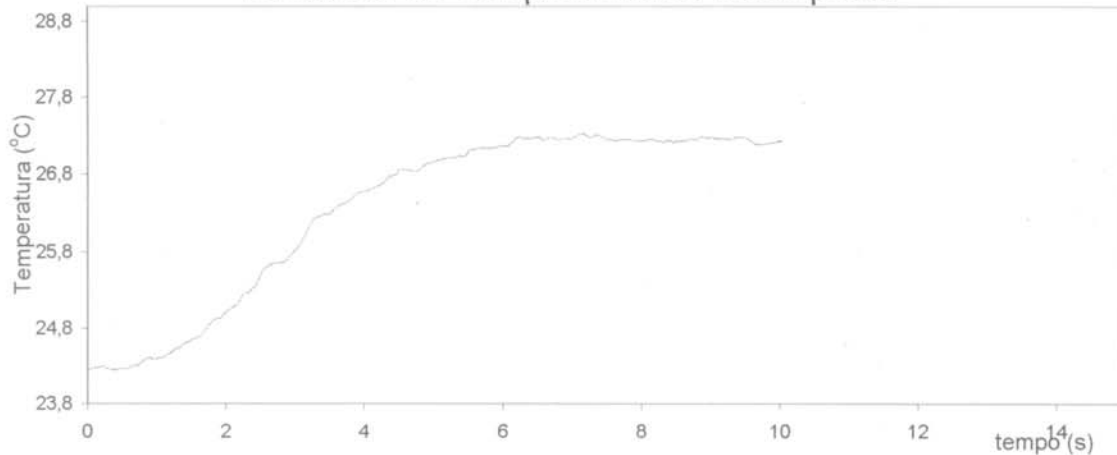
Material: Porcelanato	Densidade: Kg/m <sup>3</sup>
Espessura: 0,004000 m	Diâmetro: 0,008000 m

Cliente: CDTN/CNEN - CT1  
 Finalidade: Tese de Mestrado do Alberto Mól

**Dados do Ensaio**

Potência do Laser:		W	
Tempo do Pulso:	0,100	s	
Temperatura Ambiente ( $T_{amb}$ ):	24,26	°C	
Temperatura Inicial da Amostra ( $T_i$ ):	24,24	°C	
Temperatura Final da Amostra ( $T_M$ ):	25,00	°C	
Temperatura Média ( $T_M/2$ ):	24,62	°C	
Temperatura Efetiva ( $T_{ef}$ ):	25,46	°C	
Tempo de meia excursão ( $t_{1/2}$ ):	2,9800	s	
Difusividade Térmica ( $\alpha_{t_{1/2}}$ ):	0,7453	*10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	
Intercepto da reta extrapolada ( $t_x$ ):	#DIV/0!	s	
Difusividade Térmica ( $\alpha_{t_x}$ ):	#DIV/0!	*10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> /s	
Calor Específico ( $c_p$ ):	#DIV/0!	J / kg.K	$\epsilon = \alpha_{abs} = 0,95$
Quantidade de Calor (Q):	0,00	J/m <sup>2</sup>	
Condutividade Térmica ( $\lambda$ ):	#DIV/0!	W/m.K	

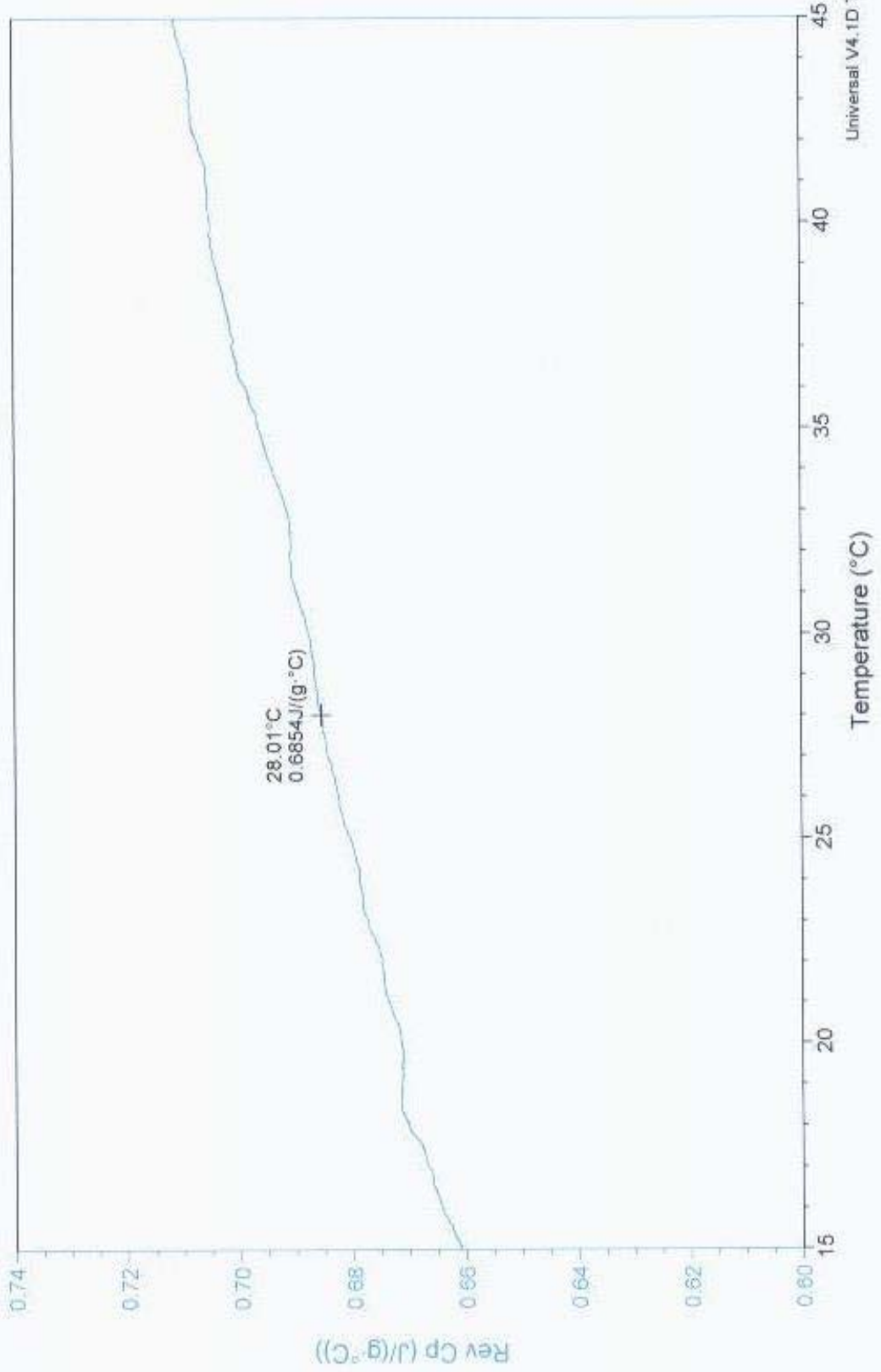
**Excursão de Temperatura na face oposta**



File: C:\USUÁRIOS\alexandre\porcelanato.001  
Operator: Alexandre  
Run Date: 10-Feb-2005 17:34  
Instrument: 2920 MDSC V2.6A

### DSC

Sample: porcelanato  
Size: 12.5000 mg  
Method: glaura  
Comment: medida



**CNEN** - Comissão Nacional de Energia Nuclear  
**CDTN** - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

<b>CERTIFICADO DE ANÁLISE</b>	NÚMERO: <b>EC4E00/2005</b>	PÁGINA: 1/2
CLIENTE / SOLICITANTE: UFOP / Alberto Mól	REFERÊNCIA / PROCEDÊNCIA: Propriedades Térmicas de Porcelanato / CECRISA	
MATERIAL RECEBIDO: 01 amostra (porcelanato)	SERVIÇO SOLICITADO: Identificação de fases cristalinas	
MÉTODO ANALÍTICO: Difratometria de raios X		

Amostra	Fase Cristalina Identificada		
	Predominante (>80%)	Menor (<10%)	Minoritária (<3%)
CECRISA*	Quartzo (SiO <sub>2</sub> ) Zircão (ZrSiO <sub>4</sub> )	Albita (NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ) Cianita (Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> ) Sillimanita (Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> )	Cristobalita (SiO <sub>2</sub> )

CECRISA\*: Cerâmica Criciúma S. A.

♦ **OBSERVAÇÕES:**

- Esta análise faz parte do projeto de dissertação de mestrado sobre o tema Levantamento das Propriedades Térmicas de Porcelanato Visando sua Aplicação em Utensílios de Cocção (panelas) – Alberto Mól (Mestrando em Engenharia de Materiais – Redemat – UFOP/CETEC/UEMG – [www.redemat.ufop.br](http://www.redemat.ufop.br)).
- Técnica analítica utilizada:
  - Difratometria de raios X pelo método do pó, empregando-se um difratômetro de raios X de fabricação Rigaku, modelo Geigerflex, semi-automático e tubo de raios X de cobre; análise efetuada em amostra tal qual (total).
  - Condições de operação do difratômetro de raios X: fator de escala ( $8 \times 10^3$ ), constante de tempo (0,5s), velocidade do registrador (40mm/mim), velocidade do goniômetro ( $8^\circ 2\theta/\text{min}$ ), intensidade de corrente ( $30\text{mA}^0$ ) e tensão (40KV).
  - Identificação das fases minerais foi obtida por comparação do difratograma de raios X das amostras com o banco de dados da ICDD – International Center for Diffraction Data / Joint Committee on Powder Diffraction Standards – JCPDS (Sets 01 – 50;2000).

Rua Prof. Mário Werneck, s/nº  
 Cidade Universitária – Pampulha – C.Postal: 941  
 30123-970 Belo Horizonte – MG – Brasil

Telefone: (0xx31) 499-3367  
 Facsimile: (0xx31) 499-3260  
 CGC: 00.402.552/0012-89 - Insc. Est.: Isento

e-mail: [camaraf@urano.cdtm.br](mailto:camaraf@urano.cdtm.br)  
[rpgm@urano.cdtm.br](mailto:rpgm@urano.cdtm.br)  
 Internet: <http://urano.cdtm.br>

**CNEN** - Comissão Nacional de Energia Nuclear  
**CDTN** - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

<b>CERTIFICADO DE ANÁLISE</b>	NÚMERO: <b>EC4E00/2005</b>	PÁGINA: 2/2
-------------------------------	-------------------------------	----------------

**3. Trabalhos efetuados:**

- preparação de 01 lâmina difratométrica, obtenção e identificação do respectivo difratograma de raios X;
- determinação de 06 fases cristalinas na preparação supracitada.

4. O difratograma de raios X da amostra indica uma quantidade significativa de fase amorfa provavelmente relacionada à sílica. Essa fase amorfa pode ser avaliada com o tratamento térmico à temperaturas acima de 1100<sup>0</sup>C e pesquisando-se a formação de cristobalita (SiO<sub>2</sub>) e tridmita (SiO<sub>2</sub>).

5. A representatividade da amostra é de responsabilidade do solicitante.

6. Em anexo, os difratogramas de raios X da amostra analisada confeccionados nas versões digital e papel gráfico.

Belo Horizonte, 25 de fevereiro de 2005.

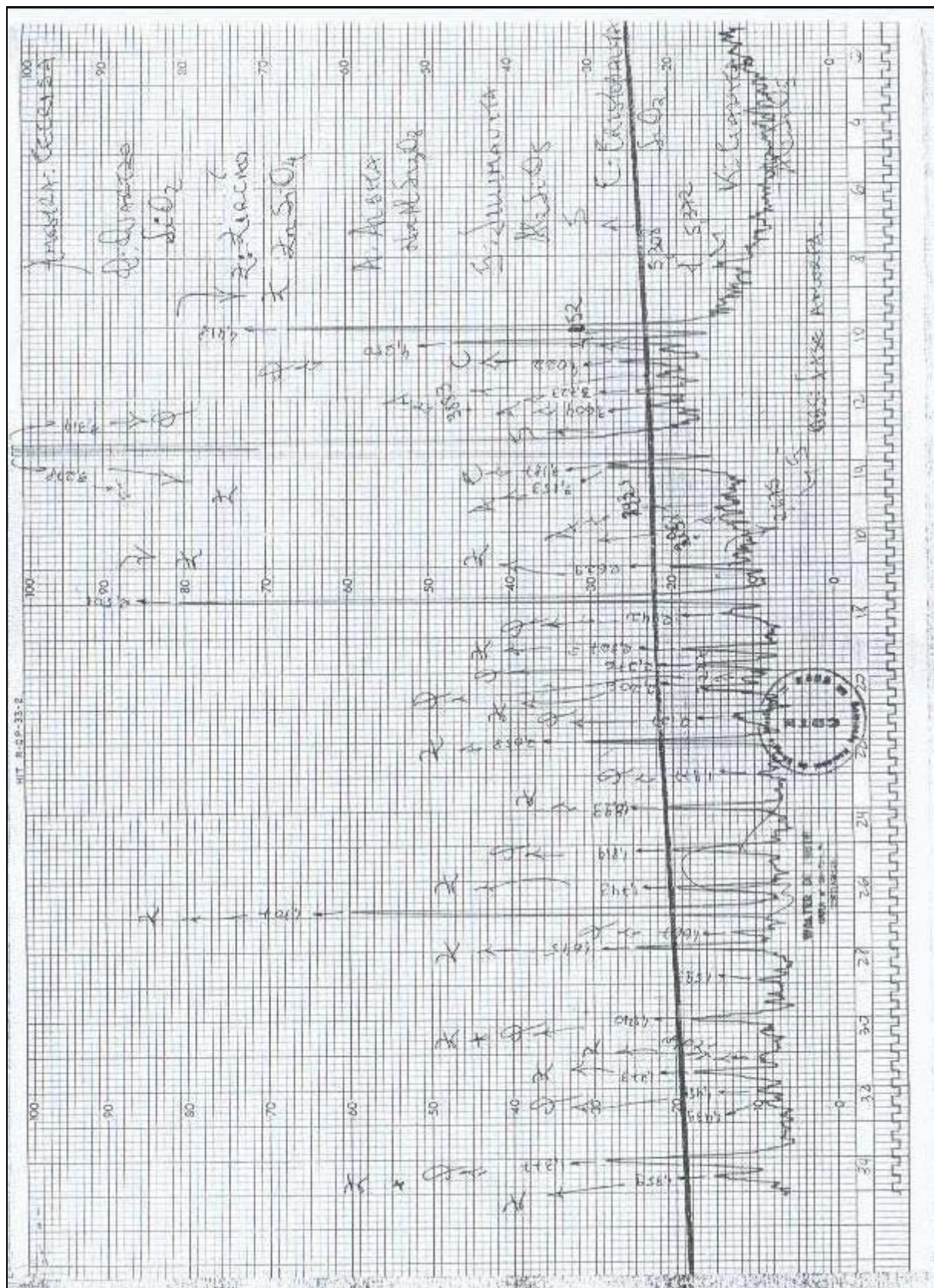
Geol. Walter de Brito  
CREA 12585/78  
Executor e Responsável Técnico

**EC4 - SERVIÇO DE TECNOLOGIA MINERAL**

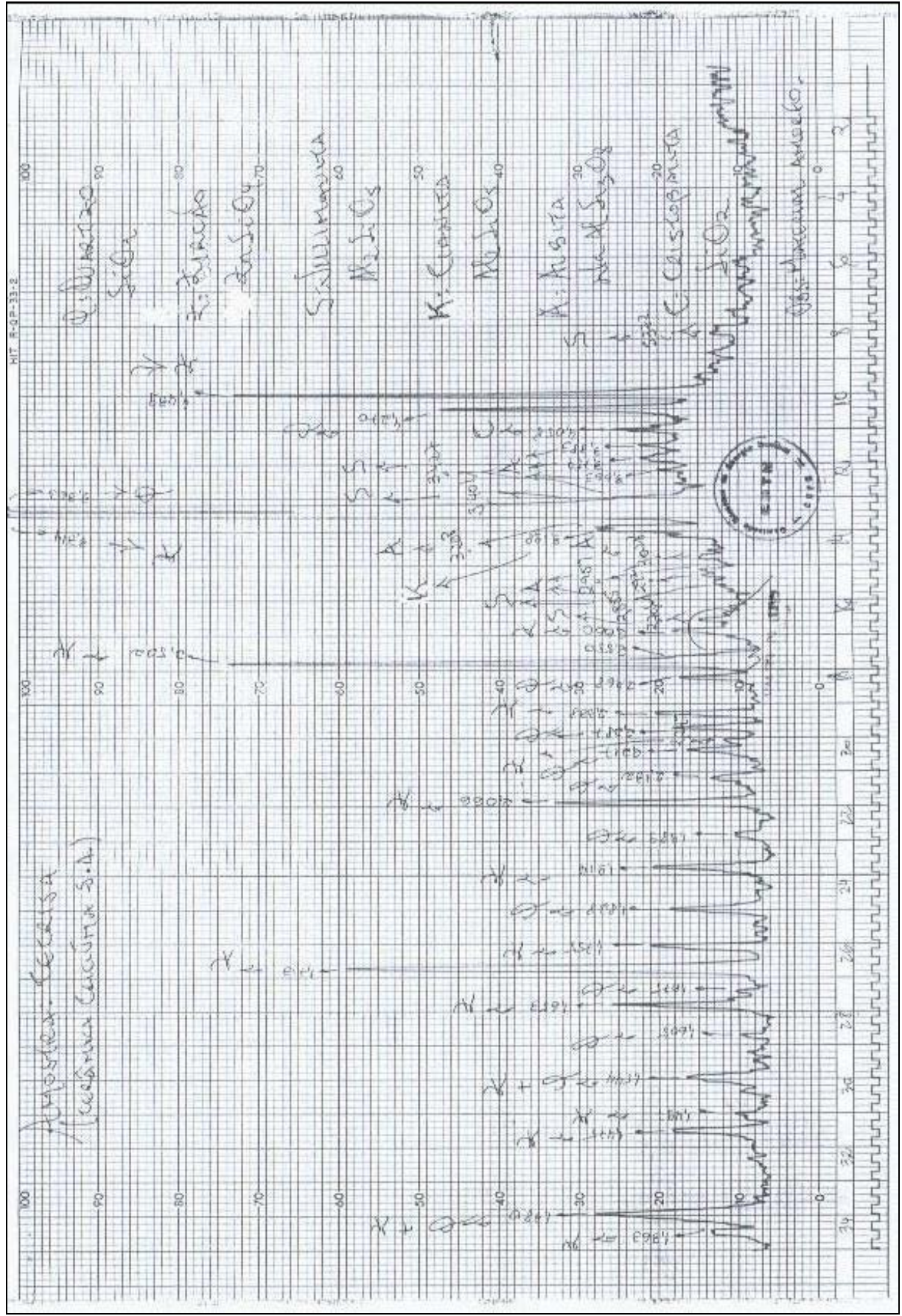
Rua Prof. Mário Wernick, s/nº  
Cidade Universitária - Pampulha - C. Postal: 941  
30123-970 Belo Horizonte - MG - Brasil

Telefone: (0xx31) 499-3367  
Facsimile: (0xx31) 499-3260  
C.G.C.: 00.402.552/0012-89 - Insc. Est.: Isento

e-mail: [camaraf@urano.cdtm.br](mailto:camaraf@urano.cdtm.br)  
[rpqm@urano.cdtm.br](mailto:rpqm@urano.cdtm.br)  
Internet: <http://urano.cdtm.br>







## Anexo 2

### Patentes e Modelos Industriais

Encontram-se depositados no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) os seguintes pedidos de patente:

Pedido: PI0006336

Data: 05/12/00

Título: Wok

Resumo: Patente de Invenção: "WOK". Um utensílio de cozinha (wok) possuindo uma bacia de aço inoxidável à qual está fixada uma base de aquecimento. Embutido em tal base de aquecimento há um elemento elétrico de aquecimento. A bacia é fabricada de aço inoxidável e possui uma modalidade arqueada.

Pedido: MU780020

Pedido: MU7901415

Data: 27/07/99

Título: Conjunto de cesta frigideira.

Resumo: Modelo de Utilidade: "CONJUNTO DE CESTA FRIGIDEIRA". Conjunto de cesta frigideira formado por um segurador, uma cesta propriamente dita e um suporte escoador que permite sua colocação dentro de uma caçarola doméstica para fritar os alimentos com a tampa colocada e permite situar o conjunto em uma posição centrada de escoamento do óleo ou gordura dentro da caçarola, de maneira a manter sua temperatura e facilitar a manobra de colocação e retirada e proteger, por sua vez, as paredes internas da caçarola.

Data: 06/02/98

Título: Disposição introduzida em frigideira e similares.

Resumo: "DISPOSIÇÃO INTRODUZIDA EM FRIGIDEIRA E SIMILARES". Refere-se o presente modelo a uma inédita frigideira provida de paredes divisórias internas, formando três ou mais compartimentos, permitindo a fritura ou aquecimento de alguns alimentos variados ao mesmo tempo.

Pedido: MU7603004

Data: 04/10/96

Titulo: Disposição proporcionada a utensílios de cozinha em geral, especialmente panelas, caçarolas e vasilhames congêneres.

Resumo: Patente de Modelo de Utilidade de "DISPOSIÇÃO PROPORCIONADA A UTENSÍLIOS DE COZINHA EM GERAL, ESPECIALMENTE, PANELAS, CAÇAROLAS E VASILHAMES CONGÊNERES", compreendendo a produção de vasilhames com duplas paredes, resultando um vasilhame interno e outro externo delimitando câmara de ar entre eles, tanto nas laterais quanto no fundo, tendo o fundo do vasilhame externo sulcos que efetivam aletas na face interna, sendo o conjunto, no bordo superior, guarnecido por selo autógeno permanente, e sendo dita câmara parcialmente ocupada por volume de fluído térmico de alta condutibilidade, proporcionando temperatura uniforme para o cozimento dos alimentos neles colocados.

Pedido: PI9303481

Data: 25/08/93

Titulo: Aparelho para facilitar a agitação de um vasilhame "wok" para revirar alimentos.

Resumo: APARELHO PARA FACILITAR A AGITAÇÃO DE UM VASILHAME "WOK" da culinária chinesa para revirar o alimento nele contido, que essencialmente compreende uma armação de suporte, um vasilhame "wok" e dispositivos facilitadores de agitação. A armação de suporte substancialmente consiste em um corpo principal, dispositivos posicionadores e dispositivos de conexão para posicionar o corpo principal e conectar o "wok" e os dispositivos facilitadores de agitação com a armação de suporte. Os dispositivos facilitadores de agitação compreendem pelo menos um elemento elástico. Os elementos elásticos podem ser substituídos por um sistema hidráulico. Com o emprego dos elementos elásticos ou do mecanismo hidráulico, é assegurada a fácil agitação de um vasilhame "wok" para revirar o alimento.

Pedido: MU7300384

Data: 16/03/93

Titulo: Wok de aquecimento por indução eletromagnética com resfriamento a água.

Resumo: WOK DE AQUECIMENTO POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM RESFRIAMENTO A ÁGUA compreendendo uma unidade de controle de força que se liga à saída de força, uma bobina indutora composta de um tubo oco espiralado para ligar-se à unidade de controle de força, o qual está cheio de água fria, um sistema de resfriamento a água cíclico ligando-se à saída da bobina indutora, e um aparelho supridor d'água incluindo um tanque de armazenagem conectando-se ao sistema de resfriamento a água cíclico e uma bomba ligando-se à entrada da bobina indutora, respectivamente.

Pedido: MU7201468

Data: 11/09/92

Título: Disposição construtiva em frigideira

Resumo: Trata o presente pedido de uma nova disposição construtiva em frigideira, que apresenta características próprias, como tampa circular com abertura central e cabo em haste retilínea, além do fundo conformado por saliências côncavas, que evitam a aderência dos alimentos produzindo um novo efeito técnico, que melhora a utilização do utensílio. Em linhas gerais o modelo compreende um corpo circular de laterais arqueadas (1), provido de bordo em ressalto circundante e encaixante (2), cabo em haste encurvada com prolongamento retilíneo (3), tampa circular abaulada com bordo em ressalto circundante e encaixante (4). provida de abertura central circular (5) e cabo em haste retilínea (6), estando previsto fundo conformado por saliências côncavas (7).