

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE

DE SÃO PAULO

2301012

Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto Mecânico

Sistema de Controle de Qualidade Para
Uma Linha de Montagem de Bateria Industrial Estacionária

Autor: John Lin

Orientador: Prof. Ettore Bresciani Filho

1.984

ERRATA

- Na pág. 06 após a reação: $\text{Ag}^+ + \text{le} \longrightarrow \text{Ag}^0$ acrescenta-se:

"Analogamente a carga negativa do eletrodo de Zinco também diminui, o que permite que novos cátions Zn^{++} passem para a solução segundo a equação:



Índice

Sumário	i
1º Parte - Introdução	pág. 01
1.1. Objetivos	02
1.2. A Fábrica, sua linha de Produtos e o Estágio	03
1.3. Princípio de Funcionamento de uma Bateria (Acumulador) ...	05
1.3.1. Pilhas Galvânicas	05
1.3.2. Reação Fundamental de uma Pilha Galvânica	07
1.3.3. Pilha Reversível. Eletrodo Reversível	08
1.3.4. Definição de um Acumulador	10
1.3.5. Acumulador (Bateria) de Placas de Chumbo	11
2º Parte - O Processo de Fabricação	14
2.1. Descrição Geral	15
2.2. Descrição das Etapas do Processo de Fabricação	16
2.2.1. Recebimento e Distribuição de Materiais	16
2.2.2. Fundição	16
2.2.3. Fabricação de Tubetes	17
2.2.4. Montagem das Placas	18
2.2.5. Formação das Placas	21
2.2.6. Montagem da Bateria	21
3º Parte - O Controle de Qualidade	22
3.1. Conceitos. Definições	23
3.2. Descrição do Controle	26
3.2.1. No Recebimento	26
3.2.2. Na Fabricação	28
3.2.3. No Acabamento	31
3.3. Comentários Finais	35
4º Parte - Bibliografia	37
Anexo I - Fluxogramas	39
Anexo II - Desenhos	45

SUMÁRIO

Este trabalho foi feito baseado em um sistema de controle de qualidade que desenvolvi para uma indústria de baterias, durante o estágio realizado na mesma. O objetivo do sistema na fábrica visava extender o controle existente na época do estágio, que consistia na inspeção da bateria industrial estacionária apenas no final da linha de montagem, para todas as etapas do processo de fabricação. Para o sistema foram definidos e revistos diuersos conceitos, assim como desenvolvidas ou atualizadas diversas normas e, apesar do sistema não ter sido totalmente implantado (houve mudanças em algumas etapas do processo de fabricação e em outras etapas não houve compatibilização do sistema com a estrutura de seção ou vice-versa), ele melhorou bastante a qualidade do produto, reduzindo-se também o índice de refugo. A credito que, apesar de não ser um sistema perfeito, ele foi muito útil para a fábrica, pois baseado neste sistema foi desenvolvido um novo, com o qual a empresa pode vencer a concorrência de fornecimento de bateria, para uma grande empresa aeronáutica nacional.

Gostaria de agradecer aqui a todos os meus colegas, amigos e professores (em especial ao prof. Ettore Bresciani Filho) ao apoio dado durante o desenvolvimento deste trabalho e ao longo do curso de engenharia mecânica.

À minha Mãe

1º Parte - INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos

Nestes quatro primeiros anos da década de 80 a indústria em nosso país tem enfrentado uma de suas piores crises. Praticamente todo o parque industrial instalado nos anos 70 ficou ocioso, primeiro porque não havia dinheiro no mercado interno para absorver os produtos e segundo porque a maior parte dos mesmos, mesmo encontrando mercado no exterior, não conseguia competir em termos de qualidade com os produtos produzidos nos países industrializados.

Frente a esta realidade muitas empresas mudaram a sua política interna e passaram a estudar e implantar modificações e atualizações em seus processos de fabricação (podemos verificar que foi mais ou menos nesta época que surgiram as primeiras máquinas de comando numérico para aumentar a precisão dos processos de usinagem) e a otimizar os controles de qualidade na produção, visando com isso aumentar os padrões de qualidade de seus produtos.

Por estas razões decidimo-nos a desenvolver o nosso trabalho de formatura baseado no tema de controle de qualidade, restava porém decidir-nos a respeito do produto a ser objeto de tal estudo.

Optamos então pela bateria industrial estacionária, em primeiro lugar por já termos desenvolvido um trabalho semelhante durante estágio realizado em uma fábrica de baterias e segundo devido ao tipo de aplicação deste produto: servir de sistemas de

apoio (emergência) para centrais de telefonia (todas empresas de telecomunicações do país utiliza-se deste sistema) e para instalações onde a necessidade de funcionamento contínuo com baixa corrente elétrica é imprescindível (como, por exemplo, centros de computação, nos quais sempre existem informações em trânsito entre as memórias do computador, cuja perda pode acarretar grandes prejuízos).

Podemos ver que o tipo de aplicação destas baterias impõe que o produto possua a maior confiabilidade possível, é portanto necessário que os mesmos possuam um padrão de qualidade altíssimo, que só pode obtido através de um bom processo de fabricação e um rígido sistema de controle de qualidade na produção.

Descreveremos numa primeira parte o processo de fabricação da bateria e, numa segunda fase, sugerimos um sistema de controle de qualidade para gerenciar a produção do mesmo, que já se encontra instalado, em parte, na fábrica.

1.2. A Fábrica, sua linha de produto e o estágio.

A fábrica, onde foi realizado o estágio, é uma das três de uma empresa que domina praticamente todo o mercado de baterias no país, fabricando desde pilhas para rádios até baterias para motor de propulsão de submarinos. A fábrica em questão é responsável pela produção da linha de baterias industriais (tecnologia americana): tracionárias (para empilhadeiras) e estacionárias (utilizadas em sistemas de emergência) e pelas baterias de

submarino (tecnologia alemã).

Com cerca de 350 funcionários distribuídos em 7 gerências e ocupando uma área de 10.500m², a fábrica tem capacidade para produzir 25 baterias tracionárias, 200 estacionárias e 18 elementos para bateria submarina.

Durante o estágio, realizado nas gerências de manutenção, industrial e produção, participamos do desenvolvimento e implantação de novos processos de fabricação; implantação de manutenção preventiva; acompanhamento do projeto e construção de moldes para injeção de vasos, tampas, placas espaçadoras e rolhas de explosão e para fundição das placas (positiva/negativa), pólos e complementos de chumbo das baterias. Entre os diversos trabalhos realizados destacamos os seguintes, que nos foram de maior interesse:

- a. Estudo para aumentar o número de placas (positivas/negativas) para baterias automotivas seco carregadas a serem "formadas" (processo em que não submetidos à uma alta corrente elétrica para receberem carga) diariamente, porém utilizando-se as mesmas instalações e pessoal existentes. O projeto envolveu principalmente um estudo de tempos, para melhor distribuir os turnos de serviço e mudar o método de colocação/retirada das placas dos vasos de formação.
- b. Desenvolvimento de normas de controle de qualidade para

ra alguma das etapas do processo de fabricação. Foi baseado neste estudo que desenvolvemos este trabalho.

- c. Estudo de mudança do processo de limpeza das placas de cobre para interligação dos pólos das baterias. Era um processo de lixamento manual, passou a ser decapagem por processo eletrolítico e com banho de ácido.
- d. Desenvolvimento, junto com algumas empresas da indústria química, de uma nova cola de secagem rápida, para a colagem das tampas de poliestireno de alto impacto com os vasos de resina SAN (estireno de acrilo nitri-la).

1.3. Princípio de Funcionamento de uma bateria (acumulador).

1.3.1. Pilhas Galvânicas

Dá-se o nome de pilha galvânica ou elemento de pilha a uma associação de dois ou mais eletrodos. Essa associação é feita com duas finalidades, permitir a medida do potencial entre os eletrodos e, principalmente, transformar energia química em energia elétrica.

Seja uma barra de zinco imersa numa solução contendo íons Zn^{++} e uma de prata imersa numa solução contendo íons Ag^+ . Sabemos, da química elementar, que a barra de zinco se carrega negativamente e a de prata positivamente, portanto, se ligarmos os dois metais por um condutor elétrico (fig.1), teremos uma cor

rente de elétrons passando do zinco para a prata.

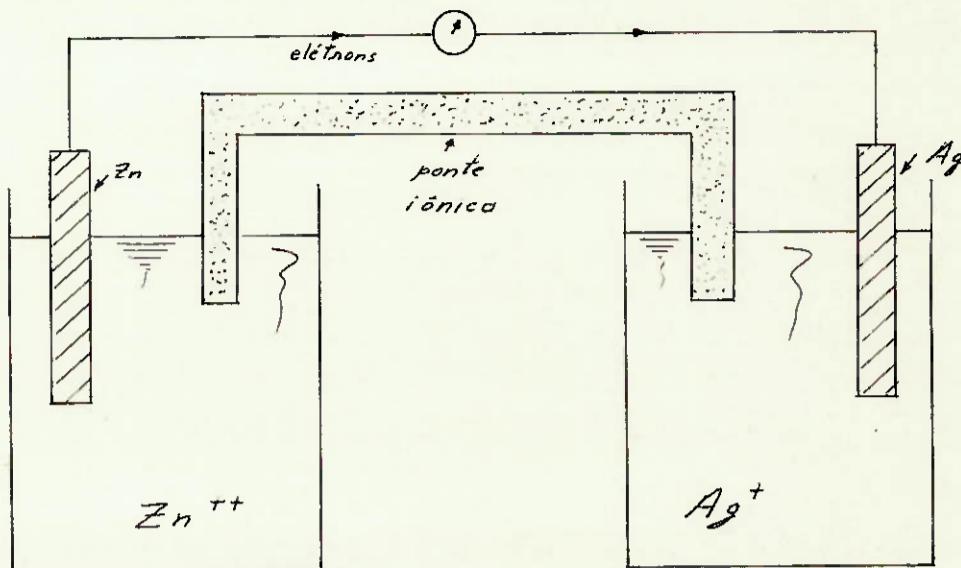


fig. 01

Isto tenta a diminuir a carga positiva do eletrodo de prata, o que permite que novos cátions af se depositem seguindo a reação:



Estes fenomenos tendem a manter constante o potencial dos dois eletrodos e, portanto, a passagem contínua da corrente elétrica. Obtém-se assim a energia elétrica a partir de transformações nas substâncias que constituem os eletrodos.

Evidentemente, para haver produção contínua de corrente elétrica, é necessário que exista uma ligação elétrica, também, entre as soluções dos eletrodos. Se as soluções, nas quais as barras estão imergidas,

sas, não reagem entre si, podem ser simplesmente misturadas; se reagem, podem ser separadas por uma parede semi-permeável ou, então, totalmente separadas, estabelecendo-se a ligação através de um tubo contendo, em geral, cloreto de potássio (ponte salina, vide fig. 1). Cada um dos eletrodos que constituem a pilha receberá o nome de semi-elemento.

1.3.2. Reação Fundamental de uma Pilha Galvânica

A reação fundamental de um eletrodo pode ser escrita da seguinte forma:

Redutor \longrightarrow Oxidante + n^- é, onde o número de elétrons resultantes da reação. O redutor e o oxidante constituem um par conjugado, um deles se transforma no outro, ou vice-versa, conforme as condições.

A reação acima tem um grau de reação (para a direita) muito pequeno, pois logo aparece uma diferença de potencial que impede seu prosseguimento. Se, entretanto, associarmos dois eletrodos, a reação de óxido redução de um deles completa o outro. A reação global tem agora um grau de reação mensurável, pois os elétrons "doados" pela reação num dos eletrodos são aproveitados pela reação do outro. Tem-se então:

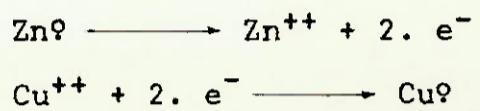


oxidante (II) + n e⁻ → redutor (II)
ou, globalmente

redutor (I) + oxidante (II) → redutor (II) + oxidante (I)

Exemplo simples do que se acaba de dizer é a pilha de Daniell, constituída pelos semi-elementos Zn/Zn⁺⁺ e Cu/Cu⁺⁺.

As reações nos eletrodos são:



e a da pilha obtida pela associação dos dois:



Estes fatos mostram bem que uma pilha é uma unidade formada pela associação completa de dois semi-elementos, tal forma que os elétrons que estão a disposição em um deles pode passar para o outro, transformando a energia química em elétrica.

1.3.3. Pilha Reversível. Eletrodo Reversível

O trabalho máximo que um sistema pode fornecer ao exterior está fundamentalmente ligado ao conceito de reversibilidade, uma vez que só pode ser obtido numa transformação reversível (conceito termo dinâmico).

Nas transformações irreversíveis há sempre dis-

sipação de energia, resultando um trabalho menor, e a diferença depende do modo como se faz a transformação. Em consequência, o estudo quantitativo, termodinâmico, dos fenômenos que ocorrem numa pilha só pode ser feito em condições de reversibilidade; os valores numéricos para se usar num estudo deverão ser obtidos em transformações muito aproximadamente reversíveis, sucessões contínuas de estados de equilíbrio.

Assim, vamos balancear a f.e.m. de uma pilha por um sistema auxiliar (que pertença ao meio exterior) pelo método de oposição de Poggendorf. Se a f.e.m. externa é "ligeiramente" inferior à da pilha, ocorre o seu processo físico-químico espontâneo; se é "ligeiramente" superior, ocorre o processo inverso.

Podemos, deste modo, realizar as reações de pilha num sentido ou no outro tão devagar quanto se desejar, ou seja, em condições muito próximas às reversíveis.

A reversibilidade de uma pilha implica evidentemente, na reversibilidade de seus semi-elementos, isto é, suas reações devem também ser reversíveis.

Em resumo, pode-se dizer que o processo físico-químico que ocorre numa pilha, quando a corrente elétrica "flui" num determinado sentido, pode ser exactamente invertido (passando pelos mesmos estados)

ao se obrigar a corrente a fluir em sentido inverso, então essa pilha é dita reversível.

Abstraindo-se a difusão iônica no contato dos eletrólitos, a pilha de Daniell é um exemplo prático de pilha reversível, uma vez que é possível a invertibilidade da reação de um modo que se aproxima sobremodo do processo limite ideal.

1.3.4. Definição de acumulador (ou bateria)

Em princípio, qualquer pilha cuja reação seja invertível (*) pode ser usada como acumulador. De fato, pode-se definir acumulador de energia elétrica como um sistema eletroquímico no qual se pode acumular energia elétrica, como energia química latente, capaz de ser utilizada à medida e do modo que for necessário.

É uma pilha galvânica e, que, uma vez esgotados seus reagentes ativos pela reação espontânea de descarga, eles podem ser regenerados, pela reação inversa da carga, aplicando-se aos eletrodos uma diferença de potencial externa.

(*) Não se deve confundir o termo reversibilidade usado na termodinâmica com invertibilidade. Todo processo reversível é invertível, por natureza, mas nem todo

processo invertível é reversível.

1.3.5. Acumulador (ou bateria) de placas de chumbo

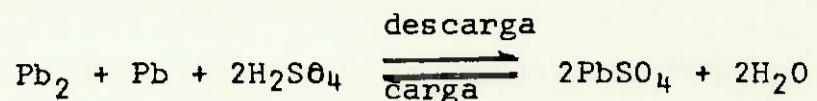
Quando carregado, a bateria de placas de chumbo é constituído de dois conjuntos de placas alveolares de chumbo interligadas. Num deles, que constitui o pólo positivo, os alveolos estão cheios de / PbO_2 (pó marrom); no outro, o pólo negativo, estão cheios de microcristais de chumbo cinzento esponjoso.

As placas positivas e negativas estão separadasumas das outras por placas isolantes, que podem ser de diferentes materiais: matéria plástica, madeira, ebonite etc., são, às vezes, onduladas com pequenos furos que facilitam a migração de ions e da solução.

Este conjunto de placas está imerso numa solução aquosa de H_2SO_4 , com massa específica que varia conforme a voltagem e amperagem definidas no projeto de fabricação. Em uma bateria automotiva (12 volts), a massa específica fica compreendida entre 1,15 e 1,3 g/cm^3 (21 a 39% de H_2SO_4 em massa).

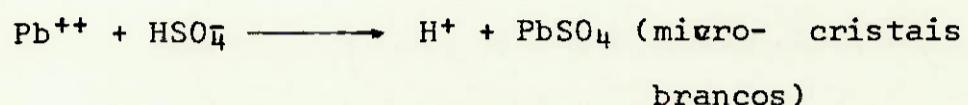
Como já foi dito anteriormente, um acumulador é uma pilha invertível, isto é, em que a reação que se processa na descarga é inversa da que se dá

na carga. Essa reação é:

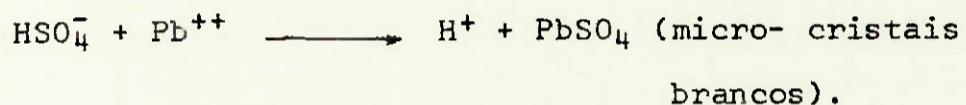


Acredita-se que na descarga se tenha as seguintes reações nos eletrodos:

- No eletrodo negativo;



- No eletrodo positivo.

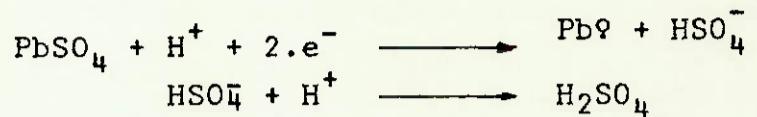


Durante a carga, o polo que, na descarga, era doador de elétrons para o circuito externo deve ser, agora, receptor de elétrons a fim de se dar a inversão das reações químicas. Para isso ligamos o acumulador a um gerador qualquer de corrente contínua ou a um retificador, polo positivo com polo positivo e negativo com negativo.

As reações que se passam nos eletrodos duran

te a carga são:

- No eletrodo negativo;



- No eletrodo positivo;



Como, na descarga, desaparece H_2SO_4 e aparece' água, a massa específica do eletrólito vai diminuindo. A medida desta permite, assim, um controle fácil da carga.

Fenômeno frequente em acumuladores não usados convenientemente é a sulfatação das placas. O sulfato de chumbo que se forma na descarga normal é microcristalino, com aspecto amorfó e facilmente a travessado pelo eletrólito; nestas condições ele ' se dissolve muito facilmente na carga. Entretanto, se o acumulador sofre grandes variações de temperatura, se for carregado rapidamente etc., formam-se cristais relativamente grandes e compactos de sulfato. Isso torna impossível a recarga.

2º Parte - O PROCESSO DE FABRICAÇÃO

2.1. Descrição Geral.

Pela descrição do acumulador de placas de chumbo, feito no ítem 1.3.5., podemos concluir que a maior parte da bateria é constituído de dois materiais: chumbo e ácido sulfúrico, praticamente o resto pode ser considerado como componentes periféricos ou complementos da mesma.

O desenho J1/84-01 mostra o croqui da bateria objeto deste estudo; basicamente ela é formada por placas positivas ("grelha" em forma de varetas) e negativas ("grelha" alveolares) de chumbo, separadas por um papel microporoso de borracha e acondicionada em um vaso de resina SAN (estireno de acrilo nitrila). Aos terminais da placa são soldadas duas réguas de chumbo, que por sua vez ligam-se aos pólos positivo e negativo do acumulador. O conjunto todo é fechado por uma tampa (de poliestireno de alto impacto), que possui três furos passantes, dois para os pólos e um para a rolha de explosão (que serve de respiro e de acesso para se fazer a manutenção da bateria). A vedação nos pólos é feita por guarnições de borracha, enquanto a tampa é colada no vaso por um produto feito à base de silicone.

Exceto pelos tubetes de fibra de vidro que envolvem as "varetas" da placa positiva, toda a parte não metálica da bateria (vaso, tampa, placa espaçadora, papel microporoso, componentes de borracha, etc.), é fornecida por outra fábrica da empresa ou, então, por terceiros.

O chumbo, que chega em forma de barras e em diferentes composições químicas, é conformado na fundição da fábrica, resultando nas placas, pólos e réguas, ou é triturado, transformando-se nos pó's de chumbo para as placas (óxido de chumbo para as positivas e chumbo esponjoso para as negativas).

O fluxograma 1 mostra as diversas etapas do processo de fabricação de uma bateria industrial estacionária e o relacionamento existente entre elas.

2.2. Descrição das Etapas do Processo de Fabricação:

2.2.1. Recebimento e Distribuição de Materiais.

O recebimento do material é feito seguindo-se o cronograma apresentado pelo departamento de compras, obedecendo-se para cada ítem um prazo de tolerância pré-estabelecido. Após a recepção e conferência do material, o mesmo é armazenado no almoxarifado geral (ou na seção onde será utilizado), sendo liberado pelo DPC P (depto de programação e controle da produção) conforme a necessidade da linha de produção.

O fluxograma 2 apresenta a distribuição dos materiais pelas diversas seções da fábrica.

2.2.2. Fundição.

Nesta etapa do processo de fabricação (fluxograma 3) são fundidos os diversos componentes de chumbo da bateria industrial, que são os seguintes:

- a. Placa Positiva - mostrada no desenho J1/84-02; é fundida sobre pressão. É constituído de um suporte com o terminal de um lado e no outro localizam-se as "varetas" que servirão de guia para os tubetes que irão conter o óxido de chumbo.
- b. Placa Negativa - mostrada no desenho J1/84-03; é fabricada pelo processo normal de fundição, possui uma estrutura alveolar múltipla onde o chumbo esponjoso irá ser condicionado.
- c. Buchas, Pólos, Suplementos, Réguas - componentes a serem utilizados na montagem de bateria, servirão para unir os terminais positivos e negativos das placas.

2.2.3. Fabricação de Tubetes:

O tecido de fibra de vidro chega à fábrica em rolos de 50 ou 100 metros. Para ser conformada com um perfil quadrado ela passa por uma máquina onde é desenrolada continuamente, recebendo uma impregnação de cola, sendo que no final é cortado por um dispositivo pneumá-tico de corte (comprimento nominal mais tolerância mais comprimento devido ao atraso do sistema pneumático).

Os tubetes cortados passam então por uma estufa e depois recebem uma resina para aumentar sua resistência

à tração, porém sem perder a permeabilidade.

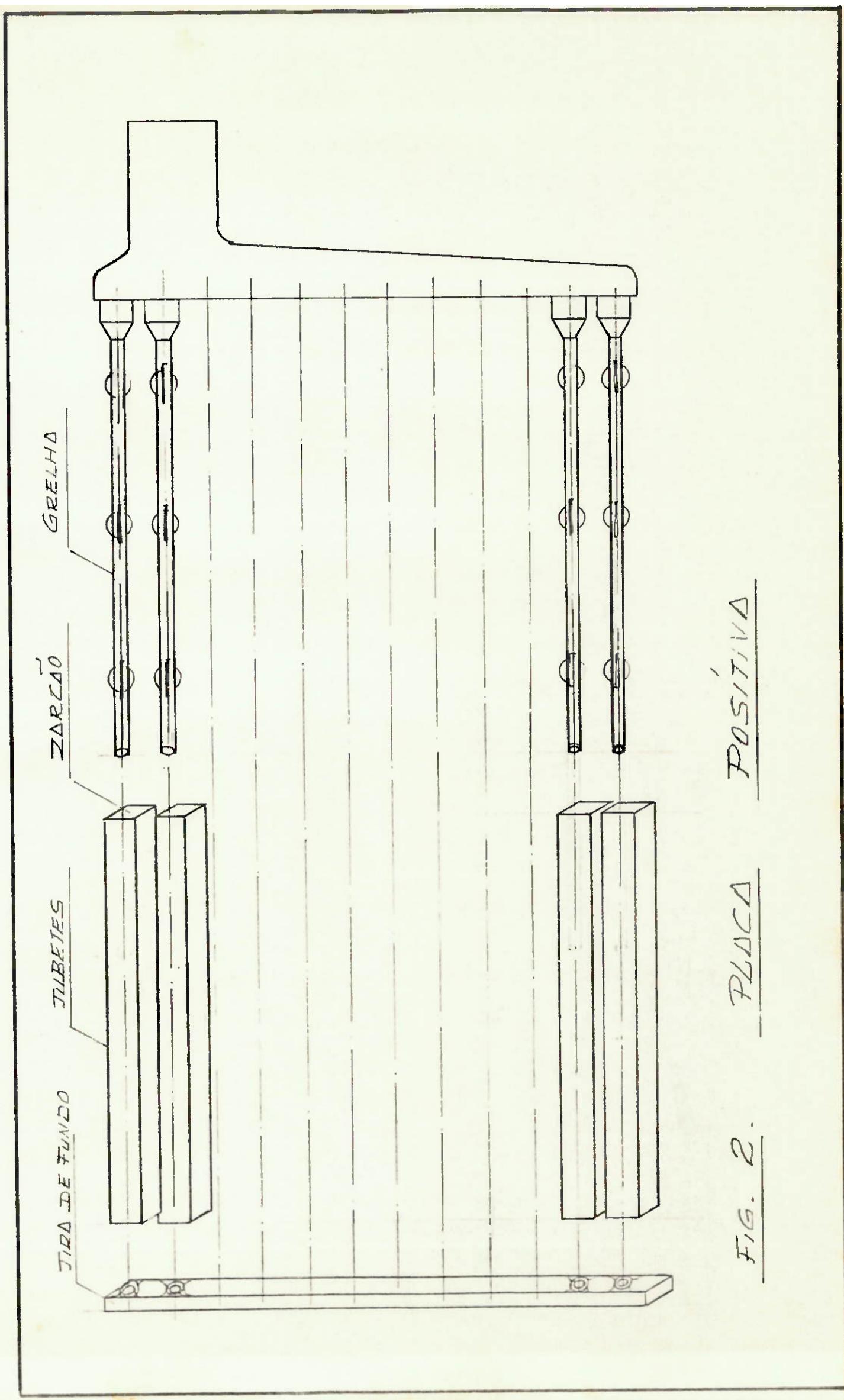
Na etapa final são cortados no seu comprimento correto, recebendo uma cola especial nas suas extremidades para reforçá-las. As etapas da fabricação do tubete são mostradas no fluxograma 4.

2.2.4. Montagem das Placas.

Dá-se o nome de montagem das placas à etapa do processo de fabricação na qual as grelhas positivas e negativas recebem a massa de chumbo que será responsável pela transformação da energia química em elétrica e viceversa (ítem 1.3.3.) (vide fluxograma 5).

As placas positivas recebem os tubetes de fibra de vidro antes de irem para a vibração, onde o óxido de chumbo é compactado dentro do tubete, finalmente a placa recebe uma tira de fundo, que mantém o zarcão dentro dos tubos (fig. 2).

O chumbo esponjoso é condicionado nos alvéolos da placa negativa através do chamado empaste, que consiste em compactar a pasta de chumbo nas placas através de uma prensagem, que é feita por dois cilindros metálicos revestidos por gazes (fig. 3). Após o empaste as placas vão para uma sala de cura onde ficam de 5 a 10 dias.



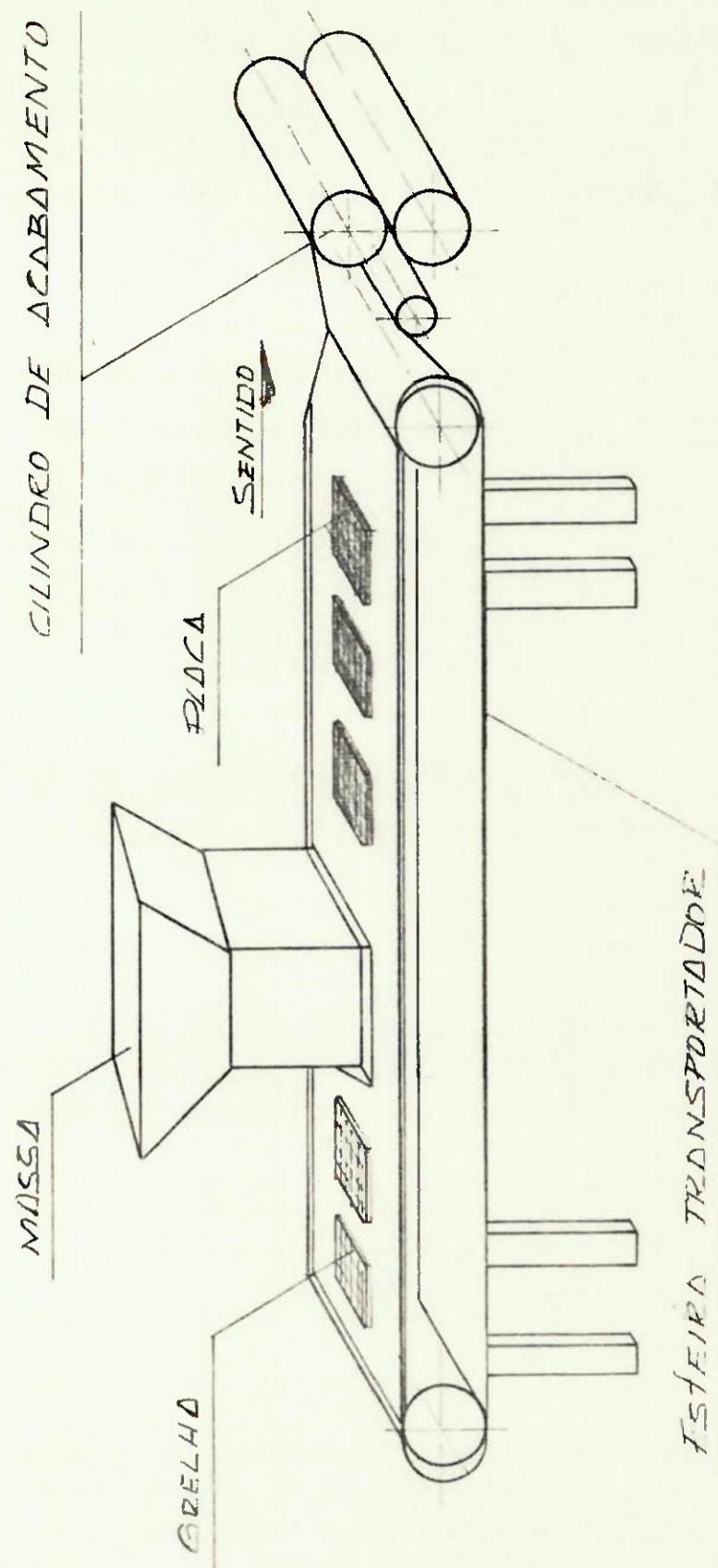


FIG - 2 *MOLDE* *CILINDRO DE ACABAMENTO*

2.2.5. Formação das Placas:

A formação consiste na primeira carga das placas, ela é feita dispondo-se alternadamente placas positivas e negativas num tanque (de ebonite ou fibra de vidro) contendo ácido sulfúrico e ligando os terminais das placas à um retificador de corrente contínua.

2.2.6. Montagem da Bateria:

O primeiro passo para a montagem da bateria é o agrupamento das placas em um bloco. Para isso elas são dispostas alternadamente (intercalando-se entre elas separadores microporosos de borracha, para evitar curto-circuitos), seus terminais são ligados por duas régulas (uma para cada polaridade) e estas são por sua vez soldados aos pólos.

Após isso o bloco é colocado e ajustado dentro dos vasos de resina SAN, processa-se a colagem e vedação do conjunto e a bateria vai para a ativação final, onde ela recebe ácido sulfúrico e a carga de corrente contínua que a deixará com as especificações elétricas de projeto. (fluxograma 7).

Passa-se então por um teste de aceitação (medição de voltagem e amperagem) e, caso aprovada, a bateria segue para o acabamento, onde receberá as correspondentes etiquetas de identificação e informação e o acabamento final.

3º Parte - O CONTROLE DE QUALIDADE

3.1. Conceitos - Definições

Pode-se definir controle de qualidade de diversas maneiras, mas, basicamente, ele é um sistema amplo e complexo que abrange todos os setores de uma empresa em um esforço comum e cooperativo, pois tem em vista estabelecer, melhorar e assegurar a qualidade da produção em níveis econômicos para satisfazer aos desejos dos consumidores.

Ele difere bastante da inspeção tradicional, que apenas verifica a qualidade do produto acabado; o moderno controle de qualidade atua em todas as fases do processo produtivo: sua diretriz é evitar a produção de ítems de qualidade insatisfatória, em lugar de somente separá-los ao final da produção.

Podemos dividir o controle de qualidade em quatro etapas diferentes: a que ocorre durante o projeto do produto; a verificação, na recepção, do material a ser utilizado na produção; o controle exercido no processo de fabricação e, finalmente, a inspeção do produto acabado. Neste trabalho atemo-nos mais nas três últimas etapas, principalmente pelo fato do produto já se encontrar em produção.

As técnicas empregadas na realização de um programa de controle de qualidade diferem de empresa para empresa, de acordo não apenas com o tipo de produto, como também da política

adotada pela mesma, mas, de modo geral, podemos dizer que o C.Q. é um ciclo que abrange as seguintes fases:

- a. especificação
- b. fabricação
- c. inspeção

Na especificação fixam-se os diversos parâmetros que identificam um determinado produto e as suas tolerâncias; conjuntamente elas podem formar o que é chamado de "NORMAS".

As normas constituem uma base-referência para, primeiramente, medir a qualidade do processo de fabricação e, numa segunda etapa, a qualidade do produto acabado. Segundo Shewart (*) as normas de qualidade são "magnitudes dos característicos do produto, necessários e suficientes para que sua qualidade seja satisfatória, adequada, fideldigna e econômica, do ponto de vista daqueles a quem a norma interesse". Porém não será possível descrever grande parte das especificações da bateria neste trabalho, por motivo de sigilo industrial, pois, como não existe nenhuma norma brasileira específica para este tipo de baterias, são utilizadas normas desenvolvidas na empresa.

(*) Shewart foi o introdutor, em 1.923, dos conceitos de "tolerância de partida" e "especificação de aceitação". Foi também a primeira pessoa a esboçar um gráfico de controle de fabricação.

O controle para as diversas etapas da fabricação da bateria é feito de dois modos: inspeção completa ou inspeção por amostragem. A primeira é feita, na maioria das vezes, apenas para produtos acabados fornecidos por terceiros (caso dos vasos SAN) e, eventualmente em alguma etapa da fabricação. A grande maioria das inspeções são feitas por amostragem e seguem um determinado plano, que varia de seção para seção, conforme a importância da peça ou elemento produzido na mesma.

Entende-se por plano de amostragem o número de unidades do produto (peça ou elemento), de cada lote, que deve ser examinado (tamanho da, ou das, amostras) e o critério pelo qual se determina a aceitação ou não do lote. Neste trabalho, em média, as amostras representam de 7 a 10% do lote, podendo em alguns casos chegar a até 25%; para o critério de aceitação utiliza-se sempre a distribuição de Poisson, fixando-se um desvio máxima.

As ferramentas utilizadas pelo controle de qualidade são os mais diversos possíveis, abrangendo instrumentos que vão desde em simples paquimetro a um espectrômetro digital para analisar a composição química de materiais, passando por máquinas de tração e microscópios eletrônicos. Porém para que se possa obter o melhor desempenho deste aparato é necessário que periodicamente seja feito a calibragem e manutenção dos equipamentos de testes e instrumentos de medida.

Como já foi dito anteriormente um sistema de controle

de qualidade envolve praticamente todos os departamentos da fábrica, é necessário portanto um fluxo bem eficiente de informações entre todos eles, de modo a permitir decisões rápidas (por exemplo: a liberação de um lote de ácido sulfúrico é feito pelo C.Q., mas a análise é realizado no departamento de química, logo quanto mais rápido o C.Q. enviar a solicitação e o D.Q. a responde, mais rápido será a liberação do lote para a produção. Um atraso deste tipo pode ser fatal, podendo, eventualmente, até parar um terceiro departamento).

Já foram identificados três elementos que formam um bom C.Q.: normalização, equipamento e fluxo de informações, para complementar o elo basta que citemos o elemento motor, sem o qual nada funcionaria: uma equipe de bom nível técnico.

Introduzidas algumas observações, conceitos e explicações passaremos agora à descrição do controle de qualidade do processo de fabricação de uma bateria industrial.

3.2. Descrição do Controle.

3.2.1. No Recebimento

O aviso de entrada de material chega ao C.Q. a través do almoxarifado. Podemos dividir o material recebido em dois tipos: matéria-prima e peças/componentes. São matérias-primas: Pb puro, ligas de Pb/Sb, Zarcão, ácido sulfúrico, resina fénólica, etc.. As amostras são colhidas pelo inspetor de qualida-

de designado para a seção, que as envia ao laboratório químico para análise e comparação com as especificações; baseado no relatório, que é enviado como resposta, o inspetor libera o lote para o almoxarifado ou então devolve o material ao fornecedor.

Os vasos, tampas, separadores, tiras de fundo, placas espaçadoras, peças de borracha, etc., são os chamados peças/componentes da bateria. Para os componentes principais (vaso, tampa, placa espaçadora) é feita uma inspeção completa que inclui verificação dimensional e visual (os ensaios destrutivos de resistência são realizados antes da liberação do lote no fornecedor e pelo mesmo, estando presente um representante da nossa fábrica). As demais peças recebem inspeção conforme um plano de amostragem. De posse dos resultados o inspetor libera (total ou parcialmente) o lote ou não.

3.2.2. Na Fabricação

A primeira etapa a ser controlada é a fundição de peças de chumbo; primeiro deve ser feita uma análise da composição do chumbo no cadiinho, para verificar a necessidade da adição de outros componentes, de modo a atingir às especificações de composição do material fundido. Após fundidas as peças (placas, pólos, buchas e suplementos), deve ser realizado uma inspeção visual quanto a falhas de fundição, fissuras e trincas (amostra de aproximadamente 10% do lote); testes adicionais de ductilidade (e/ou fragilidade) também devem ser realizados, conforme referências dos desenhos, normas internas ou fichas de C.Q..

Caso haja um número de peças ou lotes rejeitados muito grande, deve ser feita uma análise do problema junto a engenharia industrial (processos) para solucionar a mesma; as providências a serem tomadas devem seguir para o P.C.P. para reescalonamento da fundição durante a manutenção da máquina, troca do molde ou do cadiinho.

O controle da fabricação de tubetes de fibra de vidro deve ser o mais acurado possível, pois o mesmo é responsável pelo aumento da superfície de contato do material ativo com o eletrolito, assim como pela

manutenção da estrutura compacta da placa, evitando que o chumbo ativo se desprenda da placa e venha a se depositar no fundo do vaso.

Além da verificação visual e dimensional, os inspetores de qualidade devem analisar as características físicas-químicas dos tubetes através de ensaios de tração, análise da porosidade dos tubetes e da camada de resina aplicada sobre o mesmo.

Na montagem das placas devemos controlar principalmente o enchimento das mesmas, isso é feito verificando-se a relação do peso de massa ativa por placa, conforme a norma interna. A importância deste ítem reside na influência que a variação da massa da placa traz tanto para a capacidade de carga final da bateria como para a eficiência dela.

Para a placa positiva devemos realizar ainda duas outras inspeções: a visual, que abrange os seguintes itens: integridade da placa após a vibração, estado dos tubetes (rasgos ou perda da resina), o posicionamento correto da tira de fundo e o preenchimento completo do tubete com o zarcão, e a química, que verifica a concentração do PbO_2 e do $PbSO_4$.

A placa negativa é inspecionada quanto a sua plasticidade e espessura após o empaste, além de sua

densidade; porém a liberação de um lote empastado para a formação só ocorre quando da aprovação do laboratório químico, que só pode realizar a análise (composição e aderência da massa) após o período de cura, pois pode ocorrer o aparecimento de "bolsas" de ar, que prejudicam a aderência da massa, assim como modificam a concentração da mesma.

Na formação das placas devemos controlar dois itens: a corrente elétrica aplicada nas placas e a concentração do ácido sulfúrico no tanque de formação, onde estão imersas as placas. Como a energia é fornecida por retificadores, basta fazermos a leitura da amperagem nos terminais das placas e, caso o multímetro não indique a corrente esperada (de projeto), devemos inspecionar a soldagem das réguas de chumbo que ligam os terminais das placas, ou aumentar a corrente na saída do retificador.

A fábrica recebe ácido sulfúrico puro; para ser utilizado na formação ele deve ter um peso específico de $1.210 \pm 10 \text{ g/dm}^3$ a uma temperatura de 25°C ; como o P.E. varia com a temperatura, deve-se acrescentar 0,7 pontos (1 ponto = $0,001 \text{ Kg/dm}^3$) à leitura do densímetro para cada grau acima da T padrão (ou subtraído, se abaixo).

Um lote formado só é liberado após a análise das placas formadas pelo laboratório químico (onde se verifica a incidência de sulfatação nas grelhas formadas, um índice acima de 8% na amostra, reprova o lote.

Durante a montagem verificam-se os seguintes itens: posição do separador microporoso utilizado entre as placas (a face que apresenta ranhuras deve estar sempre voltada para a placa positiva e a lisa para a negativa; montagem conforme o desenho; qualidade da solda; teste de curto-círcuito e qualidade da colagem/vedação dos elementos (efetuada visualmente). A cola (fornecida por terceiros) é sempre examinada no laboratório químico, no que se refere à sua absorvividade de ácido, tempo de secagem, porosidade e aderência ao vaso e a tampa.

As baterias montadas recebem o eletrólito e vão para a carga final (verificam-se a concentração do ácido e a amperagem da carga); isto feito são realizados os testes elétricos em todos os elementos - (com ou sem a presença dos clientes), antes de liberá-los para o acabamento.

3.2.3. No Acabamento

Os elementos montados e prontos deverão ser sub

metidos as verificações abaixo mencionadas:

- EXAME VISUAL

. Bornes de ligação - sem falhas de fundição, montados corretamente e envolvidos com suficiente quantidade de graxa anti-ácida uniformemente distribuída. Deve constar a marcação + e - data de fabricação e código nos mesmos. Não deve haver vazamento de solução através da junção borne-tampa. Os bornes devem ter os respectivos parafusos e porcas para as interligações com as rôscas em perfeitas condições permitindo correto aperto das interligações.

. Conjunto Vaso - O vaso deve estar limpo, sem rebarbas, uniforme quanto à cor, sem trincas ou lugares machucados. A colagem tampa-vaso deve ser completa, a cola distribuída de maneira uniforme, contínua e sem escorrimentos. Não deve haver vazamento de solução através de qualquer ponto da junção tampa-vaso. As rolhas devem ser do tipo adequado e com perfeita adaptação e encaixe.

. Identificação - Verificar se os elementos apresentam identificação necessária. Caso haja, solicitação especial do cliente esta deve ser comunicada ao C.Q. com antecedência.

. Interior do Elemento - Os separadores não devem apresentar falhas como: quebras, trincas, deformações e devem estar colocados corretamente.. Os tubetes das placas positivas devem estar perfeitos, tendo as extremidades em vedadas. O conjunto das placas sem deformações, falhas de solda ou afastamentos exagerados entre as placas (separadores) e corretamente apoiados nos pontos previstos. No fundo do vaso pode haver uma camada de sedimentação a qual normalmente ocorre após o 1º enchimento e carga. O nível da solução, deve encontrar-se próximo a marca superior.

- EXAME DIMENSIONAL

. Verificar as medidas do conjunto:

- altura total: $(*) \pm 2$ mm.
- distância entre os centros dos bornes: $(*) \pm 2$ mm.
- bornes quadrados de: $(*) \pm 1$ mm.

. Barras de ligação:

- distância entre os centros dos furos: $(*) \pm 2$ mm.
- comprimentos total: $(*) \pm 2$ mm.
- espessura: $(*) \pm 0,5$ mm.

(*) medida conf. tipo de elemento: ver o desenho.

- EXAME DE DENSIDADE

Medir a densidade (elemento plenamente carregado) que deverá ser: $1,210 \pm 0,010$ às $26^\circ C$.

- ENSAIOS DE DESEMPENHO

São ensaios que poderão ser feitos p/ atender o teste de aceitação do cliente.

. Descarga. Teste de Capacidade - A descarga deverá ser efetuada com elemento plenamente carregado até a tensão final de 1,75V. Registrar os valores de: corrente (constante), tensão, densidade e temperatura, Calcular a capacidade (Ah) obtida, a qual não deverá ser inferior a 95% da nominal especificada à 25°C para qualquer regime de descarga. Se a temperatura do eletrólito diferir de 25°C a capacidade obtida deverá ser corrigida para temp. de referência 25°C usando tabelas ou curvas de correção.

. Carga - Após descarga em 10 horas - (Caso haja solicitação do cliente - Teste de aceitação). O elemento, após descarga conforme item anterior deverá ser recarregado com corrente constante (máximo: norma) e registrados: corrente, tensão, densidade e temperatura. O tempo de carga deverá corresponder a: Ah retirados no teste de capacidade + 20%. E de se destacar que esta é a recarga mais rápida para de definir o comportamento do elemento quanto a carga.

. Rendimento - (Caso haja solicitação do cli

ente - Teste de aceitação).

Para determinar o rendimento quanto aos Ah, de
verá proceder da seguinte maneira:

a) descarga do elemento conforme - item "Des-
carga - Teste de Capacidade".

b) recarga do mesmo até 90% da capacidade ob-
tida (item a) com regime usado na descarga.
Registrar os Ah repostos.

c) nova descarga neste mesmo regime até a ten-
são final de 1,75V

$$\text{RENDIMENTO} = \frac{\text{Ah (item C)}}{\text{Ah (item B)}} \cdot 100$$

- CONDIÇÕES GERAIS

Para os exames visual, dimensional e de densidade
será realizada inspeção completa (todos os elemen-
tos).

Os ensaios de desempenho serão feitos por amostra
gem. As amostras deverão ser escolhidas ao acaso de
lote pronto, sendo que o número de elementos neces-
sários para os ensaios será de 2 (com conforme espe-
cificações do projeto ou cliente).

3.3. Comentários Finais

Um sistema de controle de qualidade, na verdade, é al-

go muito mais complexo do que o apresentado neste trabalho, porém a maior parte desta complexidade deve-se à parte burocrática do C.Q. (requisições, ordens de serviço, relatórios, etc), ou seja, a documentação que é utilizada para se manter a administração e o controle da produção; envolve ainda uma série de detalhes como o tipo de etiqueta a ser colocado em determinado lote cor da mesma e informações que ela deve conter; fixação das responsabilidades; divisão da equipe de C.Q. pelos diversos setores etc.

Porém, neste trabalho, preocupamo-nos apenas com o básico essencial sobre o qual um C.Q. é montado (necessário, para uma linha de montagem de bateria industrial estacionária), ou seja, as etapas da produção onde ela é necessária e o que deve ser controlado. O que fica faltando é o detalhamento deste controle (chamemos de fixação das diretrizes do C.Q.), porém, apesar de não nos ser possível detalharmos mais neste ponto, pois começará a envolver detalhes técnicos sigilosos de produção e projeto, acreditamos ter atingido a nossa proposição inicial.

4º Parte - BIBLIOGRAFIA

- Falk, S.U. & Salteina, A.J.
"Alcaline Storage Batteries"
New York - John Wiley - 1.969

- Liebhassky, H.A. & Cairns, E.J.
"Fuel Cells and Fuel Batteries"
New York - John Wiley - 1.968.

- Vinal, G.N.
"Storage Batteries: A General Trataise on the Phisies and Chemistry of Secondary Batteries and their Engineering Application". - 4th. edition
New York - John Wiley - 1.965.

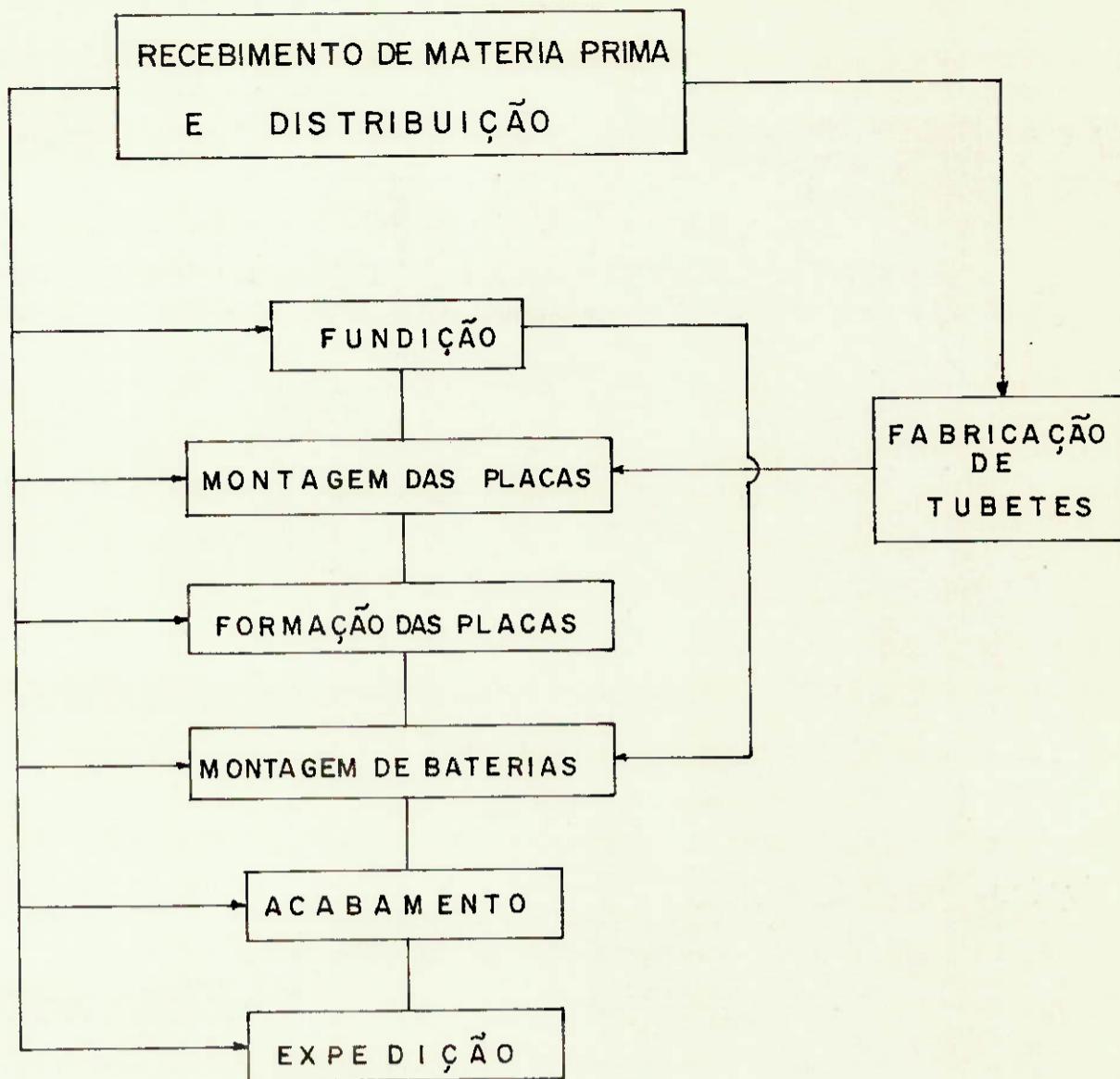
- Bode, H.
"Lead Acid Batteries; translated by R.J. Brodd and Karl V. Kordesch".
New York - John Wiley - 1.977.

- Calegare, A.J.A.
"Introdução à Garantia da Qualidade".
São Paulo - E.T.C.N.S.P. - 1.983.

- Lourenço Filho, R.C.B.
"Controle Estatístico de Qualidade".
São Paulo - L.T.C. Editora - 1.974

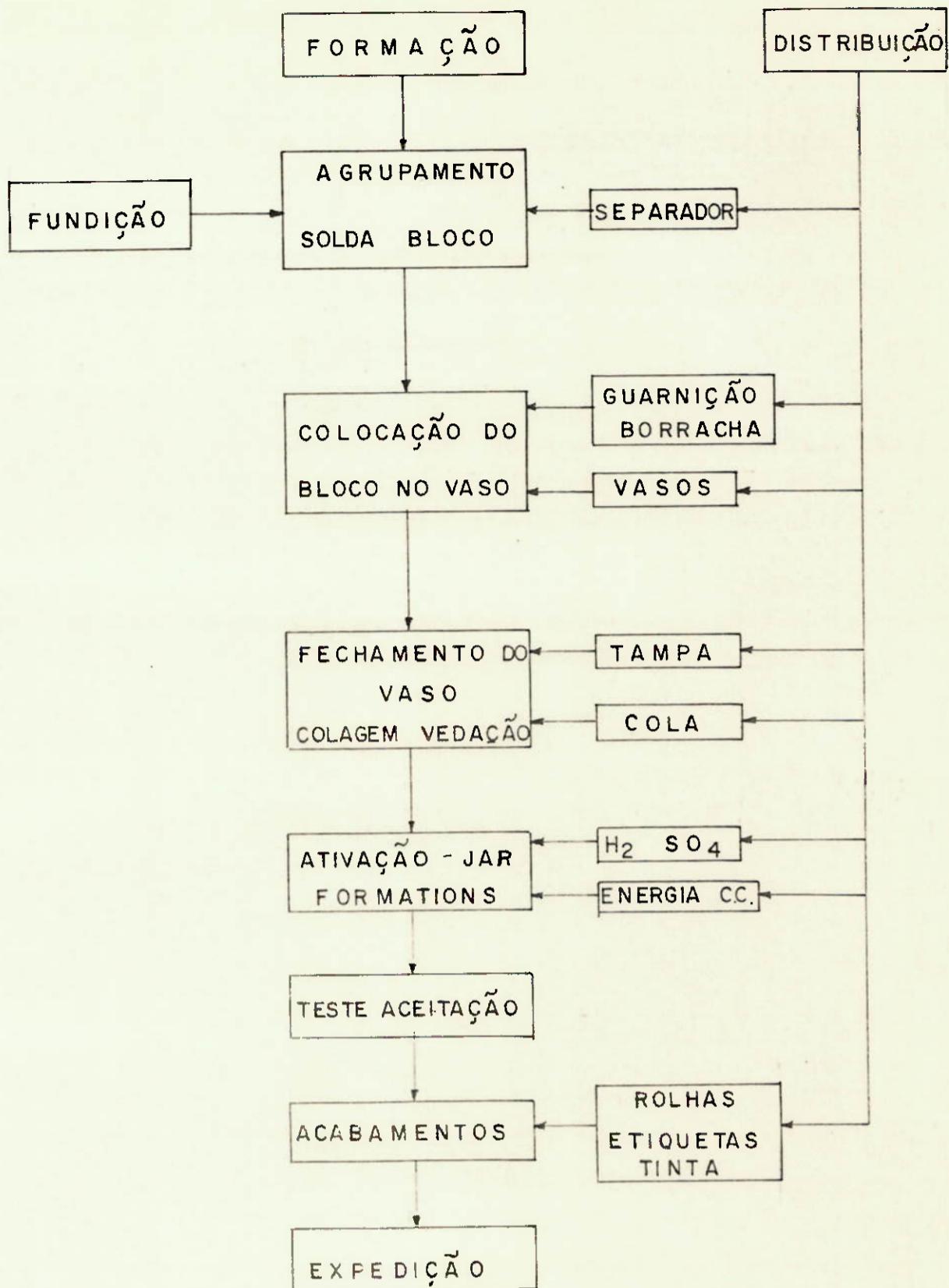
- Breiter, M.W.
"Eletrochemical Process in Fuel Cells".
New York - Springer Verlaeg - 1.969.

Anexo I - FLUXOGRAMAS



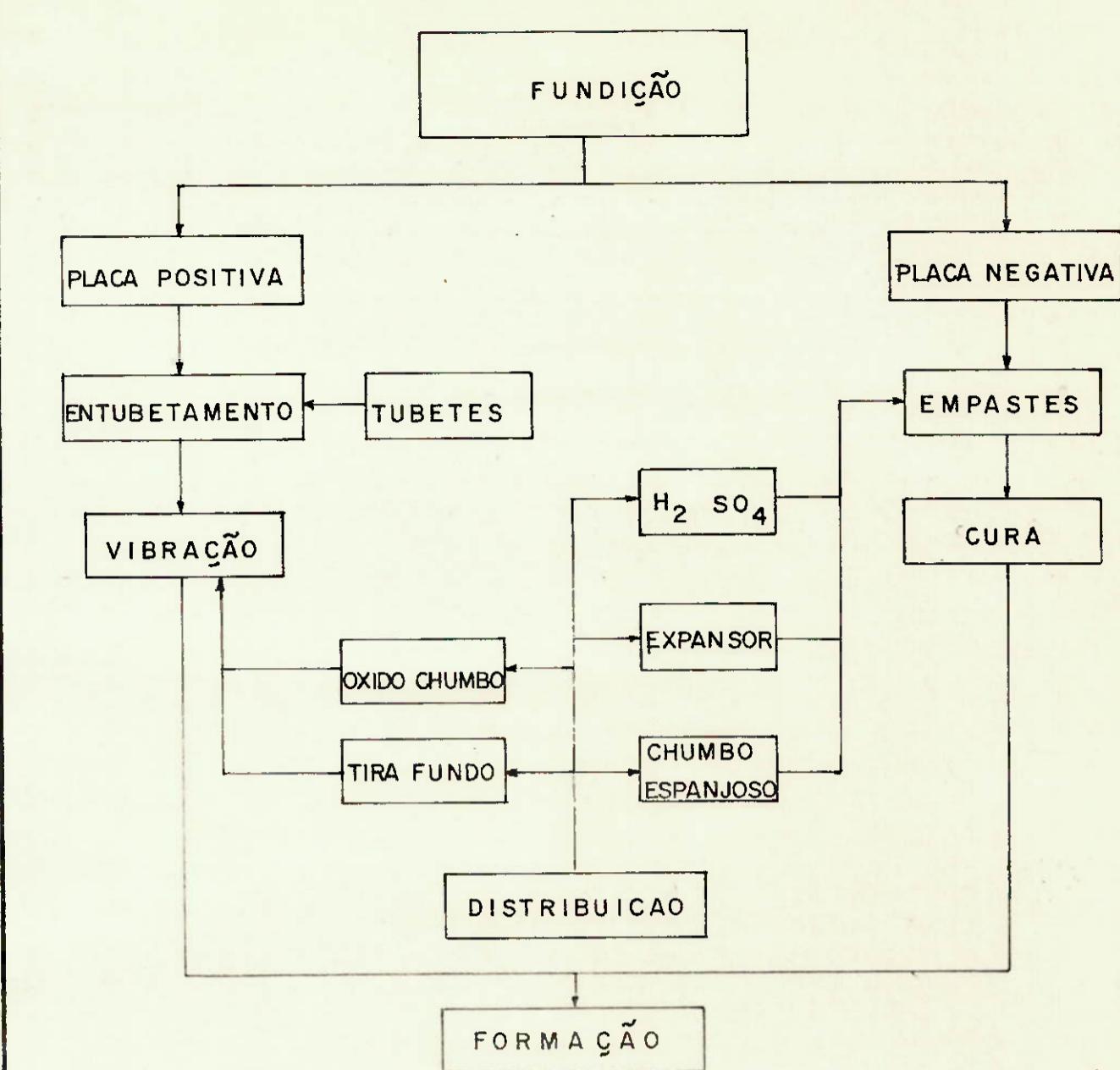
FLUXO DE ESQUEMA BASICO DAS ETAPAS DO PROCESSO

DE FABRICAÇÃO DA BATERIA INDUSTRIAL ESTACIONARIA

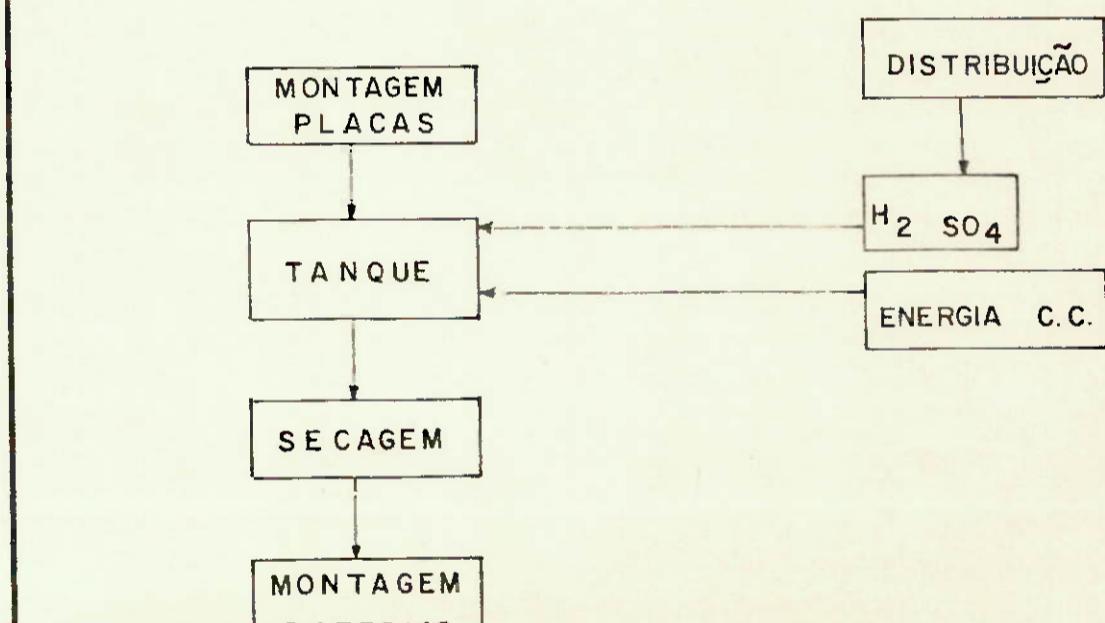


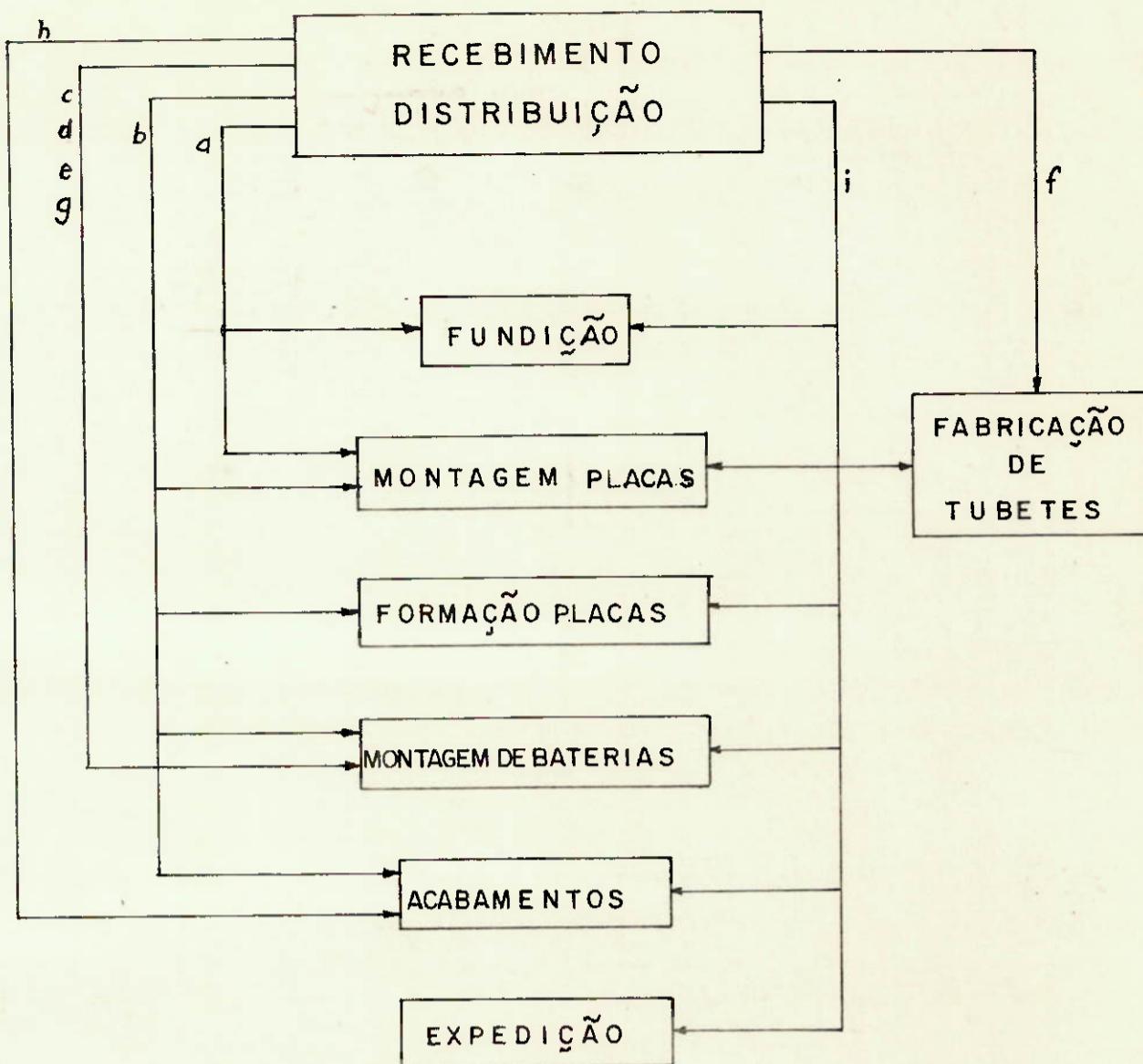
FLUX. 07 MONTAGEM DE BATERIAS

FLUXO 05 MONTAGEM DAS PLACAS



FLUXO 06 FORMAÇÃO DAS PLACAS





a - CHUMBO LIGAS DIVERSAS E ZARCÃO

b - $H_2 SO_4$

c - VASOS

d - TAMPAS

e - GUARNIÇÕES DE BORRACHAS

f - TECIDO DE FIBRA DE VIDRO

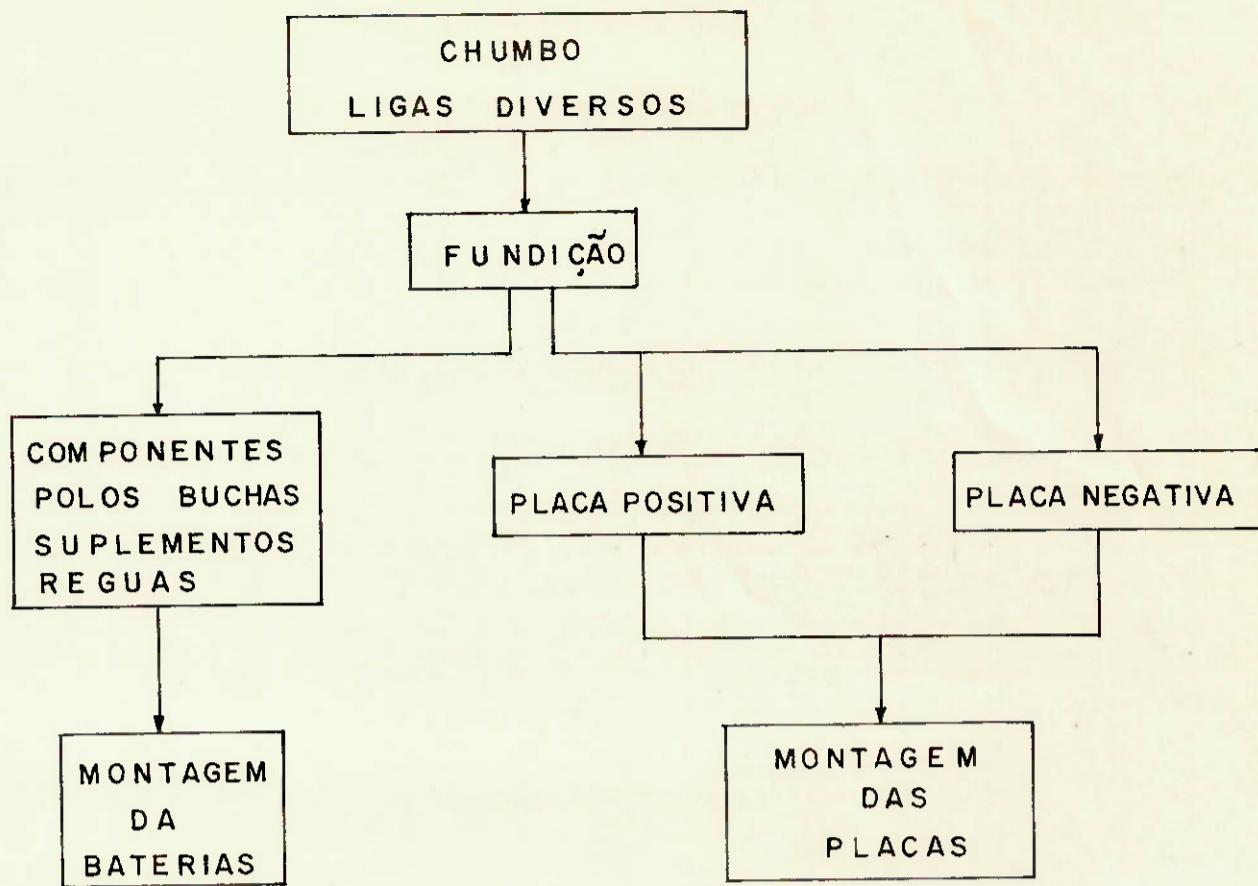
g - SEPARADORES MICROPOROSOS DE BORRACHA

h - TINTA, ETIQUETA, ETC

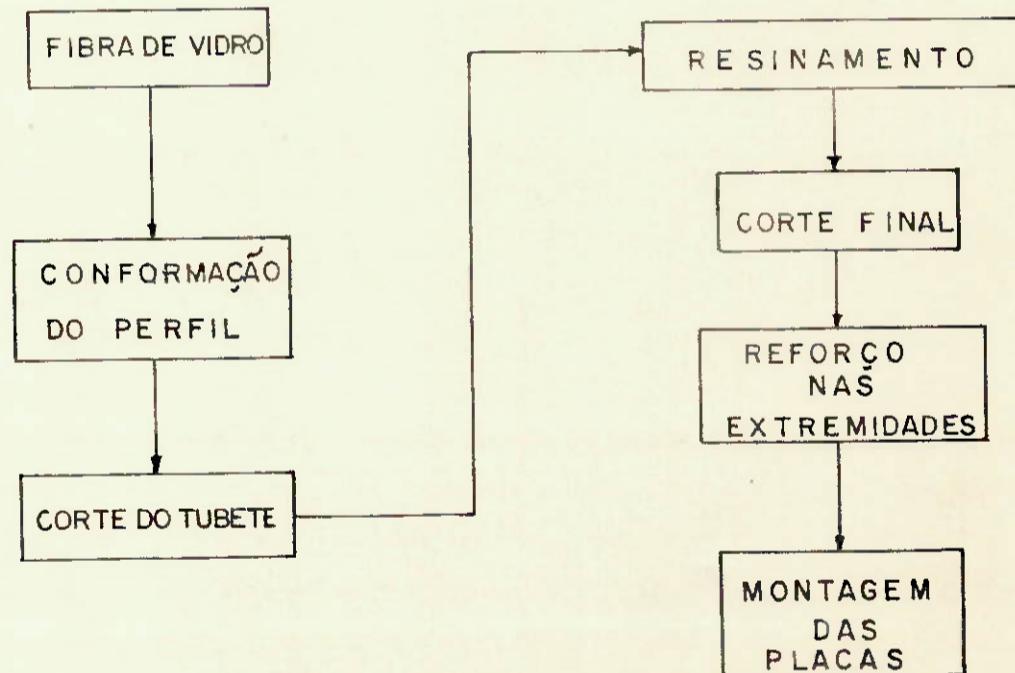
i - MATERIAL DE SUPORTE

FLUXO 02 DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAIS FEITA
PELA DIVERSAS SECÕES DE FABRICAÇÃO

FLUX 03 FUNDIÇÃO



FLUX 04 FABRICAÇÃO DOS TUBETES



Anexo II - DESENHOS