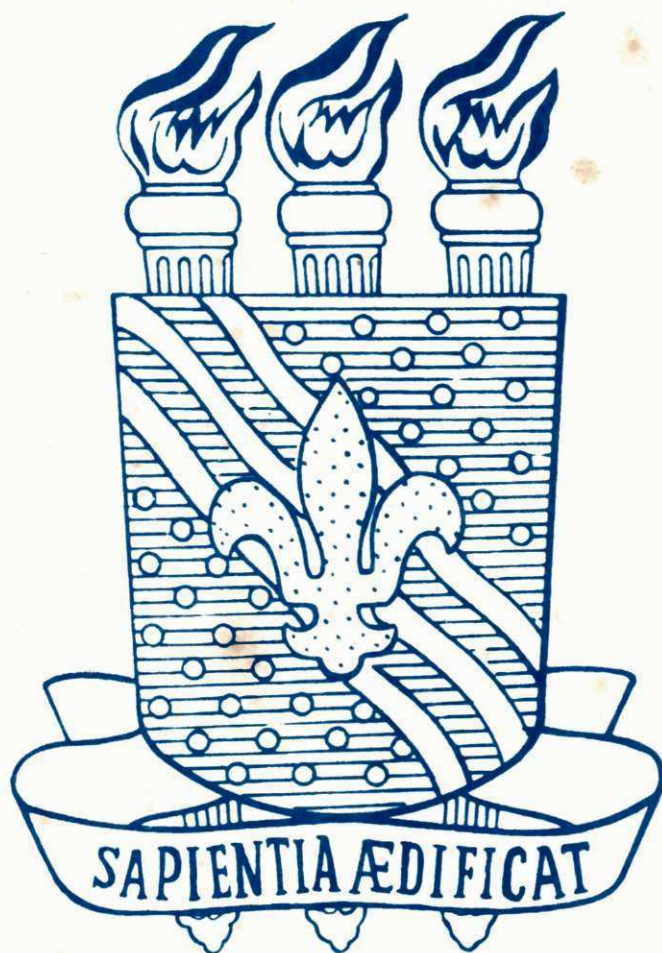


# Universidade Federal da Paraíba

PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA



ESTÁGIO SUPERVISIONADO

CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

PROFESSOR ORIENTADOR. PROF.<sup>a</sup> LÍGIA MARIA CAMPOS ASSUNÇÃO

ALUNA. ANA CRISTINA FIGUEIREDEO DE MELO

MATRÍCULA. 8411233-5

AV. APRIGIO VELOSO, 882 - BODOCONGO 58.100 - CAMPINA GRANDE - PARAÍBA  
FONE (083)321-7222 - RAMAL 430 431 - CX : 10057

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

RELATÓRIO FINAL  
ESTÁGIO SUPERVISIONADO

TRABALHO APRESENTADO POR:  
ANA CRISTINA FIGUEIREDO DE MELO  
MATRÍCULA: 84112233-5

LOCAL DE ESTÁGIO: THOMSON COMPONENTES DA AMAZÔNIA Ltda.  
ORIENTADOR (a): LÍGIA MARIA CAMPOS ASSUNÇÃO  
SUPERVISOR NA EMPRESA: LUIZ RICARDO DA CUNHA  
NOME DO TRABALHO: PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS  
DIELÉTRICOS DE BÁRIO.

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA  
DEZEMBRO DE 1990



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

ESTÁGIO SUPERVISIONADO - JULGADO EM 03/01/1991

NOTA: Dez (10,0)

Indiscreta

EXAMINADORES

Ligia Maria Campos Assunção

Helô de Luciana Lima

Maria do Socorro de Lacerda

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

DEZEMBRO/1990



**DA AMAZONIA**

S/REF.

N/REF.

**D E C L A R A Ç Ã O**

Declaramos para os devidos fins que, a senhorita ANA CRISTINA FIGUEIRÊDO DE MELO, portadora da CTPS nº 15566, Série 00010-PB, estagiou nesta Empresa no período de 14 de maio de 1990 à 13 de novembro de 1990, junto ao Departamento de Dielétrico de Bário (CERÂMICA).

O Estágio foi desenvolvido no horário de 08:00 às 17:30 hs, com intervalo de 01 (uma) hora para refeição e descanso. Não existindo nada em nossos arquivos que desabone sua conduta moral e profissional.

Manaus/AM, 13 de novembro de 1990.

THOMSON  
COMPONENTES DA AMAZONIA LTDA.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por dar forças e iluminar todos os caminhos da minha vida.

Aos meus pais e irmãos que sempre ajudaram e incentivaram para o conquista dos meus ideais.

A coordenadora de estágio supervisionado, professora ELÍDA EDUARDA FAMÁ que juntamente com a empresa Thomson abriu espaço para a realização deste trabalho.

Ao orientador da empresa, gerente geral de produção Luiz Ricardo da Cunha pelo incentivo e confiança na realização deste trabalho.

A professora Ligia Campos, pela atenção e orientação prestadas.

Meus agradecimentos a empresa Thomson Componentes da Amazônia Ltda, juntamente com todos os funcionarios do setor de Dielétrico de Bário e especialmente ao supervisor de produção, Valdery Leorcadio Sobrinho, pelo apoio, compreensão, amizade e auxílio prestados.

Aos amigos, colegas e professores e todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido durante o período de estágio supervisionado na Thomson Componentes da Amazônia Ltda, no setor de Dielétrico de Bário, com o objetivo de integrar a teoria à prática, de forma a promover melhorias no processo de produção dos dielétricos, assim como treinar e aperfeiçoar o engenheiro de produção com os conhecimentos técnicos.

O estágio consistiu em levantamento bibliográfico, supervisão e controle do processo produtivo, além de um treinamento administrativo no setor de Dielétrico de Bário.

Durante o controle do processo, de fabricação dos dielétricos, a principal preocupação é produzir peças livres de imperfeições, tais como; aderência superficial, empenamentos, bordas quebrada, estabilidade dimensional e outros.

Para a obtenção de peças em perfeitas condições necessita-se que os três fatores, equipamentos, operador e matéria-prima sejam controlados e inspecionados constantemente.



## A B S T R A C T

iii

This work was developed during the professional training Thomson Componentes Amazônia Ltda, with the objective to integrate the theory the experimental work, in order to improve the baryum dielectric production as well as to teaching the engineering of the production through the knowledge technical.

During the training was done a review in the literature, one supervision and control in the production process and also an administrative training in the dielectric of the baryum sector.

For the process control of the production of dielectrics, the main point is to obtain componentes free of the defects, as following; superficial adherency, bending, breaking boards, stability, dimensional, and others.

In order to obtain the componentes in the best conditions it is necessary to inspect hourly the material, operator and the equipments.



# Í N D I C E

	Página
I - INTRODUÇÃO . . .	1
II - FUNDAMENTOS TEÓRICOS . . .	3
2.1. Capacitor Cerâmico . . .	3
2.1.1. Definição . . .	3
2.1.2. Características . . .	3
2.2. Cerâmica . . .	5
2.2.1. Definição . . .	5
2.2.2. Formação dos materiais cerâmicos . . .	5
2.2.3. Funcionamento como dielétrico . . .	6
2.3. Classes de Temperatura . . .	11
2.3.1. Classe I . . .	11
2.3.2. Classe II . . .	13
2.3.3. Classe III . . .	15
2.4. Titanato de Bário . . .	19
III- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS DIELÉTRICOS DE BÁRIO . . .	21
3.1. Materia Prima . . .	22
3.2. Prensagem a sêco . . .	22
3.2.1. Definição do processo . . .	22
3.2.2. Prensa . . .	23
3.3. Encassetagem . . .	24
3.3.1. Encassetagem em pilha . . .	25
3.3.2. Encassetagem em fila . . .	25
3.3.3. Encassetagem a granel . . .	25
3.4. Sinterização . . .	25
3.4.1. Processo de sinterização . . .	25
3.4.2. Fornos túneis . . .	27
3.4.3. Fornos <u>solo</u> redução e sob re-oxidação . . .	27

	Página
3.5. Seleção Visual . . .	28
3.5.1. Processo de Seleção . . .	28
IV - DISCUSSÃO . . .	31
V - CONCLUSÃO . . .	33
VI - BIBLIOGRAFIA . . .	34
ANEXO I . . .	35
ANEXO 2 . . .	43

A Thomson componentes da Amazônia Ltda (TCCAM), situada no distrito industrial de Manaus, é de origem francesa e tem pouco mais de seis anos de fundação. Atualmente trabalha com três linhas de produção: 1) capacitores cerâmicos, 2) capacitores multicamadas (ships) e 3) varistores, sendo que as duas últimas linhas são apenas para montagem e testes das propriedades elétricas. O principal produto da empresa atualmente é o capacitor cerâmico.

A empresa encontra-se subdividida em quatro setores, que são: o setor Dielétrico de Bário (cerâmica) que constitui a fase inicial de todo o processo, nele são produzidos os discos cerâmicos crus e sinterizados (dielétrico); o setor de Montagem dos Discos Prateados (MAD), onde os discos cerâmicos sinterizados são transformados em capacitores, através da metalização de uma camada de prata sobre a superfície dos discos; o setor de Montagem dos Discos Soldados (MSD), que constitui a fase de soldagem dos terminais e acabamento dos discos; e por fim o setor de Teste Final que corresponde a última etapa do processo, onde os capacitores são testados eletricamente e embalados de acordo com a solicitação do cliente. Estes setores operam com uma meta de produção diária de 1.000.000 de peças/dia no setor de produto acabado - Teste Final, contando com 255 funcionários distribuídos em três turnos.

O trabalho desenvolvido para o estágio supervisionado foi realizado no setor de Dielétrico de Bário, com base na estrutura e tecnologia implantada pela empresa, e consistiu na supervisão e controle de todo o processo produtivo, desde a fase de cálculos para a obtenção dos discos cerâmicos prensados, até a seleção e entrega do disco cerâmico sinterizado (dielétrico).

A realização deste trabalho teve como objetivo o treinamento tanto técnico, como administrativo no setor de Dielétrico de Bário, tendo sido acompanhado e avaliado pelo gerente de produção, Engenheiro Luiz Ricardo da Cunha, no período de 14 de maio à 13 de novembro de 1990.

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. CAPACITOR CERÂMICO

2.1.1. DEFINIÇÃO: O capacitor cerâmico é definido como sendo o capacitor produzido a partir de óxidos metálicos sintetizados sob altas temperaturas.

2.1.2. CARACTERÍSTICAS: Segundo a norma técnica da ABNT NB-335-01 um capacitor cerâmico deve apresentar as seguintes características.

- Capacitância nominal: valor da capacitância indicada sobre o corpo do capacitor.

- Intervalo de temperatura da categoria: intervalo de temperatura ambiente para a qual o componente foi projetado para operação contínua.

- Temperatura superior/inferior da categoria: temperatura ambiente máxima/mínima para a qual o componente foi projetado para operação contínua.

- Tensão nominal ( $U_m$ ): tensão contínua máxima que pode ser aplicada de forma permanente aos terminais de um capacitor, a qualquer temperatura entre a temperatura inferior da categoria e a temperatura nominal.

- Temperatura nominal: temperatura ambiente máxima em que a tensão nominal pode ser aplicada.

- Tensão da categoria ( $U_c$ ): tensão contínua máxima que pode ser aplicada a um capacitor na temperatura superior da sua categoria.

- Tensão reduzida em função da temperatura: para uma temperatura entre a nominal e a superior da categoria, a tensão reduzida é a tensão máxima contínua ou alternada,

que pode ser aplicada continuamente aos terminais do ca  
pacitor.

- Relação de tensão transitória: relação entre a tensão instantânea máxima, que pode ser aplicada ao capacitor durante um período especificado, sob qualquer temperatura do intervalo de temperatura da categoria, e sua ten  
são nominal ou a reduzida apropriada.

- Tensão nominal de ondulação: valor eficaz da tensão al  
ternada máxima, de frequência especificada, superposta à tensão contínua, sob a qual o capacitor pode operar con  
tínuamente à temperatura especificada.

- Corrente nominal de ondulação: valor eficaz da corrente alternada máxima, de frequência especificada, sob a qual o capacitor pode operar continuamente à temperatura espe  
cificada.

- Constante de tempo: produto da resistência de isolamen  
to pela capacitância.

- Tangente do ângulo de perdas ( $\text{tg } \delta$ ): relação entre a potência dissipada e a potência reativa no capacitor, com tensão senoidal de frequência determinada.

- Auto-regeneração: fenômeno segundo, o qual as proprie  
dades elétricas de um capacitor, após a ocorrência de uma ruptura do dielétrico, são instantaneamente restaura  
das a valores próximos aos de antes da ruptura.

- Temperatura máxima/mínima de um capacitor: temperatura no ponto mais quente/frio da superfície externa do capa  
citor.

- Corrente de fuga: corrente de condução do capacitor quando a ele se aplica uma tensão contínua de valor con  
veniente.

- Resistência de isolamento: relação entre o valor da tensão contínua aplicada ao capacitor e a respectiva corrente de fuga.

- Coeficiente de temperatura: relação entre a variação relativa da capacitância ( $\Delta C/C$ ) e a variação da temperatura ( $\Delta t$ ), expressa em P.P.m./°C:

$$\text{coef. temp.} = \frac{\Delta C}{C} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (\text{P.P.m./}^\circ\text{C})$$

## 2.2. CERÂMICA

2.2.1. DEFINIÇÃO: Materiais cerâmicos são substâncias usualmente formados por compostos metálicos e não metálicos.

2.2.2. FORMAÇÃO DOS MATERIAIS CERÂMICOS: Durante vários anos os materiais cerâmicos foram utilizados como isolantes, graças a sua capacidade de trabalho sob condições severas, capacidade esta fundamentada no fato de que tais materiais são "curados" (ou "cozidos") em temperaturas superiores a 1200°C. Completamente inertes sob condições normais de emprego, podem suportar sua tensão de trabalho, bem como manter constante suas características físicas, por tempo indefinido.

As materias primas utilizadas para fabricação dos capacitores são, basicamente, os minerais naturais, encontrados repletos de impurezas.

Após a fase de "limpeza", os materiais são moídos até o estado de "pó", são misturados, comprimidos, à seco na forma de "bolachas" e calcinados em temperaturas inferiores à de fusão.

O material assim obtido, conhecido por "chamote", é novamente transformado em pó e misturado à elementos de ligação (cola, óleo, etc...), que conferem consistência à



mistura, agora chamada pasta.

Esta pasta, homogênea e resistente, é diretamente transformada então em dielétrico para capacitores, tanto por prensagem (moldagem) como por extrusão e colagem. Eventualmente estes dielétricos sofrem um processo de secagem rigorosamente controlado. Após eles são cozidos em fornos, sob atmosfera conveniente (em geral oxidante), e à temperatura entre 1200 à 1400°C, até obter-se a densidade suficiente para eliminar toda porosidade (1).

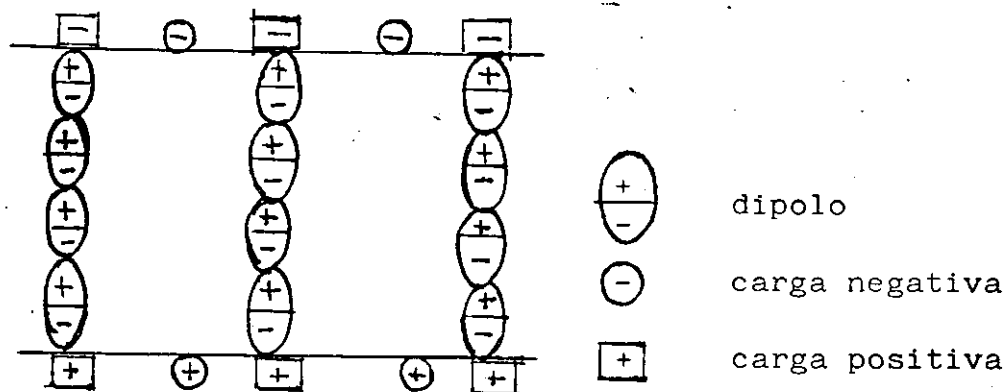
2.2.3. FUNCIONAMENTO COMO DIELÉTRICO: Para se compreender o funcionamento de um corpo cerâmico como dielétrico de um capacitor, devemos levar em consideração, alguns parâmetros importantes, que são:

#### POLARIZAÇÃO:

Todo capacitor, de dielétrico à ar, quando ligado à uma bateria, se carrega, de maneira que as cargas livres que aparecem sobre suas armaduras, produzem uma tensão igual e oposta à da bateria.

Se substituimos o dielétrico à ar por qualquer outro, algumas destas cargas livres são neutralizadas pelos potenciais das armaduras, ou seja pelas placas positivas e negativas do capacitor. Este efeito resulta do alinhamento dos dipolos elétricos sob a ação do campo entre as placas do capacitor. Este alinhamento provoca a formação de longas cadeias, carregadas negativa e positivamente nas extremidades opostas. A placa positiva do capacitor recobre então a extremidade negativa da cadeia e neutraliza algumas cargas desta cadeia, ocorrendo o mesmo na outra extremidade.

Como?



Sempre que temos o fenômeno de neutralização, há um aumento da capacidade pois:

$$\text{ar} \longrightarrow Q_0 = \epsilon_0 \cdot C \cdot V.$$

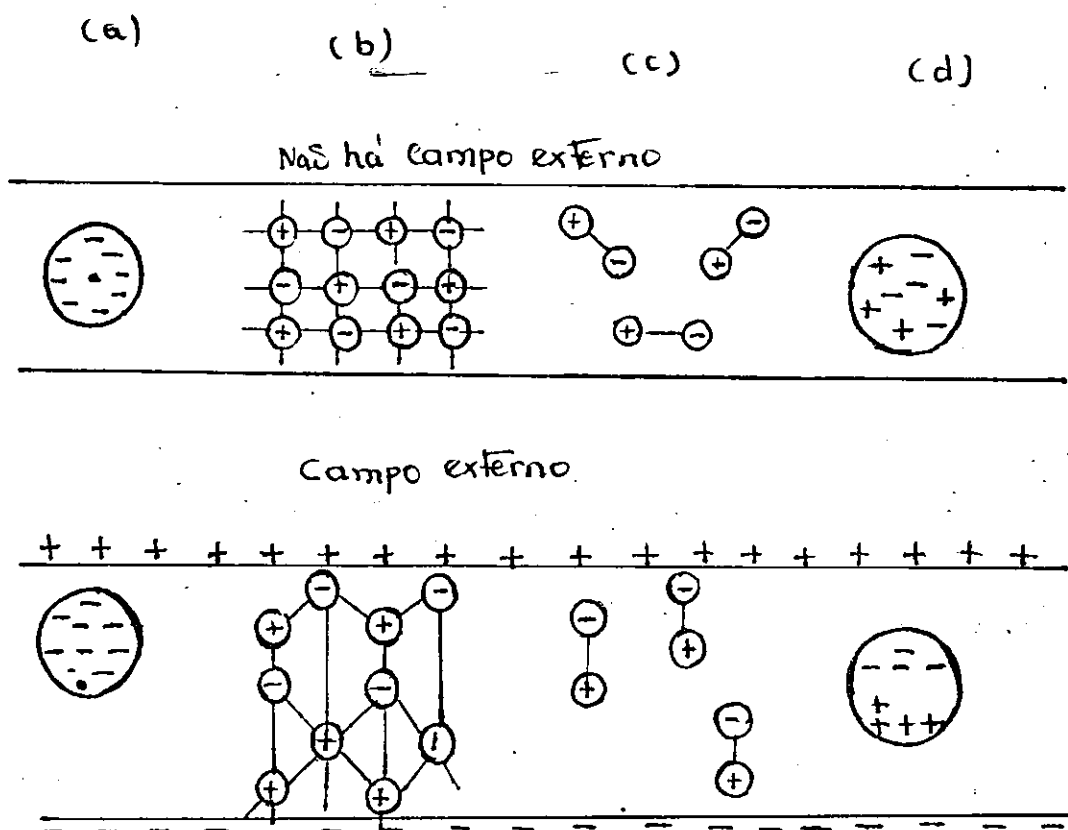
$$\epsilon_0 = 1$$

$$\text{qualquer dielétrico} \longrightarrow Q = \epsilon_r \cdot C \cdot V$$

$$\epsilon_r > \epsilon_0$$

O fenômeno acima é conhecido por "polarização dielétrica", e ocorre de maneira análoga à imantação nos materiais magnéticos. Assim sendo, existem materiais dielétricos que apresentam polarização espontânea e que, por analogia aos ferromagnéticos, são chamados "ferroelétricos" já os materiais com permeabilidade magnética fraca e positiva, os chamados "paramagnéticos", quando colocados sob um campo, adquirem imantação que desaparece desde que retirado este campo, os materiais dielétricos de comportamento semelhante são chamados "Para-elétricos".

Praticamente, todos os dielétricos são para-elétricos, exceto o vácuo que tem permeabilidade nula. Também não existem materiais dielétricos equivalentes aos diamagnéticos, isto é, os que possuem permeabilidade negativa (2).



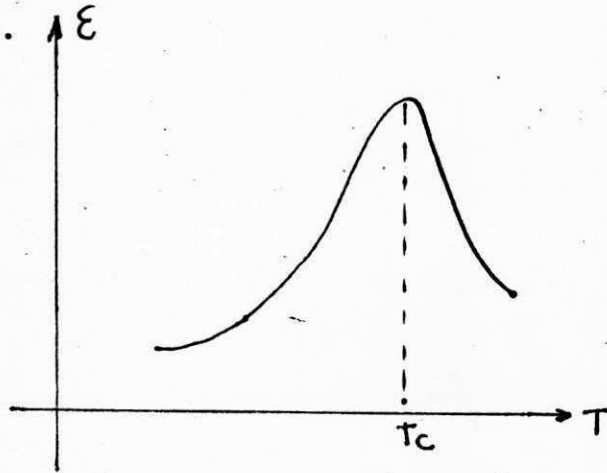
Mecanismos de polarização (esquema): (a) deslocamentos eletrônicos em torno dos átomos ou dos íons; (b) deslocamentos iônicos no interior das estruturas cristalinas; (c) orientação do dipolo; (d) carga espacial. Neste último caso quanto maior for a condutividade de uma fase, maior será o gradiente efetivo de potencial no interior da fase remanescente do dielétrico.

#### PONTO DE CURIE:

Todo material dielétrico bem como os magnéticos apresentam uma temperatura de transição, na qual sua estrutura atômica altera-se, tendo como consequência modificações das suas características eletro-magnéticas. Tal temperatura é chamada "ponto de Curie". O mecanismo que envolve estas mudanças ainda não está totalmente bem definido.

Quando um material cerâmico está em processo de resfriamento, na passagem pelo ponto de curie, ocorrem modificações físicas. A rede cristalina, que é cúbica em temperaturas maiores que a de curie, passa a ser quadrática (ou tetragonal). uma das arestas do cubo elementar se prolonga enquanto os outros dois se encolhem, a estrutura toda apresenta um ligeiro deslizamento entre os planos.

Temos também que na temperatura de curie os dielétricos apresentam o valor máximo de constante dielétrica. A curva abaixo esquematiza a variação da constante dielétrica em função da temperatura para um dielétrico genérico.



A ocorrência do valor máximo da constante dielétrica é facilmente explicável, visto que os íons, na temperatura de curie, estão exatamente para se deslocar da posição correspondente à polarização espontânea, e qualquer campo aplicado produzirá um deslizamento de planos muito grande, provocando grande alteração no momento dipolar o que implica diretamente no aumento da constante dielétrica.

A mudança estrutural do dielétrico, quando da passagem pelo ponto de Curie, nada mais é do que a inversão do "estado elétrico" deste, isto é, acima do Ponto de Curie o dielétrico tem um comportamento "para-elétri-

co", o que explica a não sensibilidade do dielétrico à campos externos, neste caso o alinhamento de cadeias não existe, passando a movimentação de cargas a ser feita exclusivamente por íons (movimentação iônica); e abaixo da temperatura de Curie os dielétricos tem comportamento "ferro-elétrico", onde aparecem efeitos de polarização instantânea e dependência de campo externo (2).

#### EFEITO DE HYSTERESE:

Os materiais com propriedades ferro-elétricos a temperatura ambiente não apresentam sua carga como uma função linear da tensão aplicada, mas como nos materiais ferro-magnéticos, é descrito um ciclo de Hysterese para a carga do dielétrico.

Para os ciclos de tensão de grande amplitude, a curva descrita na figura a seguir é ABCD. A energia dissipada neste ciclo é igual a área descrita pelo contorno, logo:

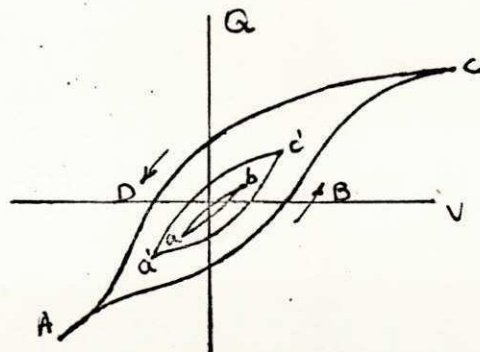
$$\int V.dQ.$$

V = tensão aplicada  
Q = carga

como consequência, para tensões alternadas elevadas, o capacitor apresentará uma elevada dissipação de energia, provocando distorções harmônicas consideráveis.

Por outro lado, se a tensão aplicada é baixa, o capacitor será praticamente "linear", apresentando fator de dissipação da ordem de 1%. Neste caso o ciclo descrito será a elipse ab.

Se aumentarmos a tensão, passamos à curva a'c'. Neste caso observamos um aumento muito grande de perdas (2).



## 2.3. CLASSES DE TEMPERATURA

### 2.3.1. CLASSE I - CAPACITORES COM COEFICIENTES DE TEMPERATURA DEFINIDO:

#### - DEFINIÇÃO:

Estes capacitores são projetados para usos onde a compensação térmica dos demais componentes do circuito é o requisito fundamental.

Apresentam alta estabilidade da capacitância, baixas perdas e variação linear da capacidade em função da temperatura.

#### - CARACTERÍSTICAS:

São fabricados com substâncias cujos componentes básicos são os titanatos, excetuando-se o titanato de bário, que praticamente não participa destes compostos. Tem seu coeficiente de temperatura rigidamente definido e não apresentam variações mensuráveis de suas caracteristicas em função do tempo.

Podem operar perfeitamente no campo antigamente dominado pelos capacitores de mica, exceto quanto ao coeeficiente de temperatura que é para estes definido, não sendo para os de mica.

Normalmente os capacitores da classe I trabalham com coeficientes de temperaturas entre P100 e N750, porém tal característica já é fabricada até N5600.

Deve-se destacar que o coeficiente de temperatura de um capacitor é determinado tendo como base as temperaturas de um capacitor é determinado tendo como base

as temperaturas de 25°C e 85°C, isto é, a variação de ca  
pacidade expressa pelo seu coeficiente de temperatura  
 tem como base de determinação e medida os pontos 25°C e  
 85°C.

A nomenclatura dos coeficientes de temperatura é  
 definida como:

P100 = +100 = positivo 100 = variação posi  
 tiva de 100 PPM (PF)/PF°C na faixa de tem  
 peratura de transição.

NPO =  $\pm$  0 = negativo/positivo/0 = variação  
 nula da capacidade na faixa de temperatura  
 de trabalho.

N750 = -750 = negativo 750 = variação nega  
 tiva de 750 PPM (PF)/PF°C na faixa de tem  
 peratura de trabalho.

Variação positiva/negativa de capacidade  
 deve-se entender como aumento/diminuição  
 da mesma.

#### - APLICAÇÕES:

Os capacitores da classe I são recomendáveis pa  
 ra o uso onde a compensação de variações de parâmetros  
 em função da temperatura é muito importante. Tendo em  
 vista que a maior parte dos componentes eletrônicos uti  
 lizados atualmente, como bobinas, resistores e transfor  
 madores, etc..., oferecem a possibilidade de uma variação  
 negativa, reside aí a principal utilização deste componen  
 te (1).



### 2.3.2. CLASSE II - CAPACITORES COM VARIAÇÃO NÃO LINEAR DA CAPACIDADE COM A TEMPERATURA

#### - DEFINIÇÃO

Estes capacitores são projetados especialmente para uso em acoplamento/desacoplamento, circuitos de descriminadores de frequência e filtros.

Apresentam variação de capacidade não linear em função da temperatura, perdas relativamente elevadas e pequena estabilidade de capacitância. Possuem valores de constante dielétrica elevadas (superiores à 1000), o que permite a fabricação de capacitâncias de grandes valores em volumes reduzidos. Altos valores de resistência de isolamento.

#### - CARACTERÍSTICAS:

As composições cerâmicas que constituem esta classe de capacitores são baseados no dióxido de titanio ( $TiO_2$ ) e seus derivados, como os titanatos bi ou tetra-valentes ( $MO$ ,  $TiO_2$  ou  $MO_2$ ,  $TiO_2$ ).

O material mais empregado é o titanato de bário (puro ou com o Ba substituído por outros metais), visto apresentar um "ponto de Curie" bem definido pela sua composição e propriedades ferro-elétricos.

Os capacitores da classe II têm 2 características consideradas fundamentais para sua correta reutilização:

a) Tolerância sobre a capacidade nominal: é a variação admitida sobre o valor da capacitância, medida a 25°C e é definida para um capacitor completo.

b) Variação da capacidade com a temperatura: é a variação admitida sobre o valor da capacitância, em qualquer temperatura da fase da categoria e é definida para o

dielétrico. Assim sendo, este valor é previamente determinado quando da composição da pasta do dielétrico.

Estes dois valores não devem ser considerados, em projetos, como interligados ou interdependentes, cada qual deve ser levado em conta separadamente. Uma analogia que pode ser estabelecida é a seguinte, que tem simplesmente valor prático:

"A variação da capacidade com a temperatura é a variação admitida sobre o valor da capacitância nominal já acrescida de sua tolerância".

A tabela I (anexo I) apresenta os valores de variação da capacidade em função da temperatura para os dielétricos.

#### - APLICAÇÕES:

Basicamente os capacitores da classe II são projetados para os usos onde se requerem pequenas dimensões e grande valores de capacidade e resistência ao isolamento. Os capacitores desta classe são bem menores que os seus equivalentes com dielétrico em mica e papel impregnado.

Estes capacitores não são indicados para o uso direto em circuitos de precisão, entretanto são os mais indicados para os circuitos de desacoplamento, "By-pass", filtros, acopladores de Rádio frequência (RF) e outros, onde a variação da capacidade com a temperatura não seja crítica.

Aplicações típicas incluem os acoplamentos resistivo-capacitivo de audio e radio frequência, controle automático de volume, filtros, compensações em circuitos de tonalidade, acoplamento de antena. Em todas

estas aplicações o valor de  $\text{tg } \delta$  (fator de perdas ou de dissipação) não é crítico e as variações devidas à temperatura, tensão e frequência não afetam seus funcionamentos.

Estes capacitores, além de extremamente compactos, apresentam uma baixa indutância-série, graças à sua construção. Sua alta resistência de isolamento, conseqüentemente sua baixa corrente de fuga, propicia a sua aplicação em todos circuitos transistorizados, pois consomem pouquíssima energia (1).

### 2.3.3. CLASSE III - CAPACITORES COM "BARREIRA DE POTENCIAL".

#### - DEFINIÇÃO:

Os capacitores da chamada classe III ou com "barreira de potencial" são projetados especialmente para o uso como discriminadores acoplamentos, filtros e outras aplicações que não requeiram alta estabilidade da capacidade em função da temperatura e baixas tensões de trabalho são utilizadas.

Apresentam características de variação capacidade/temperatura não linear, semelhantes às da classe II. Seus valores de constante dielétrica são extremamente elevadas (normalmente superiores à 50.000).

A classe III é extremamente semelhante à Classe II, diferenciando basicamente nos valores de resistência de isolamento e tensão de trabalho.

#### - CARACTERÍSTICAS:

a) Princípio de funcionamento:

Um diódo é constituído de uma função P-N sepa rada por uma barreira de potencial. Quando submetemos ' este diódo à uma polarização reversa, ele apresenta um comportamento semelhante à um capacitor.

A capacitância deste capacitor assim constituí do pode ser aproximada por:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{h}$$

Onde h = "espessura" da barreira de potencial

S = área das placas

$\epsilon$  = constante dielétrica

Quando aumentamos a tensão de polarização, os pares eletrón-lacuna são retirados da barreira, que as sim tem sua largura aumentada. Daí a razão do diódo di minuir sua capacitância com o aumento da tensão (pro priedade utilizada em elementos do tipo "varicap").

Um capacitor com barreira de potencial, ou da classe III, é obtido apartir de um dielétrico da clas se II, selecionado segundo os óxidos que compõem sua ' mistura básica juntamente com o titanato de Bário (tais óxidos são conhecidos como elementos de "transição").

O dielétrico assim selecionado é submetido à um processo de redução em presença de H<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> (sub-pro-du dos da quebrada amônia). O processo reduz o BaTiO<sub>3</sub>, tor nando-o um material semi-condutor do tipo P, pois há a criação de lacunas pela perda de O<sub>2</sub>. Este processo as semelha-se ao da difusão de uma pastilha de Si, porém sem máscara.

O dielétrico assim constituído é então submeti do à um processo de re-oxidação onde cria uma camada ' isolante sobre o semi-condutor P.

Existem atualmente duas teorias sobre o estabelecimento de capacitâncias:

i. Durante o processo de re-oxidação, ocorre uma oxidação superficial do material semi-condutor, promovendo a criação de duas capacitâncias série. Estas capacitâncias são inversamente proporcionais ao tempo de re-oxidação, logo, quanto maior o tempo de permanência sob este processo, menor será a capacidade, porém teremos maiores valores de tensão de trabalho. Existe portanto um compromisso entre a capacitância e a tensão de trabalho desejados e o tempo de permanência sob atmosfera oxidante. Este processo é conhecido como re-oxidação superficial.

ii. Processo chamado re-oxidação total. Neste processo admite-se a re-oxidação ao nível dos átomos, isto é, todo átomo de semi-condutor P é envolvido por uma camada de óxido. Com isso temos a criação de um capacitor em cada átomo, tendo assim uma infinidade de capacitâncias em série.

A capacitância total será:

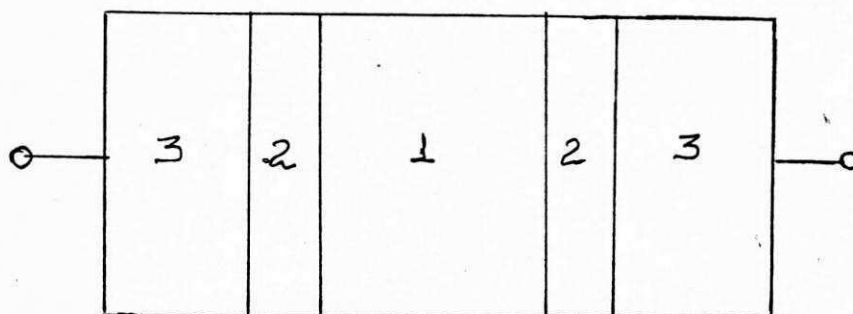
$$\frac{1}{C_t} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{C_i} \quad \begin{array}{l} \text{Onde } C_t \rightarrow \infty \text{ (teóricamente)} \\ C_t \rightarrow \text{valores altos (praticamente)} \end{array}$$

Até este ponto apresentou-se a teoria da formação das capacitâncias elementares que compõem esta classe de capacitores, porém somente explicou-se a formação do semi-condutor P.

O semi-condutor N é formado pela migração da camada de Ag (prata) sobre o material isolante (camada de óxido resultante da re-oxidação). Esta migração as-

semelha-se ao processo de difusão de metais sobre pastilhas de Si na fabricação de transistores.

Temos então a formação completa dos capacitores da classe III, cujo esquema é o abaixo:



onde: 1 = material dielétrico-semicondutor P

2 = barreira-isolante

3 = armaduras- semicondutor

Outra característica desta classe de capacitores quanto a polaridade da tensão aplicada, é a de variar sua resistência de isolamento sob carga ou sob longos períodos de aplicação, também conhecida como " polarização aparente" ou "espontânea".

#### b) Características gerais:

As demais características dos capacitores da classe III coincidem com as da classe II, inclusive as curvas características, sendo que para a classe III os coeficientes de temperaturas mais utilizados são: X5U e Y5P.

#### - APLICAÇÕES:

Os capacitores da classe III tem as mesmas aplicações que os da classe II, isto é, desacoplamento, filtros, "by-pass" e toda parte de circuitos que não

exija alta estabilidade da capacitância com a temperatura (1).

Deve-se ter em mente alguns fatores, tanto benéficos como contrários à sua utilização:

- Sua alta constante dielétrica propicia a confecção de capacitores de valores maiores que os da classe II em volumes menores.
- Tem baixa resistência de isolamento, logo maior valor de corrente de fuga.
- Tensão de trabalho reduzida (máximo de 75V) em relação aos da classe II (atingem até 3000V).
- Não suportam transientes de tensão, pois sua barreira de potencial é extremamente fina e a corrente de fuga (relação entre a tensão aplicada e RI) a perfura.
- Pode ser utilizado em circuitos transistorizados.
- A influência do tempo (envelhecimento natural) é a mesma que nos da classe II.

#### 2.4. TITANATO DE BÁRIO ( $\text{BaTiO}_3$ )

Principal composto químico utilizado na composição das pastas cerâmicas. Devido ao seu alto valor de constante dielétrica possibilita a fabricação de capacitores cerâmicos de volumes mais reduzidos, com valores de capacidades bem mais elevados.

A cela unitária do  $\text{BaTiO}_3$  (figura I, anexo II) é constituída por 8 íons de  $\text{Ba}^{2+}$  nos vértices de um cubo, tendo como íon central o  $\text{Ti}^{4+}$ , que está locado em um octaedro de 6 íons  $\text{O}^{2-}$ . Porém a temperatura ambiente estes íons estão arranjados em uma estrutura tetragonal, que não possibilita uma posição geométrica estável para o íon  $\text{Ti}^{4+}$ , e este se apresenta deslocado do centro da cela, acarretando assim o desequilíbrio de cargas posi



tivas e negativas, e cada cela unitária é efetivamente um dipolo elétrico.

Quando um campo elétrico é aplicado ao  $\text{BaTiO}_3$ , ocorre uma polarização aleatória destes dipolos, em função das 6 posições passíveis de cada íon  $\text{Ti}^{4+}$  contido nas celas, formando assim, domínios estruturais com diferentes sentidos de polarização, fato a que se atribui o comportamento ferro-elétrico. De um modo geral, os valores de alta constante dielétrica relativa são provocadas basicamente por dois fatores: o íon  $\text{Ti}^{4+}$  possui uma carga de  $4e$ , e o deslocamento iônico é muito grande, dando o empacotamento não denso da rede cristalina do  $\text{BaTiO}_3$  na estrutura tetragonal que permite grande mobilidade ao íon  $\text{Ti}^{4+}$  na cela unitária (3).

A  $120^\circ\text{C}$  a estrutura muda de tetragonal para cúbica e o efeito desaparece. Isto é chamada de temperatura de Curie. A esta temperatura a anisotropia da cela desaparece, já que o  $\text{Ti}^{4+}$  permanece no centro da mesma e as posições de polarização possuem igual probabilidade. Deste modo os domínios estruturais não se formam e o comportamento ferro-elétrico termina, assumindo o  $\text{BaTiO}_3$  as características de um dielétrico real comum (4).

### III. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS DIELÉTRICOS DE BÁRIO

Os discos cerâmicos (dielétricos) tem suas propriedades físicas definidas (capacitância, coeficiente de temperatura, tensão de trabalho) a partir da escolha do tipo de matéria prima (pasta cerâmica) que vai ser utilizada.

Os capacitores são fabricados a partir de vários tipos de pastas cerâmicas, cada pasta tendo uma constante dielétrica específica; de acordo com o comportamento da capacidade em função da temperatura eles são classificados nos seguintes tipos: a) os dielétricos tipo I, que constitui a primeira classe e apresenta uma variação linear da capacidade em função da temperatura (coeficiente de temperatura); b) os dielétricos tipo II e III que constituem a segunda e terceira classe e apresentam variação não linear da capacidade em função da temperatura. As tabelas II, III e IV (anexo I) apresentam os coeficientes de temperatura e curvas de temperatura usuais com suas respectivas tolerâncias para as três classes de temperaturas. Estes dados foram transcritos do catálogo Thomson Componentes da Amazônia 88/89, baseado nas normas IEC 384-1 a 8 e 384-9/2, elaboradas pela ABNT para determinar todos os parâmetros que devem ser seguido para se homologar (\*) os capacitores.

Os dielétricos tipo III são obtidos a partir do dielétrico tipo II, com a diferença de que após o processo de sinterização, os mesmos são submetidos a um tratamento termo-químico de redução/re-oxidação.

O processo de fabricação dos dielétricos encontra-se subdividido nas etapas seguintes:

(\*) Homologação: é a série de testes à qual os condensadores devem ser submetidos para serem aprovados para uso e compra.

### 3.1. MATERIA PRIMA:

As materias primas (pastas cerâmicas) são obtidos em função das propriedades físicas requeridas pelo capacitor e dos processos de fabricação disponíveis. As características químicas do capacitor também são levadas em conta, visto que este componente deverá ter condições de estabilidade química durante seu uso normal, por esta razão são escolhidos produtos químicos de alta energia de ligação, como os óxidos, nitratos, fluretos e outros, que não apresentam decomposição sob elevadas temperaturas.

As materias primas são fornecidas pela Thomson Componentes do Brasil (TCCBR), com sede em São Paulo, e também pelo Japão.

### 3.2. PRENSAGEM A SÊCO

#### 3.2.1. DEFINIÇÃO DO PROCESSO

Na prensagem a sêco são obtidos peças circulares e compactas, através de uma compressão da pasta cerâmica em uma matriz metálica por uma compactação biaxial, a qual permite a obtenção de peças-discos cerâmicos com densidade praticamente constantes e uniforme ao longo do diâmetro e espessura.

A pasta cerâmica deve, de um modo geral, apresentar teor de umidade na faixa de 0,20% a 0,30%, de forma a evitar problemas de aderência nas funções durante a prensagem. O diâmetro da peça crua é determinado de forma a obter-se o formato físico mais próximo possível do componente final, levando-se em conta que o mate

rial retrai-se entre 12% a 20% apos a sinterizaçãõ.

A pressãõ de compactaçãõ para obtençãõ de uma passagem satisfatoria, depende das dimensões do disco e da velocidade de prensagem, assim como da densidade da pasta cerãmica utilizada (ver tabela V, VI, VII, anexo I). A densidade das pastas devem estar compreendida entre:

- 2,5 a 3,2 (g/cm<sup>3</sup>) - dielétricos tipo I
- 3,5 a 4,0 (g/cm<sup>3</sup>) - dielétricos tipo II e III.

A tolerância máxima admissível na espessura dos discos é de  $\pm 0,005$ mm. As peças prensadas devem apresentar uma superfície compacta e sólida (homogênea), para permitir o manuseio sem danos, principalmente nas bordas. Para que uma peça esteja corretamente prensada, ela deve apresentar uma boa resistênciã mecânica a verde, superfície homogênea e brilhante, ausencia de imperfeições nas bordas.

### 3.2.2. PRENSA:

A área de prensagem a sêco, dispõe de cinco prensas, com capacidade de produçãõ que varia de acordo com os diâmetros dos punções. Entre a faixa de 4mm a 7mm de diâmetro, a produçãõ é em média de 1050 ciclos/hora e entre 8mm a 11mm, tem-se uma produçãõ de 400 ciclos/hora, o que corresponde respectivamente a 189.000 peças/hora e 72.000 peças/hora para uma prensa operando com um jogo de 18 punções e, 168.000 peças/hora e 64.000 peças/hora, com um jogo de 16 punções.

Para a obtençãõ de peças bem compactadas as máquinas de prensagem devem estar em amplo funcionamento no que diz respeito aos seguintes parâmetros: veloci

dade, pressão, manutenção e inspeção horária, que visa' eliminar os seguintes pontos: escoamento de óleo na matriz metálica e conseqüentemente nos punções, variação' na espessura dos discos, má compactação, aderência da pasta cerâmica aos punções e outros cuidados.

O controle horário realizado pelo operador (CEP contrôle estatístico de processo), assim como o controle efetuado pela manutenção garantem a produção dos discos crus em perfeitas condições.

### 3.3. ENCASSETAGEM OU EMPILHAMENTO

A encassetagem consiste numa etapa do processo, onde os discos cerâmicos "ainda verdes" (crus) são arrumados de forma a não se ter problemas na etapa seguinte que é a de sinterização. Os discos são então impregnados (misturados) com substância químicas (pós) como, zedox (óxido de zircônio estabilizado) ou alumina em proporções adequadas, de modo a criar uma camada entre a superfície dos mesmos, com a função específica de não permitir a aderência entre os discos, durante a sinterização. Os discos são então empilhados ou arrumados em mobílias refratárias, segundo seu diâmetro e recobertos com uma camada protetora do mesmo material refratário (engobe), o que evita prováveis contaminações provenientes da própria atmosfera do forno durante a sinterização e mantém o gradiente de temperatura entre os discos.

Algumas pastas cerâmicas não permitem a utilização de substância químicas durante a encassetagem, nestes casos os discos são empilhados livres destes materiais refratários.

São utilizados três tipos de empilhamentos que

variam de acordo com o diâmetro, espessura e tipo de pasta cerâmica utilizada, que são:

### 3.3.1. ENCASSETAGEM EM PILHA:

Os discos são arrumados uns sobre os outros, em mobilias refratárias, juntamente com o pó refratário utilizado como camada protetora (engobe), figura I (anexo II).

### 3.3.2. ENCASSETAGEM EM FILA:

Os discos são arrumados ao lado um dos outros, figura II (anexo II), utilizando as mobilias refratárias como suporte e também o pó refratário, quando necessário como camada protetora (engobe).

### 3.3.3. ENCASSETAGEM A GRANEL:

Os discos são dispostos aleatoriamente nas mobilias refratárias (tipo colarinho) em proporções 1:2 de discos crus e pó refratário (zedox ou alumina), figura III (anexo II).

## 3.4. SINTERIZAÇÃO:

### 3.4.1. PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO:

A sinterização consiste em proporcionar ao corpo cerâmico, melhores propriedades mecânicas.

Os discos cerâmicos, já empilhados, são introduzidos nos fornos de modo contínuo e velocidade constante.



A temperatura máxima que se deve atingir nos fornos varia em função de cada caso, sendo, geralmente' da ordem de  $\frac{3}{4}$  de temperatura de fusão em °K. Os programas de aumento de temperatura são lentos no início ' do processo, a fim de permitir a evaporação dos ligantes ou aglomerantes presentes na pasta cerâmica utilizada , sem risco de destruir as peças, para depois passar a uma taxa maior de aumento de temperatura, diminuindo novamente nas proximidades da temperatura máxima. Nesta ' zona, as peças sofrem a retração de 12% a 20% e sua densidade cresce até proximidades do valor teórico. Uma "sobre-sinterização" ocasionará um super crescimento ' dos grãos e o aparecimento de porosidade, este tipo de acidente é evitado pela regulação precisa da temperatura do forno.

Os discos são separados dos componentes químicos que os acompanharam durante a fase de sinterização, através de peneiras. Várias operações podem ser efetuadas nos discos, dependendo da necessidade quanto a dimensões e acabamentos físicos que se façam necessários.

Os dielétricos tipo III, que são obtidos a partir de um dielétrico tipo II, após sinterização nos fornos túneis, são selecionados e submetidos a um tratamento termoquímico de redução e re-oxidação.

O processo de redução é realizado em fornos solo-redução, utilizando amônia como agente redutor. A redução é feita em presença de hidrogênio e nitrogênio ' com a finalidade de reduzir o titanato de bário, tornando-o um semi-condutor do tipo P, pois há criação de laculas pela perda de oxigênio. O dielétrico assim constituido é então submetido a um processo de re-oxidação em fornos solo de re-oxidação na presença de ar atmosférico. Desta forma cria-se uma camada isolante sobre o se



mi-condutor P.

### 3.4.2. FORNOS TÚNEIS (HARPER)

O processo de fabricação dos dielétricos de bário, dispõe de dois fornos túneis (Harper), um forno solo-redução e outro solo-re-oxidação.

Os fornos túneis trabalham 24 horas/dia e têm quatro zonas de aquecimento, cujas temperaturas são ajustadas independentes umas das outras (vide tabela VIII anexo I). A atmosfera interna é oxidante (ar ou ar super-oxigenado). A mudança de temperatura é feita com a utilização de cargas mortas, onde o número de cargas necessárias depende da variação de temperatura desejada. Para variações inferiores a 50°C, necessita-se de cinco cargas mortas para a mudança da temperatura, enquanto que para variações superiores utiliza-se oito cargas mortas.

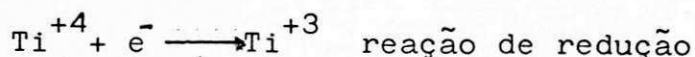
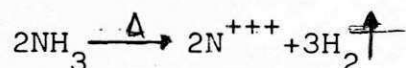
Para condições perfeitas de sinterização, os fornos devem ser regularmente controlados, no que diz respeito a: mudança de temperatura, falta de energia, falta de água industrial, inspeção diária dos termopares, assim como a retirada de curvas de temperaturas.

A capacidade de produção destes fornos depende do diâmetro, espessura e tipo de encassetagem utilizada, mas a programação é feita para atingir no mínimo uma produção de 1.000.000 de peças/dia.

### 3.4.3. FORNOS SOLO REDUÇÃO E SOLO RE-OXIDAÇÃO

Os fornos tipo solo redução utilizam amônia como agente redutor. O processo reduz o titanato de bário na presença do H<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> que são produtos da "quebra"

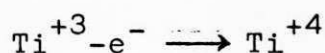
croaking-da amônia-NH<sub>3</sub>. A equação abaixo mostra a reação química proveniente do processo.



A temperatura de operação utilizada é de 980°C, com um nível de gás no medidor de vazão de amônia de 5 l/min. A velocidade da esteira é de 36mm/min.

O forno solo de re-oxidação opera na presença de ar atmosférico, com as temperaturas de operação ajustadas de acordo com o tipo de material a ser processado (vide tabela IX, anexo I). O tempo de residência do material no forno de re-oxidação é de mais ou menos 1 hora.

A reação de re-oxidação é a seguinte:



### 3.5. SELEÇÃO VISUAL

#### 3.5.1. PROCESSO DE SELEÇÃO

Este processo utiliza uma seleção visual, através de esteiras rolantes, na qual os discos ficam depositados sobre a mesma possibilitando a observação de ambas as superfícies dos discos, e um sistema de dois rolos mecânicos giratórios que seleciona os discos cerâmicos, de acordo com sua espessura. A distância entre os rolos é determinada pela própria espessura do disco a ser selecionado, este sistema de seleção possibilita separar os discos empenados.

Os principais defeitos encontrados nos dielétricos, são listados a seguir:

1. Rebarbas - Geralmente é causada pela falta de polimento nos punções.
2. Aderência superficial - Causada por excesso de umidade na pasta cerâmica ou por falta de polimento dos punções.
3. Cavidades - Provocada por excesso de óleo nos punções e as vezes por contaminações provenientes de outra pasta, o que provoca reações químicas durante a sinterização, levando ao aparecimento de buraco nos discos.
4. Bordas quebradas - Algumas vezes provenientes da má compactação dos discos durante a prensagem ou pelo impacto nos rolos mecânicos durante a seleção visual,
5. Aderência entre os discos - Causada pela má impregnação, que leva a reações químicas entre os discos durante a sinterização.
6. Empenamento - Depende do processo de encassetagem utilizado, da espessura e diâmetro dos discos e da prensagem.

Após a seleção visual, o dielétrico assim processado é entregue ao setor de controle de qualidade

(C.Q.), o qual realiza testes eletrônicos e dimensionais que são:

- Contrô<sup>le</sup> de diâmetro e espessura
- Medidas de capacidade e fator de perdas (tan gente)
- Medidas de rigidez dielétrica
- Medidas de resistência ao isolamento (R.I)

Além destas medidas o C.Q., faz a inspeção visual nos dielétricos, pesagem e embalagem dos mesmos.

#### IV - DISCUSSÃO

O processo de obtenção dos dielétricos de bário possui alguns parâmetros que devem ser considerados, quando analisado em termos de correção dos defeitos, manipulação e produção dos dielétricos, de modo que a prática e rotina da produção possibilite ao operador, supervisor e engenheiro de produção a melhor eficiência na solução dos problemas. Nos parágrafos seguintes são apresentado alguns pontos importantes.

Os cálculos técnicos para obtenção dos dielétricos, devem ser feitos com bastante precisão e cuidado, de forma que indique aos operadores, claramente a maneira correta para a produção dos discos.

O processo de prensagem dispõe de equipamentos que devem ser mantidos em ambientes com umidade e temperatura (25°C) controlados, para evitar a aderência do material (pasta cerâmica) nos punções e manter as máquinas em perfeitas condições de uso. Deve-se também ter cuidado com o teor de umidade das pastas, se as mesma necessitam ou não de pré-aquecimento em estufa para diminuir o teor de umidade. A manutenção, limpeza e lubrificação dos jogos de punções devem ser realizados constantemente para a obtenção de uma prensagem satisfatória.

Durante a encassetagem deve-se observar se o material refratário utilizado na impreganação e como camada protetora (engobe) está em condições perfeitas de uso, pois os mesmos tem tempo de vida determinado.

Na sinterização, os principais cuidados estão voltados para a mudança de temperatura, contrôle de saída e entrada do material, não se deixando de lado a ve

rificação periódica das curvas de temperatura e da temperatura dos termopares nos fornos. As perfeitas condições de uso das mobílias refratárias também são pontos importantes.



## V - CONCLUSÃO

A realização deste trabalho possibilitou a integração entre os conhecimentos teóricos e práticos para o desempenho em termos tecnológicos dentro da indústria.

Devido ao setor de atuação ter sido o de processo, contrôle e produção dos Dielétricos de Bário (cerâmica), foi possível tomar conhecimento, na prática, dos mais variados problemas. Desde os mecânicos e tecnicos, como tipo de pasta cerâmica utilizado e calculos de espessura para a obtenção dos dielétricos, até os problemas administrativos como contrôle do processo e do pessoal (funcionários).

A experiência administrativa foi profissionalmente de extrema importância, onde a oportunidade de supervisionar e controlar o processo de produção, assim como o relacionamento com os funcionários e contrôle dos mesmos levou a realização e sucesso deste trabalho.

## VI - BIBLIOGRAFIA

1. Informações Técnicas sobre capacitores cerâmicos- Apostila interna TCCAM - Thomson Componentes da Amazônia Ltda.
2. Lawrence H. Van Vlack - Propriedades dos Materiais cerâmicos, Editora - Edgard Blucher, São Paulo, Edição da Universidade de São Paulo (1973)
3. Muniz, L. R; Pontreschka, W.M - Estudo de propriedades dielétricas na solução sólida substitucional ( $Ba_1 - x Srx$ )  $TiO_3$ , revista cerâmica, vol. 34 - 216 9-13 (1988).
4. Flinn, R.A; Trojan, P.K - Engeneering materials and their applications, 2ª edição, editora - Houghton Mifflin Company- Boston (1981), Pg. 613.



**A N E X O I**

TABELA I - Dados das curvas de temperaturas

Temperatura de referência: 25°C				
1ª letra		2º número		3ª letra
Limite inferior de temperatura		Limite superior de temperatura		Varição máxima da capacidade dentro dos limites de temperatura específica dos.
X	-55°C	2	+45°C	A $\pm$ 1%
				B $\pm$ 1,5%
		4	+65°C	C $\pm$ 2,2%
				D $\pm$ 3,3%
Y	-30°C	5	+85°C	E $\pm$ 4,7%
				F $\pm$ 7,5%
Z	+10°C	6	+105°C	P $\pm$ 10%
				R $\pm$ 15%
W5	-55°C à +125°C	7	+125°C	S $\pm$ 10%
				T + 22% -33%
				U + 22% -56%
				V + 22% -82%

Coeficiente de temperatura - Tipo I							
3ª letra	Familia	Coeficiente de temperatura (RPM)= $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$		2PF	T. C. - Tolerância		
					2PF	3PF	3PF
A	GEA - GLA	P100	+100 PPM	$\pm 250$	$\pm 120$	$\pm 60$	$\pm 30$
C*	GEC - GLC	NPO	0 PPM	$\pm 250$	$\pm 120$	$\pm 60$	$\pm 30$
P	GEP - GLP	N150	-150 PPM	$\pm 250$	$\pm 120$	$\pm 60$	$\pm 30$
R	GER - GLR	N220	-220 PPM	$\pm 250$	$\pm 120$	$\pm 60$	$\pm 30$
S	GES - GLS	N330	-330 PPM	$\pm 250$	$\pm 120$	$\pm 60$	$\pm 60$
T	GET	N470	-470 PPM	$\pm 250$	$\pm 120$	$\pm 80$	$\pm 80$
U*	GEU - GLU	N750	-750 PPM	$\pm 250$	$\pm 120$	$\pm 120$	$\pm 120$
V	GEV - GLV	N1500	-1500 PPM	$\pm 250$	$\pm 250$	$\pm 250$	$\pm 250$

TABELA III

Curva de temperatura - Tipo II			
Familia	Faixa de temperatura	Variação da capacitância	Curva típica
GEE - GLE	-30... + 85°C	$\pm 5\%$ max.	Y5F
GEF - GLF	-30... + 85°C	$\pm 8\%$ max.	Y5F
GEB - GLB	-30... + 85°C	$\pm 12\%$ max.	Y5P
GEW - GLW	-30... + 85°C	+ 30-65% max	Y5U
GEX - GLX	-30... + 85°C	+ 30-85% max.	Y5V
GSR	+10... + 85°C	+ 22-85% max.	Z5V

TABELA IV

Curva de temperatura - Tipo III			
Familia	Faixa de temperatura	Variação da capacitância	Curva típica
GFB	-30... +85°C	+ 12% máx	Y5P
GFO	-30... +85°C	+ 30-65% máx.	Y5U

TABELA V - Pressão de compactação

Tipo	diâmetro dos punções $\varnothing$ (mm)	Pressão monometro —KG/cm <sup>2</sup>
604	4,25	1,0
605	5,25	1,6
606	5,60	1,8
607	7,40	3,1
608	7,95	3,6
609	9,25	4,9
610	10,00	5,6
611	11,39	7,4
613	13,95	11,0

TABELA VI - Calculo de densidade

Densidade $D = \frac{P}{E} \times k$ onde K = Constante		
$\varnothing$ nominal	K (16 peças)	K (18 peças)
604	4,511	4,010
605	2,887	2,566
606	2,538	2,256
607	1,453	1,292
608	1,259	1,119
609	0,930	0,827
610	0,796	0,707
611	0,613	0,545
613	0,415	0,369

TABELA VII

VELOCIDADE DE PRENSAGEM (VOLTAS/MIN)

espessura (mm) ∅ (mm)	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,1	1,1 à 1,5	1,5 à 2,0	2,0 à 2,5	2,5 à 3,0	3,0
604	-	-	-	-	21	22	22	22	22	22	21	28	18	16	12	15
605	25	27	28	26	24	23	22	22	-	-	-	-	-	-	-	-
606	25	27	28	26	23	22	22	22	21	21	21	20	16	16	15	14
607	23	25	26	24	22	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
608	-	23	24	23	21	20	20	20	19	19	18	18	16	15	15	14
609	22	23	23	21	21	20	19	19	18	18	18	18	16	15	15	14
610	22	23	23	21	21	20	19	19	18	18	18	18	16	15	15	14
611	-	-	6	6	7	7	8	8	8	9	9	8	7	7	6	6
613	-	-	-	-	-	8	8	8	8	8	8	7	7	7	6	6

TABELA VIII - Controle de temperatura dos fornos túneis

TEMPERATURA FORNO HARPER				
TEMPERATURA NOMINAL (°C)	TEMPERATURA NO SET POINT			
	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV
1230	1070	1180	1230	1230
1240	1075	1190	1240	1240
1250	1080	1200	1250	1250
1260	1090	1210	1260	1260
1270	1095	1220	1270	1270
1280	1100	1230	1280	1280
1290	1110	1240	1290	1290
1300	1115	1250	1300	1300
1310	1120	1260	1310	1310
1320	1130	1270	1320	1320
1330	1135	1280	1330	1330
1340	1140	1290	1340	1340
1350	1150	1300	1350	1350
1360	1150	1310	1360	1360
1370	1160	1320	1370	1370
1380	1170	1330	1380	1380
1390	1175	1340	1390	1390
1400	1180	1350	1400	1400
1410	1190	1360	1410	1410
1420	1195	1370	1420	1420
1430	1200	1380	1430	1430

TABELA IX - Controle de temperatura do forno solo reoxidação

TEMPERATURA SOLO-REOXIDAÇÃO			
TEMPERATURA NOMINAL (°C)	ZONA I	ZONA II	ZONA III
960	1130	1140	1150
970	1140	1150	1160
980	1150	1160	1170
990	1160	1170	1180
1000	1170	1180	1190
1010	1180	1190	1200
1020	1190	1200	1210
1030	1200	1210	1220
1040	1210	1220	1230
1050	1220	1230	1240
1060	1230	1240	1250
1070	1240	1250	1260



ANEXO II

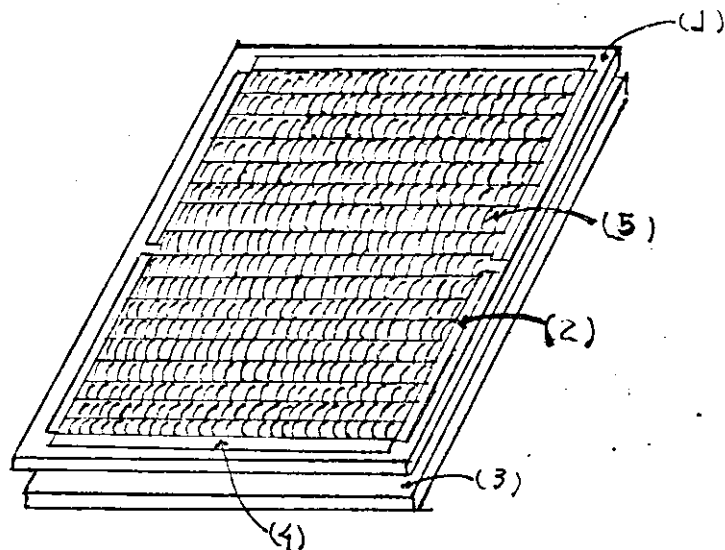


FIGURA III - Encassetagem em fila

- (1) 6 plaquetas refratárias de zedox.
- (2) 4 barreta refratária de zedox pequena.
- (3) Placa de carbeto de silício.
- (4) 2 barreta refratária grande.
- (5) Disco cru.

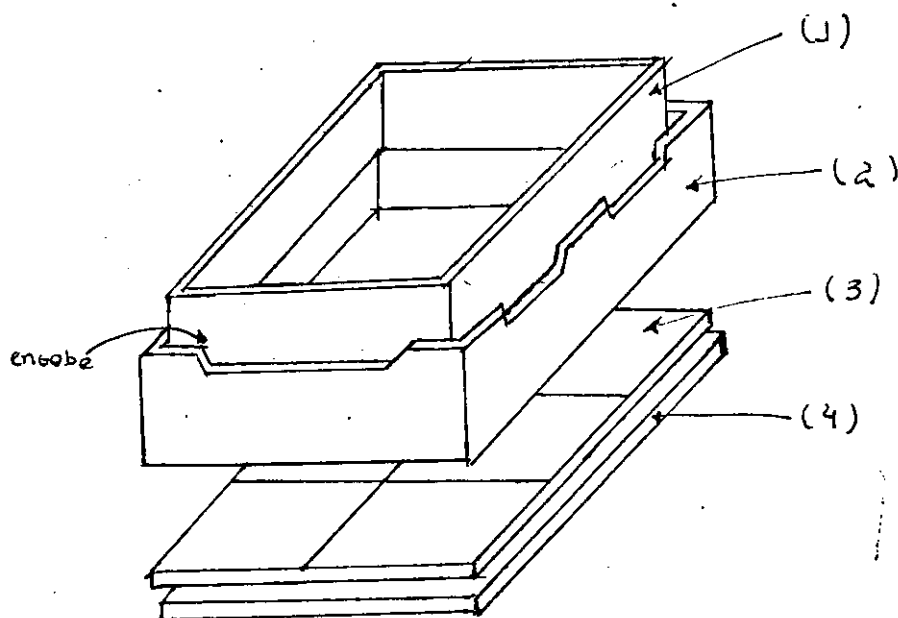
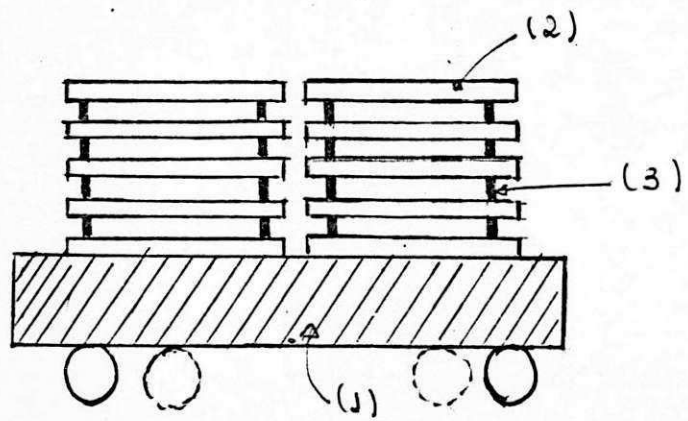


FIGURA IV - Cassetagem a granel

- (1) Gabarito de metal metal.
- (2) colarinho.
- (3) 6 plaque refratárias de zedox.
- (4) placa de carbeto de silício.



(1) carro transporte.

(2) material encasetado.

(3) suportes refratário de zedex.

MONTAGEM DO MATERIAL ENCASSETADO.