

Solda Estanho-Chumbo

Aplicações na Eletrônica

E. A. C. Aranha Neto, UFPR

Resumo - Este documento apresenta as características da liga estanho-chumbo nas suas diversas proporções e as aplicações dessa liga como solda na eletrônica.

Palavras-chave - Solda, Estanho, Chumbo, Eletrônica.

I. INTRODUÇÃO

A publicação quinzenal americana "TIN RESEARCH INSTITUTE" na matéria "Estanho e Seus Usos", revelou que alguns dos bronzes Sumarianos datados de 3500 a 3000 a.c. "sugerem que nossos ancestrais freqüentemente obtinham um standard e uma qualidade de trabalho bastante alta". Esta foi sem dúvida, uma grande realização em vista dos meios primitivos que haviam disponíveis para este propósito durante aquela época.

A contribuição moderada das "Eras Pré Históricas" sobrepuaram os esforços frustrados dos alquimistas em tentar transmutar metais. Porém os alquimistas abriram o caminho para os químicos mais tarde descobrirem novos metais. Nesse intervalo, algumas pequenas vitórias foram conseguidas no artesanato e na metalurgia, principalmente no desenvolvimento dos processos tradicionais ou pela introdução de algumas inovações. Nos tempos modernos, não só alguns sonhos dos alquimistas se tornaram realidade, como também as perspectivas para a metalurgia e trabalhos com metais tem sido estendido em um domínio novo e vasto pelas pesquisas científicas e aplicações práticas, cujas fronteiras não são ainda completamente conhecidas. Conceitos básicos e tecnologia descoberta, desenvolvida e usada na antiguidade, são ainda válidos e predominantes nos dias atuais. Um destes conceitos é a junção dos metais por soldagem. A soldagem embora tenha sido praticada como uma arte por muitos milênios, vem sendo desenvolvida como uma ciência recentemente. Nossos conhecimentos das dificuldades químicas, físicas e metalúrgicas do mecanismo de soldagem estão sendo continuamente estendidos. Há no entanto muito mais a ser descoberto, experimentado e aprendido até que todos os segredos deste complexo e excitante fenômeno seja completamente conhecido.

A. Definição de Soldagem

De forma simples e objetiva, entende-se por soldagem o processo de junção de peças metálicas através do emprego de aquecimento das partes envolvidas, até a consolidação da

junta.

B. Definição de Soldas Brandas

São ligas metálicas de estanho e chumbo que possuem em geral temperatura sólida de 183° C, mais especificamente entre composições de 20 a 98% de Estanho. Ligas abaixo de 20% de estanho apresentam uma temperatura sólida mais elevada, o que permite serem utilizadas nos casos em que se exige maior temperatura na aplicação.

As diferentes formas de acabamento e tipos de ligas pre-determinam o seu uso final.

II. ESTANHO

O estanho, de símbolo Sn, é um elemento metálico usado pelos humanos há eras. Ele ocupa o grupo 14 ou IVa da Tabela Periódica, e tem número atômico 50 (o que o coloca na família dos Metais Representativos).

Estanho tem sido encontrado em tumbas no Egito e foi exportado para a Europa em grandes quantidades a partir de Cornwall, Inglaterra, durante o período romano. Os antigos egípcios consideravam o estanho e o chumbo como formas diferentes do mesmo metal.

Proveniente do minério de cassiterita, este metal apresenta como principal característica, elevada resistência anticorrosiva. Por este motivo é muito empregado em processos de eletrodeposição em chapas de aço onde atua consideravelmente bem contra oxidação e umidade.

A. Principais Ligas

As ligas de estanho mais comuns são o **bronze** (estanho e cobre), a **solda** (estanho e chumbo), e estanho, chumbo e antimônio (metal patente). Também é usado em liga com o titânio na indústria aeroespacial.

A solda é uma liga particularmente interessante na elétrica e eletrônica, usada para união e remendo de metais. Na eletrônica, a solda é usada para unir componentes eletrônicos a placas de circuito impresso ou fios. As soldas são comumente classificadas como macias ou duras, dependendo dos seus pontos de fusão e resistência mecânica. As soldas macias, como as usadas em eletrônica, são ligas de estanho e chumbo, algumas vezes com adição de bismuto; as soldas duras são ligas de prata, cobre e zinco (solda prateada) ou cobre e zinco.

B. Aplicações

O estanho é um metal muito procurado e utilizado em centenas de processos industriais, em especial na *galvanoplastia* e na formação de ligas como o bronze e as soldas. É usa-

do no fabrico das *folhas-de-flandres*, que são lâminas de aço ou ferro recobertas com estanho. Serve ainda como cobertura protetora para dutos de cobre e para manufatura de latas. O estanho protege o aço contra corrosão e age como lubrificante quando o aço passa entre superfícies durante a fabricação de latas. As folhas-de-flandres podem ser usadas para recobrir fios de cobre e para confecção de contatos elétricos.

O estanho também é usado como ingrediente em alguns inseticidas. O sulfeto de estanho, também conhecido como ouro mosaico, é usado na forma de pó para acabamento de bronze em artigos de plástico ou madeira.

C. Considerações Finais e Tendências Futuras

O estanho é um metal abundante e de custo acessível. Suas características tornam-no bastante importante no emprego para a engenharia, seja para galvanização de outros metais como o aço (tornando-os resistentes à corrosão), seja na confecção das ligas de solda.

Apesar de o processo de galvanização por zinco ser mais simples e barato que utilizando estanho, este ainda deve continuar sendo bastante empregado por anos vindouros. Novos métodos de fabrico de folhas-de-flandres melhoraram em cerca de um terço a resistência contra corrosão, comparados aos métodos anteriores.

As ligas de solda com estanho ainda não encontraram substituto. Isso faz deste metal componente vital na indústria eletrônica, que faz uso abundante das soldas.

III. SOLDA ESTANHO-CHUMBO

As soldas são produzidas na forma de lingotes, anodos, pastas, barras e vergas extrudadas, fitas laminadas e fios, estes últimos com ou sem injeção de um núcleo de fluxo, e trefilados nas formas e diâmetros especificados pelo cliente. Estes produtos são finalmente acondicionados em carretéis e caixas para atender às mais diversas utilizações.

Se as juntas forem projetadas com técnica, e executadas de maneira correta, permitirão que a união entre os metais e a solda propriamente dita se faça com modificação da estrutura cristalina, apresentando resistência mecânica final muito superior à da solda isoladamente, sem que ocorra a fusão dos metais a serem soldados. Também a transmissão de calor e de corrente elétrica se faz com bom desempenho através da junta soldada, o que permite sua utilização em trocadores de calor, componentes elétricos e circuitos eletrônicos.

Nas ligas de solda mais amplamente utilizadas, as ligas estanho-chumbo, o estanho representa o elemento que dá fluidez à liga (facilidade de preencher o vazio das juntas a serem soldadas), e a molhabilidade (capacidade de entrar em contato com os metais-base e formar com eles ligas metálicas). O chumbo serve como elemento de diluição para redução de custo, face ao seu menor valor comercial, mas também pode contribuir tecnicamente em alguns aspectos, como o de reduzir a temperatura de fusão para uma grande "família" de ligas, além de melhorar as propriedades mecânicas das juntas soldadas.

As ligas estanho-chumbo formam um eutético simples com

a composição aproximada de 63% de estanho e 37% de chumbo, o que significa que uma liga com essa composição se comporta como uma substância pura, com um ponto definido de fusão, no caso 183° C. Esta é uma temperatura inferior mesmo que a temperatura de fusão dos metais que compõem esta liga (estanho puro 232° C e chumbo puro 320° C), o que justifica sua ampla utilização na soldagem de componentes eletrônicos, onde o excesso de aquecimento deve sempre ser evitado.

Todas as demais ligas estanho-chumbo apresentam um intervalo de solidificação, ou uma faixa de temperaturas dentro da qual coexistem fase líquida e fase sólida, caracterizando-se um estado pastoso.

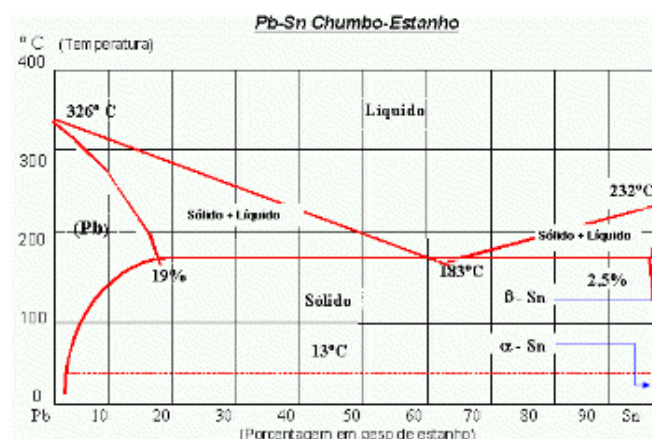


Figura 1. Diagrama de Fase da liga Sn/Pb.

Além do chumbo, outros metais são, às vezes, intencionalmente adicionados às soldas de estanho, com o objetivo de modificar propriedades mecânicas e/ou alterar o desempenho destas ligas em serviço.

Pequenas adições de até 0,5% de antimônio não afetam a soldabilidade, mas garantem a ausência do alumínio, um importante contaminante pela facilidade com que produz óxidos. Estes óxidos reduzem o brilho das juntas soldadas, diminuem significativamente a fluidez, e chegam mesmo a causar certa arenosidade.

A prata é adicionada normalmente ao estanho puro em teores próximos ao do eutético Sn-Ag (3,5% de prata com ponto de fusão 221°C) com a finalidade de obter um aumento substancial na dureza da junta de solda e na sua estanqueidade, além de melhorar sua resistência à oxidação.

Pequenas adições de 1 ou 2% de prata ajudam a inibir o arraste de prata em soldagem de contatos elétricos com este metal, em que pese o seu alto custo.

O cobre é adicionado em menor escala em ligas com composição próxima à do eutético Sn-Cu, sendo comuns ligas com 1,0 a 1,5% Cu, para minimizar o ataque das soldas às partes de cobre não revestidas.

Ligas de estanho-chumbo com elevadas adições de bismuto e cádmio são utilizadas com o intuito de produzir soldas com o ponto de fusão ou intervalo de solidificação muito baixos, com o eutético quaternário Bi-Sn-Cd-Pb fundindo a

apenas 70° C. Estas ligas são amplamente utilizadas como fusíveis de segurança contra incêndio em instalações de gás, ou para ativar sistemas de extinção de chamas.

A tabela abaixo indica as principais ligas de Sn/Pb e suas aplicações:

TABELA I
PROPORÇÕES DE ESTANHO / CHUMBO E SUAS DIVERSAS APLICAÇÕES

COMPOSIÇÕES QUÍMICAS			
LIGA Sn / Pb	DENS. g/Cm ³	INTERVALO DE FUSÃO	APLICAÇÕES
20 / 80	10,20	183 a 280°C	Soldagens por imersão
25 / 75	10,00	183 a 267°C	Soldagens por imersão, maçarico ou ferro de soldar
30 / 70	9,70	183 a 255°C	Soldagem de radiadores de automóveis, calhas, terminais e cabos elétricos
40 / 60	9,30	183 a 235°C	Trocadores de calor, calhas e motores elétricos
50 / 50	8,90	183 a 212°C	Manutenção elétrica, tubulações e conexões de cobre, terminais elétricos
60 / 40	8,60	183 a 189°C	Soldagem com ferro de soldar, circuitos impressos, componentes eletrônicos
63 / 37	8,40	183°C	Eletroeletrônica, soldagem por onda em máquinas automáticas, por imersão e ferro de soldar

A. Solda em Vergas

As soldas em vergas são usadas em soldagens com maçarico ou ferro de solda de alta potência, ou ainda na alimentação de cadinho de solda. Neste caso, as vergas de solda são usadas para alimentar um banho de solda estático onde são "estanhadas" fitas de latão para a fabricação de tubos de radiadores, ou terminais elétricos por simples imersão no banho de solda líquida, ou ainda para alimentar um cadinho de solda que sustenta uma máquina de soldagem por onda, onde placas de circuito impresso montadas com seus componentes são soldadas pelo contato com a superfície superior da onda de solda.

B. Solda em Anodos

As soldas em anodos foram desenvolvidas para uso em tanques de galvanoplastia, onde a solda é aplicada por deposição eletrolítica, ou em tanques de soldagem por imersão, onde a solda permanece aquecida no estado líquido, e os componentes ou partes são revestidas com a liga de solda por simples imersão.

C. Solda em Fita Laminada

As ligas de solda em fitas laminadas foram desenvolvidas para utilização em montagens mecânicas, onde a lâmina de solda faz parte de um conjunto que é levado a uma estufa para ser aquecido a uma temperatura ligeiramente acima do ponto de fusão da liga, quando então ocorre sua fusão e a soldagem dos componentes.

D. Solda em Fio Cheio

As soldas em fio cheio são utilizadas na soldagem de partes ou componentes nos processos que não são compatíveis com os resíduos de fluxo da soldagem com fio com núcleo de resina convencional.

Estes processos são muitas vezes complementados por acabamento de pintura ou deposição de uma camada metálica, e os resíduos de fluxo prejudicam estas operações posteriores de acabamento.

No caso de soldagem com fio cheio (ou sem núcleo de resina), a fluxagem da superfície a ser soldada é feita previamente com um fluxo líquido ou pastoso, sendo que os resíduos deste fluxo são mais facilmente removidos após a soldagem.

E. Solda em Fio com Fluxo

As soldas em fio com fluxo são utilizadas na soldagem manual ou automatizada com ferro de solda para inserção e/ou retrabalhos de componentes em placas de circuitos impressos, e na montagem de dispositivos elétricos ou eletrônicos.

F. Normas Internacionais

As normas internacionais para a liga Sn/Pb eutética são as seguintes:

TABELA II
NORMAS INTERNACIONAIS (EM %)

ELEMENTO	QQS - 571F	ASTM	J - STD - 006
ESTANHO	62,5 – 63,5	62 – 64	62,5 – 63,5
CHUMBO	DIF.	DIF.	DIF.
COBRE	0,080	0,080	0,080
ANTIMONIO	0,50	0,50	0,50
ZINCO	0,005	0,005	0,003
FERRO	0,020	0,020	0,020
ARSENIO	0,030	0,030	0,030
PRATA	0,100	0,100	0,100
ALUMÍNIO	0,005	0,005	0,005
SILÍCIO	0,005	0,005	N/A
OUTROS	N/A	N/A	N/A

IV. APLICAÇÕES

A. Montagem de Componentes Eletrônicos Convencional

A solda é uma liga particularmente interessante na elétrica e eletrônica, usada para união e remendo de metais. Na eletrônica, a solda é usada para unir componentes eletrônicos às placas de circuito impresso ou fios.

A solda para eletrônica também é conhecida como solda 60/40, devido a sua composição de liga de 60% de estanho e 40% de chumbo (mais utilizada do que a eutética por ser mais barata). Essa composição dá à solda uma boa condução elétrica e um ponto de fusão não muito alto, evitando o superaquecimento de componentes no momento da soldagem. Esta solda é manufaturada na forma de um fio maleável de coloração prateada. Dentro do fio há um núcleo de resina.

O processo de solda consiste em aquecer os componentes a serem soldados e a placa onde serão soldados, se for o caso, com um equipamento denominado ferro de solda. As superfícies são previamente limpas de óxidos ou impurezas. Ao encostar o fio de solda nos componentes aquecidos, o núcleo de resina funde-se primeiro, cobrindo as superfícies a serem soldadas. A resina limpa as superfícies quimicamente e auxilia na pega da solda. A liga de solda então funde-se, cobrindo as superfícies, e solidificando-se ao resfriar-se. Uma solda de má qualidade, temperatura insuficiente no ferro ou a presença de contaminantes resulta, após a solidificação, numa solda opaca, comumente chamada de *solda fria*. Esta tem baixa aderência e má condutividade, comparada à solda resultante do procedimento correto de soldagem.



Figura 3. Inserção manual dos componentes na placa .

B. Tecnologia de Montagem Superficial (SMT)

O setor de montagem de componentes SMD (componentes que utilizam a tecnologia SMT) tem evoluído muito nos últimos anos, no sentido de acompanhar a evolução dos encapsulamentos, cada vez menores e com mais terminais. A utilização de componentes convencionais (THT – Through Hole Technology) tem diminuindo rapidamente.

A colocação dos componentes SMD sobre a placa é realizada por máquinas totalmente automatizadas.

As máquinas de montagem SMD normalmente possuem apenas um braço de montagem; já existem máquinas com dois braços que operam simultânea e sincronizadamente, reduzindo pela metade o tempo de montagem. O braço da máquina segura os componentes por sucção; por este motivo, a máquina deve ser informada não apenas da coordenada de cada componente, mas de suas dimensões, peso, material da cápsula, dentre outros. Com essas informações, o próprio software de controle da máquina calcula a pressão de vácuo necessária para se segurar um componente, sem deixá-lo cair nem sugá-lo para dentro do braço. Além de apenas segurar o componente, o braço possui terminais capazes de realizar o teste de componentes passivos e componentes ativos simples. Estes testes vão desde tolerância de valores até verificações de danos no encapsulamento, casos em que o componente é descartado.

Existem dois processos de soldagem: soldagem por onda e

soldagem por refluxo. Na soldagem por onda, a placa passa tangencialmente, sobre uma esteira, por uma cuba cheia de liga de solda em estado líquido, na qual é provocada uma onda (semelhante às ondas do mar) na cuba. Esta onda de solda entra em contato com a placa no sentido do comprimento, soldando todos os terminais de componentes THT e SMDs montados na face inferior da placa.

No caso da soldagem por refluxo, os componentes são apenas “largados” sobre a placa, a qual vai, também por uma esteira, para um forno. Na placa é aplicada a pasta de solda; esta pasta se funde no forno, soldando todos os componentes. No caso de placas com componentes SMD colocados dos dois lados, é aplicada, além da pasta de solda do lado superior, uma pasta de cola no lado inferior, que consiste em pequenos pontos de cola sob os componentes. São colocados primeiro os componentes do lado inferior, os quais ficam colados e possibilitam que a placa seja virada para a colocação dos componentes do lado superior. Após colocados os componentes na face superior, a placa vai para o forno, onde, além de soldados os terminais, a cola seca por completo. A placa então vai para a soldagem por onda, onde os componentes do lado inferior são soldados.



Figura 4. Montagem manual de componentes (com o auxílio de braços mecânicos).

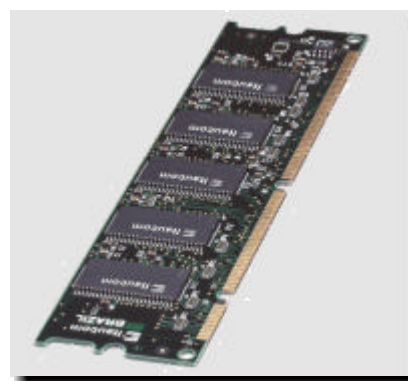


Figura 5. Módulo de Memória que utiliza a tecnologia SMD.

C. Fabricação de Placas de Circuito Integrado

O processo de fabricação de placas de circuito integrado é um processo muito complexo e dentre suas etapas possui duas onde a solda estanho-chumbo é fundamental.

O primeiro é a Deposição e Decapagem de Sn/Pb que é realizada duas vezes no processo que serve para proteger as trilhas da corrosão de alguns materiais ao qual a placa é submetida, e a segunda etapa e mais importante é a aplicação da máscara de solda que se dá através da aplicação do verniz de máscara de solda por um processo fotográfico, sob luz amarela. Porém, o próprio verniz é fotossensível, sendo inicialmente aplicado sobre toda a placa, por um processo de cortina (ou cascata) de tinta. Os fotolitos da máscara de solda são posicionados, a placa é sensibilizada e depois revelada por processo manual, com a aplicação de reveladores, fixadores, limpadores e secagem. A máquina automática que realiza este processo é vista na Figura 6:

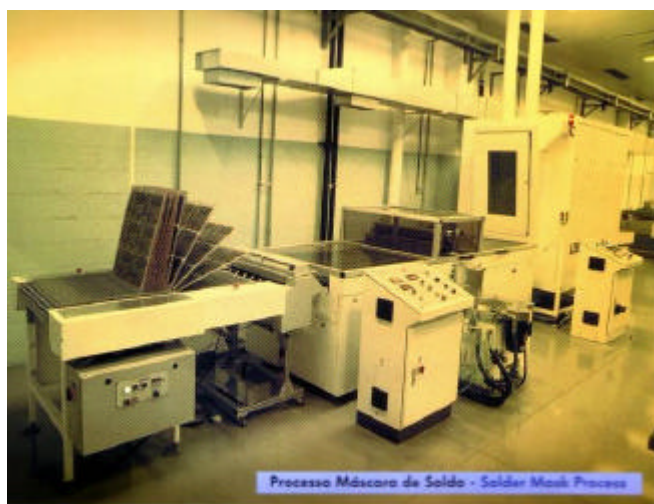


Figura 6. Aplicação da Máscara de Solda.

V. SOLDA SEM CHUMBO

Solda estanho-chumbo é a mais comum para soldas em eletrônica. Entretanto, há muitas preocupações com o uso do chumbo, devido aos diversos efeitos na saúde humana. Chumbo está associado a vários problemas de saúde, tais como desordens do sistema nervoso e reprodutivo e atraso neurológico e no desenvolvimento físico. Envenenamento por chumbo é particularmente perigoso para o desenvolvimento neurológico de crianças pequenas.

Existem leis que controlam o uso do chumbo. Por exemplo, o uso do chumbo em encanamentos, gasolina, e tintas é bem controlado. O uso do chumbo em tintas para o consumidor foi banido desde 1978 no Estados Unidos. Outras regulações no controle do uso do chumbo estão sob a consideração dos Estados Unidos e especialmente da Europa. A Tabela III mostra o uso do chumbo em vários produtos. Baterias de acúmulo somam a maior parte do uso (80%). Solda eletrônica soma em torno de 0.5% do uso total. Então mesmo que fosse banido o chumbo das soldas, o problema de envenenamento de chumbo. Entretanto, mesmo esses 0,5% usados na solda eletrônica são uma soma significativa do uso do chumbo.

TABELA III

PRODUTO	CONSUMO (%)
Baterias de acúmulo	80.81
Outros óxidos (pintura, vidro e produtos cerâmicos, pigmentos e químicos)	4,78
Munição	4.69
Folha de chumbo	1.79
Cobertura de cabo	1.40
Metais fundidos	1.13
Lingotes de latão e bronze	0.72
Tubos, sifões, outros produtos extrudados	0.72
Soldas (excluindo solda eletrônica)	0.70
Solda eletrônica	0.49
Outros	2.77

A. Elementos Substitutos para o Chumbo

A indústria eletrônica está de olho em soldas sem chumbo que possam substituir a universalmente aceita e usada solda estanho-chumbo. Pesquisas e desenvolvimentos são focados no estudo de ligas em potencial para produzir propriedades físicas, mecânicas, térmicas e elétricas similares à solda estanho-chumbo eutética. Os metais que podem substituir o chumbo e seus custos respectivos estão mostrados na Tabela IV.

Em adição ao custo, é também importante ressaltar o abastecimento e demanda dos elementos considerados como substitutos do chumbo. Por exemplo, como mostrado na Tabela V, um liga contendo Bi pode não ser desejada do ponto de vista de disponibilidade. A atual disponibilidade de Bismuto pode ser exterminada completamente se essa liga começasse a ser amplamente utilizada na indústria eletrônica.

TABELA IV
MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA SUBSTITUIR O CHUMBO E SEU RESPECTIVO CUSTO

ELEMENTOS SUBSTITUTOS PARA O CHUMBO	CUSTO RELATIVO
Chumbo (Pb) para referência	1
Antimônio	2.2
Bismuto	7.1

Cobre	2.5
Índio	194
Prata	212
Estanho	6.4
Zinco	1.3

TABELA V

DADOS DO U.S. BUREAU OF MINES SOBRE A PRODUÇÃO E CAPACIDADE MUNDIAL PARA DIFERENTES ELEMENTOS. NOTA: CONSUMO ATUAL DE SOLDA NO MUNDO = 60.000 TONELADAS OU 6.600.000 LITROS

ELEMENTO	PRODUÇÃO MUNDIAL (TONELAGEM)	CAPACIDADE MUNDIAL (TONELAGEM)	CAPACIDADE DE RESERVA (TONELAGEM)
Prata (Ag)	13,500	15,000	1,500
Bismuto (Bi)	4,000	8,000	4,000
Cobre (Cu)	8,000,000	10,200,000	2,200,000
Índio (In)	80-100	200	100
Antimônio (Sb)	78,200	122,300	44,100
Estanho (Sn)	160,000	281,000	81,000
Zinco (Zn)	6,900,000	7,600,000	700,000

Como podemos constatar na Tabela IV de custos relativos, muitas das soldas sem chumbo serão muito mais caras que as soldas estanho-chumbo que estão tentando substituir. Por exemplo, Índio (In) é um dos elementos-chave para substituir o chumbo. Mas é um metal semi-precioso. É quase tão caro quanto a prata. Nos devemos notar, entretanto, que o alto custo da solda não é tão significativo em determinados custos de produtos finais como pode primeiramente parecer. Devido à pequena quantidade requerida, o custo da solda em uma montagem é quase insignificante em comparação com outros fatores como componentes, placas e montagem. As propriedades das ligas são também outro fator decisivo na escolha de um substituto.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros:

- [1] L. H. Van Vlack, *Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais*, Michigan, 1984, p. 359.

Sites Internet:

[2] Estanho, Prata, Bronze - Características e Detalhes:
<http://locksmith.orcishweb.com/academic-files/estanho-prata-bronze.html>

[3] Poly Soldas:
<http://www.polysoldas.com.br/>

[4] Soft Metais - Catálogo Técnico:
<http://www.softmetais.com.br/catalogo/Soldasp.htm>

[5] Solda sem chumbo:
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/090110010907.html>

[6] Lead-Free Solder:
<http://www.rayprasad.com/columns/solder.html>

[7] Dicas Úteis e Artigos Técnicos 1:
<http://www.dimopel.com.br/Dicas/Dica01.htm>

[8] Dicas Úteis e Artigos Técnicos 2:
<http://www.dimopel.com.br/Dicas/Dica02.htm>

[9] ITAUCOM - Módulos - processo fabricação:
<http://www.itauc.com.br/profab.htm>

[10] Micsuporte:
<http://www.micsuporte.com.br/mic5.htm>

[11] Projeto de Placas de Circuito Impresso – Processo de Fabricação e Montagem:
http://mauricio.kugler.com/pcb/processos_de_fabric_e_mont.htm

[12] Soto:
<http://www.soto.com.br>

[13] Cast Metais:
<http://www.castmetais.com.br/>