



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
CONSELHO DE SEGURANÇA NACIONAL
SECRETARIA ESPECIAL DE INFORMÁTICA

index.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DIVISÃO DE DOCUMENTAÇÃO

SUBSECRETARIA DE ATIVIDADES ESTRATÉGICAS

COMISSÃO ESPECIAL DE MICROELETRÔNICA

621.3.049.77(047)

8823c

Julho de 1980

PREFÁCIO

O Secretário de Informática, no uso de suas atribuições legais, editou a Portaria nº 002, de 14 de março de 1980, criando a COMISSÃO ESPECIAL DE MICROELETRÔNICA - CEM.

Foi determinado como objetivo da CEM "formular políticas e diretrizes, no setor de Microeletrônica, com vistas à capacitação nacional na pesquisa e produção de insumos básicos e materiais de processamento, de microcircuitos e equipamentos de laboratório e industriais e de componentes eletromecânicos, semicondutores e outros afins ao setor."

A CEM iniciou suas atividades em 08 de abril de 1980 e sua última reunião foi realizada em 10 de junho de 1980.

No âmbito da CEM foram criados os seguintes grupos de trabalho:

- GT-1 : Recursos Humanos;
- GT-2 : Capacitação Tecnológica;
- GT-3 : Pesquisa e Desenvolvimento;
- GT-4 : Industrialização e Comercialização;
- GT-5 : Insumos;
- GT-6 : Tecnologias Afins, ou Correlatas ao Setor.

Todos os relatórios gerados por estes grupos de trabalho foram analisados pela CEM.

Com base nas proposições destes relatórios e em discussões adicionais pela CEM, foi elaborado um conjunto de recomendações para serem consideradas na formulação de uma Política Nacional para o setor.

As recomendações mais específicas, discutidas no âmbito da CEM, servirão de base na elaboração de um Plano Nacional de Microeletrônica, logo após a aprovação de uma Política para o setor.

Para efeito de apresentação e discussão de alguns aspectos e conceitos importantes em Microeletrônica foi preparado um documento com estas informações.

No presente relatório, os capítulos de 1 a 5 foram preparados inteiramente na SEI. Os capítulos 6, 7, e 8 são resultado da Comissão Especial de Microeletrônica.

A Secretaria Especial de Informática deixa público o seu agradecimento a todas as entidades e pessoas que participaram da CEM ou de seus grupos de trabalho.

- Componentes da CEM:

- . um representante da DIGIBRÁS;
- . um representante da TELEBRÁS;
- . um representante da ELEBROBRÁS;
- . um representante do GEICON;
- . um representante do BNDE;
- . um representante da FINEP;

- . um representante da TRANSIT;
- . um representante da SEI;
- . cinco representantes da Comunidade Científica do Setor de Microeletrônica.

- Constituição dos Grupos de Trabalho:

GT-1 RECURSOS HUMANOS

João Antonio Zuffo - USP - Coordenador

Edgar Charry Rodrigues - USP

Hélio Octávio Pinto Guedes - FINEP

Wilmar Coelho de Moraes - UNICAMP

Manuel Fernando Lousada Soares - DIGIBRÁS

Victor F. Mammana de Barros - FAPESP

Mario Vaz da Silva Filho - UFRJ

Marco Antonio Fabro - CNPq

Marcio Campos - UNICAMP

Paulo Fernando Fleury - CAPES/MEC

GT-2 CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA INOVADORA E INFRA-ESTRUTURA
TECNOLÓGICA

Carlos Ignácio Zammiti Mammana - UNICAMP - Co
ordenador

Roberto Milward Spolidoro - TELEBRÁS

Manuel Fernando Lousada Soares - DIGIBRÁS

Shib N. Gosh-Dastidar - TRANSIT

Paulo Sergio C. P. da Silva - IPT

Ary Barbosa Kahl - FINEP

João Molnar - TRANSIT

Helio Drago Romano - FINEP

Antonio Luiz Bogado Fernandes - CEPEL

Paulo Cesar Bezerra - UNICAMP

GT-3 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Carlos Américo Morato de Andrade - USP - Coor
denador

Philippe Brosson - UNICAMP

João Antonio Zuffo - USP

Furio Damiani - UNICAMP

Victor Blatt - TELEBRÁS

Nicholas Brooking - CEPEL

João Molnar - TRANSIT

Helio Octávio Pinto Guedes - FINEP

Astor Modesto de Souza - PUC/RIO

Neelkanth G. Dhere - IME

Jean Alvert Bodinaud - USP

Ademar Ferreira - USP

Joel P. de Souza - USP

GT-4 INDUSTRIALIZAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO

José Ellis Ripper - UNICAMP - Coordenador

Antonio Carlos Cardoso - ABICOMP

Claudio J. de F. Brito - MRE

Euclides Quandt de Oliveira - TRANSIT

Gil Floro P. Azevedo - TELEBRÁS
James Sluss - DIGIBRÁS
José Mauro M. Carneiro da Cunha - BNDE
Manuel Fernando Lousada Soares - DIGIBRÁS
Marco Antonio Araujo Lima - BNDE
Roberto Milward Spolidoro - TELEBRÁS
Salomão Wajnberg - GEICOM
Sergio Teixeira - ABICOMP
Victor Blatt - TELEBRÁS

GT-5 INSUMOS

Maurício Prates de Campos Filho - UNICAMP - Co
ordenador
Talmir Canuto - TELEBRÁS
Paulo Sergio C. P. da Silva - IPT
Adnei Melges - USP
James Sluss - DIGIBRÁS
Katuchi Techima - MRE
Marcus Mattos - GEICON
Antonio Martins - BNDE
Fernando Garcia - BNDE

GT - 6 ÁREAS COM TECNOLOGIAS AFINS OU CORRELATAS

Roberto Milward Spolidoro - TELEBRÁS - Coorde
nador
Marcus Mattos - GEICON
Albino F. Guerra - GEICON
Claudio Violato - TELEBRÁS

Luiz A. O. Daniel - ELETROBRÁS

Jael R. Freitas - XTAL

Armando Orsi - POLITRONIC

José Kleber da C. Pinto - USP

Neelkanth G. Dhere - IME

Navim Patel - UNICAMP

James Sluss - DIGIBRÁS

Manuel Fernando Lousada Soares - DIGIBRÁS

MICROELETRÔNICA - UMA VISÃO GERAL

1. Histórico.
2. Importância mundial. Aplicações.
3. Alguns dados do mercado mundial.
4. Algumas características e conceitos importantes:
 - a) Características técnico-econômicas;
 - b) Características industriais;
 - c) Experiência acumulada;
 - d) Fator de escala e dimensões dos dispositivos;
 - e) Verticalização industrial;
 - f) A pesquisa e o desenvolvimento.
5. Situação Brasileira.
 - a) Recursos Humanos;
 - b) Tecnologia;
 - c) Mercado;
 - d) Insumos;
 - e) Outros aspectos.
6. Necessidade de uma Política para o setor de microeletrônica.
7. Objetivos da Política.
8. Recomendações.

MICROELETRÔNICA - NOTAS GERAIS

Considerações Iniciais

A microeletrônica, conhecida genericamente como o conjunto de atividades que permitem criar, desenvolver e suportar a produção de componentes semicondutores utilizados em vários tipos de equipamentos eletrônicos, não deve ser considerada como um fim em si mesma.

No entanto, a evolução presenciada nos últimos anos na indústria de informática, telecomunicações, instrumentação, controle e mesmo de entretenimento, só foi possível graças aos programas desenvolvidos em microeletrônica, decorrendo daí a importância vital dos componentes. A indústria de equipamentos eletrônicos é cada vez mais dependente da indústria de componentes.

Nessas notas pretendemos apresentar informações que possibilitem uma visão geral do quadro atual da microeletrônica em termos mundiais e, em particular, no Brasil.

1. Histórico

a) A indústria eletrônica

A origem da indústria eletrônica está associada ao desenvolvimento do rádio, e até à 2ª Guerra Mundial, sem risco de erros, poderíamos afirmar que toda a produção industrial de eletrônica era constituída por rádios e equipamentos congêneres.

A partir de 1940, no entanto, a evolução tecnológica da eletrônica foi tão rápida e abrangente que invadiu todos os setores da atividade do homem, quer no trabalho, quer no lazer.

O mercado da indústria eletrônica dos países ocidentais, em 1980, deverá ser da ordem de US\$ 150 bilhões, cerca de 2000 vezes maior que o mercado de 1940.

A indústria eletrônica responde hoje, tanto pela fabricação dos equipamentos como dos componentes. A fig. 1.1 ilustra esse fato.

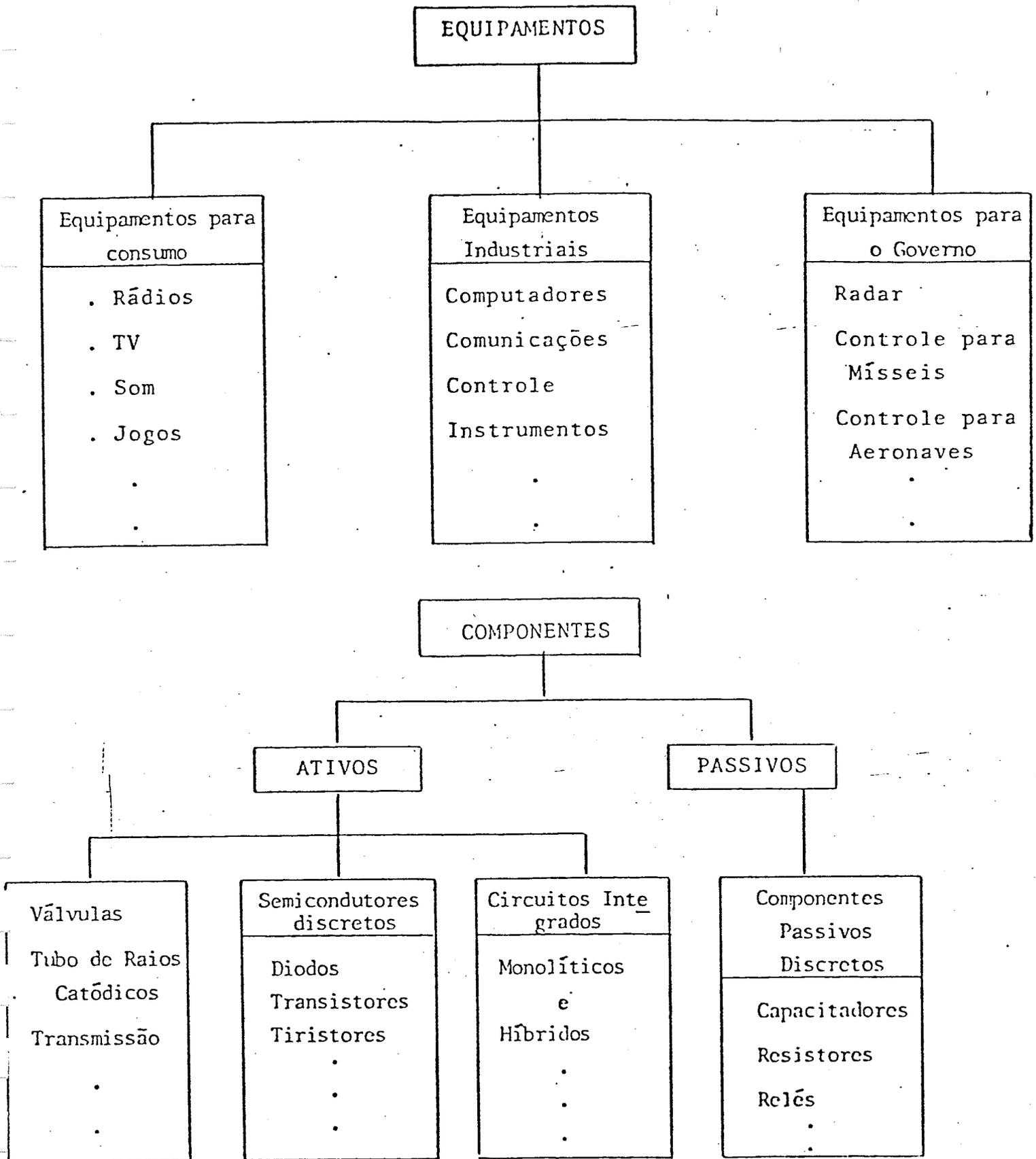


Fig. 1.1 Setores da Indústria Eletrônica

Os componentes eletrônicos à semicondutores estão hoje classificados em dois grandes grupos: os discretos e os integrados. Estes podem ser circuitos monolíticos ou híbridos. Os monolíticos nada mais são que um conjunto de componentes semicondutores discretos, construídos todos num mesmo bloco de silício (substrato), daí o nome: monolíticos.

b) A indústria de componentes semicondutores

Até à 2^a. Guerra Mundial, a produção de semicondutores foi insignificante. Alguns semicondutores, particularmente cristais de galena, foram utilizados nos primórdios da indústria de rádio.

Durante a 2^a. Guerra Mundial, foram produzidos diodos em quantidade razoável para a utilização em equipamentos de radar.

A pesquisa em semicondutores foi, a partir daí, fortemente subvencionada e, em 1948, surgiu o primeiro transistor nos laboratórios da Bell nos EUA.

Em 1951, a Western Electric, associada com o Bell Laboratories iniciou a produção comercial de transistores.

Esses desenvolvimentos estimularam o interse no campo e substanciais investimentos em pesquisa e dedeenvolvimento foram feitos em todo o mundo.

O circuito integrado é um conjunto de dois ou mais transistores e diodos fabricados simultaneamente num único bloco de silício.

O primeiro circuito integrado foi produzido nos laboratórios da Texas Instruments (EUA), em 1958, e sua produção comercial teve início em 1961.

O número de elementos básicos (transistores e diodos) contidos num circuito integrado tem aumentado continuamente. Atualmente, fabricam-se, em laboratório, circuituos integrados com cerca de 200 mil transistores numa área de silício da ordem de $5 \times 5 \text{ mm}^2$.

Com a evolução da tecnologia a velocidade de operação dos circuitos integrados aumentou significativamente, enquanto o custo vem diminuindo consideravelmente ao longo do tempo.

A tab. 1.2 mostra a evolução dos preços dos circuitos integrados entre 1962 e 1968, a produção total e o percentual desse produto consumido diretamente pelos órgãos de defesa nos EUA.

ANO	PRODUÇÃO TOTAL (Milhões de dólares)	PREÇO MÉDIO POR CIRCUITO INTEGRA DO (DÓLARES)	PORCENTAGEM DE PRODU ÇÃO CONSUMIDA POR ÓR GÃOS DE DEFESA DO GO VERNO AMERICANO
1962	4	50.00	100
1963	16	31.60	94
1964	41	18.50	85
1965	79	8.33	72
1966	148	5.05	53
1967	228	3.32	43
1968	312	2.33	37

Tab. 1.2 Produção, preços, consumo nos EUA.

Fonte: International Diffusion of Technology
J.E. Tilton
The Brookings Institution 1971.

Além do crescente faturamento da indústria de circuitos integrados ao longo do tempo, e da rápida diminuição nos preços unitários, a Tab. 1.2 dá uma clara indicação de como o desenvolvimento da indústria de integrados nos EUA dependeu fortemente do apoio governamental. Deve ser ressaltado que esse apoio ocorreu mesmo num instante em que ninguém mais no mundo fabricava circuitos integrados, não havendo concorrência nenhuma às indústrias americanas. Aí está uma clara indicação de que o Governo Brasileiro também terá que dar seu apoio para que se desenvolva uma indústria nacional de circuitos integrados. Esse apoio é tanto mais necessário quando se leva em consi

deração que uma indústria nacional no setor teria que enfrentar fortíssima concorrência de indústrias já estabelecidas de longa data. Nessas circunstâncias, o apoio governamental brasileiro não poderá ser apenas o de garantir compras.

O faturamento de indústrias americanas, apenas em circuitos integrados, será da ordem de US\$ 8 bilhões em 1980, cerca de 2.000 vezes o de 1962, ano em que se deu o início de comercialização.

A taxa média de crescimento da indústria de circuitos integrados nos EUA foi da ordem de 30% ao ano nos últimos 12 anos e tem sido consistentemente mais elevada que a taxa de crescimento da indústria de equipamentos eletrônicos como um todo.

A diferença entre a taxa de crescimento da indústria de componentes de microeletrônica e da indústria de equipamentos eletrônicos mostra que esta é, a cada dia, mais dependente daquela.

2. Importância mundial da Indústria de Circuitos Integrados

Aplicações

O comportamento da indústria de circuitos integrados suscitadamente esboçado no item anterior, focalizando os EEUU, tem-se repetido em todos os países industrializados do mundo.

O suporte inicial para o desenvolvimento da indústria de circuitos integrados, particularmente nos EUA, esteve por longo tempo atrelado às atividades espaciais.

Com a desaceleração do programa americano o grande impulsionador do desenvolvimento dos componentes foi a indústria de computadores digitais.

Atualmente, praticamente toda a indústria de informática, telecomunicações, controle, instrumentação, entretenimento, dependem fortemente dos componentes semicondutores e circuitos integrados.

A fig. 2.1 mostra a divisão do mercado mundial de semicondutores, quanto às suas aplicações.

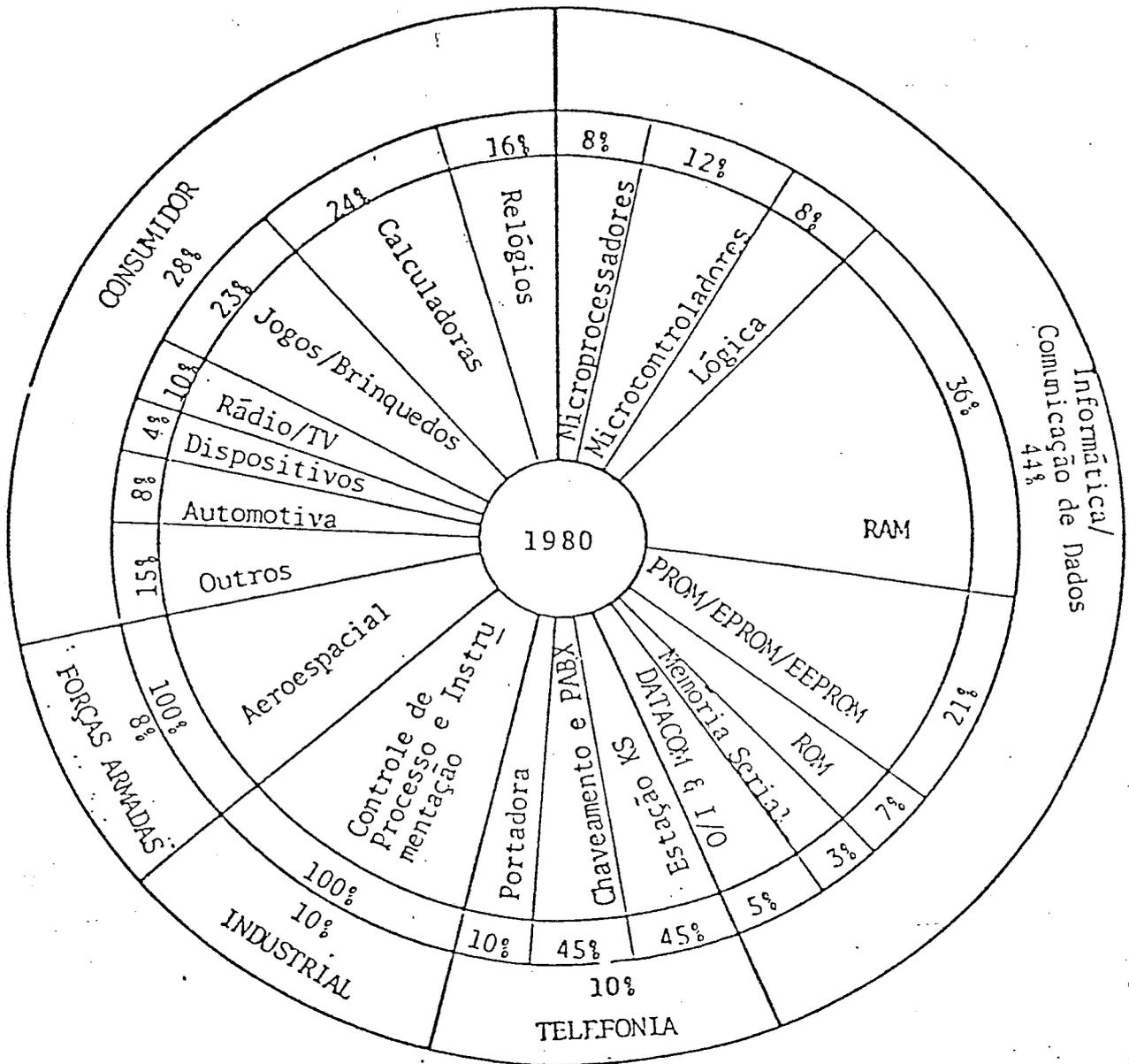


Fig. 2.1 Mercado Mundial de Semicondutores.

Fonte: "A Report on Integrated Circuit Industry" - ICE - 1980

3. Alguns dados de mercado mundial

A produção mundial de semicondutores, classificada pela localização das empresas produtoras é a da Tab. 3.1.

LOCAL	Milhões de Dólares				
	1978	1979	1980	1981	1982
<u>USA</u>					
CI N/Cativo	3.238	4.620	5.636	7.330	8.792
CI Cativo	1.344	1.940	2.580	3.400	4.080
CI Total USA	4.582	6.560	8.216	10.730	12.872
Discretos	1.540	1.913	2.200	2.530	2.910
Total Semicondutor	6.122	8.473	10.416	13.260	15.782
<u>EUROPA OCIDENTAL</u>					
CI Total	453	570	680	750	825
Discretos	960	1.020	1.080	1.150	1.220
Total Semicondutor	1.713	1.590	1.760	1.900	2.045
<u>JAPÃO</u>					
CI Total	1.195	1.470	1.850	2.220	2.660
Discretos	1.295	1.425	1.570	1.725	1.900
Total Semicondutor	2.490	2.895	3.420	3.945	4.560
<u>OUTROS</u>					
CI Total	482	673	728	943	1.127
Discretos	985	1.019	1.055	1.095	1.133
Total Semicondutor	1.467	1.692	1.783	2.038	2.260
TOTAL CIRCUITOS INTEGRADOS	6.712	9.273	11.474	14.645	17.484
TOTAL DISCRETOS	4.780	5.377	5.905	6.498	7.163
TOTAL SEMICONDUtores	11.492	14.650	17.379	21.143	24.647

Tab. 3.1 Produção Mundial de Semicondutores por localização geográfica.

Fonte: "A Report on Integrated Circuit Industry" - ICI - 1980.

A Tab. 3.2 espelha o consumo mundial de semi condutores.

LOCAL	Milhões de Dólares				
	1978	1979	1980	1981	1982
<u>USA</u>					
CI	3.720	4.740	5.330	6.360	7.450
Discretos	1.100	1.400	1.700	1.900	2.310
Total Semicondutor	4.820	6.140	7.030	8.260	9.760
<u>EUROPA OCIDENTAL</u>					
CI	1.180	1.700	2.290	3.190	4.030
Discretos	1.320	1.360	1.430	1.500	1.580
Total Semicondutor	2.500	3.060	3.720	4.690	5.610
<u>JAPÃO</u>					
CI	1.150	1.560	2.140	2.630	3.310
Discretos	1.100	1.300	1.410	1.650	1.810
Total Semicondutor	2.250	2.860	3.550	4.280	5.120
<u>OUTROS</u>					
CI	700	950	1.500	2.040	2.500
Discretos	980	1.020	1.200	1.220	1.400
Total Semicondutor	1.680	1.970	2.700	3.260	3.900
TOTAL CIRCUITOS INTE GRADOS	6.760	8.950	11.260	14.220	17.290
TOTAL DISCRETOS	4.500	5.080	5.740	6.270	7.100
TOTAL SEMICONDUCTORES	11.260	14.030	17.000	20.490	24.590

Tab. 3.2 Consumo Mundial de Semicondutores.

Fonte: "A Report on Integrated Circuit Industry" - ICE - 1980.

Para que se possa ter uma idéia da dimensão das empresas operando no mercado americano, apresentamos a Tab. 3.3.

FABRICANTE	FATURAMENTO (MILHÕES DE DÓLARES)								
	1978			1979			1980		
	MDS	R\$ DOLAR	CJ TOTAL	MDS	R\$ DOLAR	CJ TOTAL	MDS	R\$ DOLAR	CJ TOTAL
AMD	67	83	130	120	87	207	165	110	275
AMI	71	-	71	94	-	94	110	-	110
ANALOG DIVICES	13	27	40	26	39	65	44	47	91
CIERRY	-	8	8	-	9	9	-	10	10
COMPTON	18	-	18	28	-	28	34	-	34
ELECTRONIC ARRAYS	8	-	8	*14	-	*14	*18	-	*18
EXAR	-	9	9	-	15	15	-	20	20
FAIRCHILD (SOLLUMBERGER)	79	206	285	104	266	370	120	305	425
GI	70	-	70	90	2	92	115	5	118
HARRIS	32	54	86	55	65	120	73	77	150
HUGHES	6	6	12	8	8	16	12	10	22
INTEL	280	20	300	430	30	460	565	35	600
INTERMIL	40	14	54	60	18	78	65	19	84
MARUMAX	8	-	8	12	-	12	15	-	15
MICRO POWER SYSTEMS	9	2	11	9	3	12	10	4	14
MONOLITHIC MEMORIES	-	34	34	-	41	41	-	62	62
MOSTEK (UTI)	130	-	130	220	-	220	270	-	270
MOTOROLA	180	185	365	295	225	520	380	275	655
NATIONAL	125	185	310	230	260	490	295	295	590
PRECISION MONOLITHICS	-	15	15	-	23	23	-	29	29
RCA	80	50	130	85	80	165	98	92	190
RAYTHEON	-	27	27	-	32	32	-	37	37
ROCKWELL	80	-	80	105	-	105	120	-	120
SEMI (GTE)	29	-	29	22	-	22	31	-	31
SOLID STATE SCIENTIFIC	19	-	19	28	-	28	32	-	32
SIGNETICS	33	172	205	50	200	250	65	250	315
SILICON GENERAL	-	6	6	-	12	12	-	18	18
SILICONIX	18	9	27	26	10	36	30	13	43
SPRAGUE	-	20	20	-	23	23	-	25	25
STD MICRO SYSTEMS	10	-	10	15	-	15	19	-	19
SUPERTEX	6	-	6	7	-	7	10	-	10
SYNTEK (HONEYWELL)	34	-	34	50	-	50	60	-	60
TELETYPE	7	7	14	9	6	15	11	-	11
TRW	-	9	9	-	15	15	-	27	27
TI	205	405	610	350	557	907	440	600	1040
WESTERN DIGITAL	8	-	8	14	-	14	22	-	22
ZILOG	10	-	10	18	-	18	21	-	21
OUTROS	11	11	22	26	8	34	20	8	28
T O T A L S	1686	1554	3240	2586	2034	4620	3252	2378	5630

Tab. 3.3 Empresas de Semicondutores nos EUA.

Fonte: "A Report on Integrated Circuit Industry" - ICE - 1980.

4. Algumas características e conceitos importantes

Nesse item várias considerações econômicas, industriais e técnicas serão apresentadas. Algumas dessas considerações que poderão ser julgadas muito detalhadas, são, no entanto, fundamentais para o real entendimento do que seja a indústria de semicondutores, particularmente de circuitos integrados.

a) Características técnico-econômicas.

A principal característica dos circuitos integrados tem sido a integração crescente de funções eletrônicas em um único componente, associada a uma queda extremamente rápida dos preços do componente.

b) Características Industriais.

Quando se observa a situação mundial atual dos grandes fabricantes de semicondutores, sem analisar como foi a evolução do setor, tem-se a impressão de que os grandes produtores de hoje sempre foram grandes empresas. No entanto, o aparecimento de grandes empresas sempre esteve fortemente correlacionado com algumas evoluções tecnológicas importantes ou com alguma alteração significativa no modo de envolvimento entre os fabricantes de semicondutores e os fabricantes de equipamentos.

No início da década de 50, época do aparecimento dos transistores de germânio, seria razoável esperar que os grandes fabricantes de válvulas se tornassem também grandes fabricantes de transistores. No entanto, isso

não ocorreu e pequenas indústrias, que se envolveram significativamente com a nova tecnologia, é que realmente se tornaram os grandes produtores de transistores da época.

Em meados da década de 50, as empresas que se aproveitaram do novo avanço tecnológico - o transistor de silício - passaram a ser os novos líderes do setor.

Situação similar voltou a ocorrer no início da década de 60 com o aparecimento dos circuitos integrados.

Mais uma vez ainda, o mesmo padrão se mostrou verdadeiro em fins da década de 60 com a utilização dos transistores MOS.

Enfim, a lista poderia aumentar ainda mais.

Em cada uma dessas situações, a característica industrial importante que se consegue identificar é que pequenas indústrias, com a flexibilidade e a criatividade necessárias num setor tão dinâmico como o de semicondutores, conseguiram emergir e viver no meio dos até então gigantes do setor. E muitos dos gigantes que não tiveram a flexibilidade suficiente passaram a ter que enfrentar enormes dificuldades, muitos inclusive desaparecendo.

Estará nos dias atuais ocorrendo alguma alteração característica no setor de componentes semicondutores tal que o padrão de comportamento da indústria, suscintamente descrito acima, possa se repetir?

Caso essa alteração esteja ocorrendo, o Bra

sil poderá aproveitar-se dela e entrar efetivamente no se
tor?

A resposta é sim, e consideraremos em seguida
uma dessas alterações.

A evolução tecnológica ocorrida no setor ao
longo dos anos fez com que hoje se possa fabricar, numa pe
quena área de silício, uma quantidade enorme de transisto
res. Na verdade, talvez a melhor descrição que se possa
dar é a de que se dispõe de uma solução (o elevado nível
de integração possível numa pequena área de silício) e pou
cas situações em que se possa aplicar totalmente essa solu
ção. Isso tem induzido uma aproximação cada vez mais ínti
ma entre fabricantes de componentes semicondutores, parti
cularmente os de circuitos integrados, e os fabricantes de
equipamentos. Essa aproximação tem ocorrido porque a eleva
da integração hoje obtenível nos circuitos integrados per
mite que um grande número desses circuitos, em nível mais
baixo de integração, e que normalmente seriam utilizados
no projeto de um equipamento eletrônico, possam ser substi
tuídos por apenas uns poucos circuitos integrados com ní
vel de integração mais elevado.

Isso impõe, no entanto, o projeto de novos
circuitos extremamente especializados, que não podem mais
ser considerados de uso geral.

Em contrapartida, os equipamentos que utili
zam circuitos acabam por ter um grau de competitividade
maior em relação aos equipamentos produzidos com cir

cuitos integrados com nível de integração mais baixo, porém de uso mais geral.

Esseç circuitos fabricados especialmente para um determinado equipamento são muitas vezes chamados de "circuitos dedicados" ou "circuitos fabricados sob medida" ("custom-made").

Essa crescente aproximação nos países industrializados entre o fabricante de equipamentos e o produtor de circuitos integrados, tem gerado dois fenômenos:

- crescente verticalização industrial;
- aparecimento de um grande número de pequenas empresas especializadas em projetar e confeccionar circuitos integrados sob medida.

É importante o entendimento claro dessas características da trajetória da evolução da indústria de circuitos integrados, pois aí se encontra uma brecha importante para que países como o Brasil possam adentrar nesse campo.

c) Experiência Acumulada

Na indústria de semicondutores o rendimento de uma linha de produção, ou produtividade, depende fundamentalmente da experiência efetiva de trabalho naquela linha. Dessa característica, conforme ilustrado na figura 4.1., decorre o decréscimo do custo dos componentes semicondutores que está correlacionado com a produção acumulada e

não com o volume que está sendo momentaneamente produzido. Isso significa dizer que, mesmo com uma pequena escala de produção, um determinado custo específico pode ser atingido. Evidentemente quanto maior for a escala de produção, mais rapidamente se atinge o custo especificado, pois mais rapidamente se atinge a produção acumulada correspondente a um determinado custo.

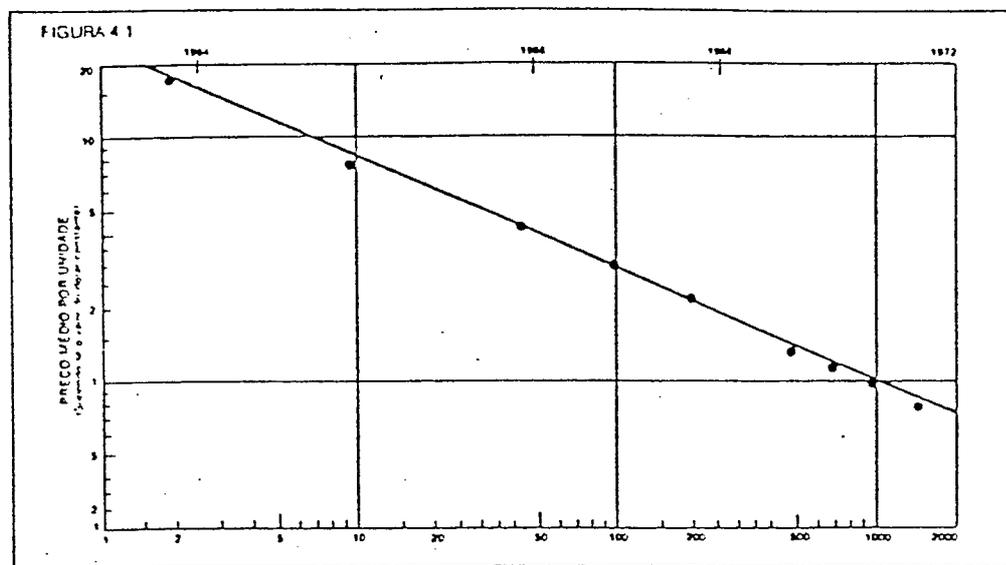


Fig. 4.1 Preços X Produção Acumulada.

Essa situação configura o que se chama economia associada à experiência, ou economia associada ao aprendizado "(learning economy)".

Essas considerações poderão, certamente, parecer teóricas ou acadêmicas aos menos avisados. No entanto,

é exatamente o conceito de experiência acumulada a base fundamental das empresas de semicondutores que têm conseguido sobreviver.

Talvez aqui, para não nos estendermos muito em explicações detalhadas, seja o caso de fazer uma citação do presidente de uma das indústrias líderes mundiais no setor.

O presidente da Texas Instruments, recentemente perguntado se não temia a concorrência japonesa, tal qual ocorreu em outros setores, respondeu da seguinte forma: "A grande diferença é que a Texas Instruments é a primeira empresa de grande porte não japonesa, enfrentada por eles, que compreende e utiliza a curva de aprendizado. Para competir com sucesso com os japoneses isso é absolutamente essencial" (Business Week/1979).

d) Fator de escala e dimensões dos dispositivos

Todos conhecemos as calculadoras eletrônicas atuais e ficamos cada vez mais surpresos com sua performance.

Com muitas dessas pequenas máquinas, podemos hoje executar funções não realizáveis por um enorme computador de 10 ou 15 anos atrás.

Essa evolução só foi possível graças à capacidade da indústria de semicondutores de fabricar componentes cada vez com maior capacidade de armazenamento e versa

tilidade na execução das funções lógicas.

O projeto dos circuitos integrados obedecem regras de projeto ("design rules") rígidas:

As especificações dos processos físico-químicos de fabricação e as regras de projeto são críticas e estabelecem o desempenho dos circuitos integrados.

Os avanços nas características físico-químicas dos processos de fabricação e nos processos de fotolitografia permitiram o aparecimento da chamada tecnologia dos LSI ("Large Scale Integration").

Os elementos básicos que constituem os componentes LSI vêm sendo reduzidos a áreas cada vez menores no substrato do componente.

Essa redução de geometria dos componentes só foi possível graças à chamada "Teoria do Fator de Escala".

É algo semelhante à redução fotográfica de um mapa geográfico.

No caso do circuito integrado, a utilização da "Teoria do Fator de Escala" tem permitido que as dimensões físicas de um transistor (elemento básico dos circuitos integrados) possam ser feitas cada vez menores, mantendo-se essencialmente a mesma geometria e melhorando o desempenho do transistor.

Existem limites fundamentais impostos pela Física para essa contínua redução de dimensões, porém, o que, de certa forma, tem limitado ao longo do tempo uma re-

dução mais acelerada é a demanda sobre as especificações dos equipamentos de fotolitografia e sobre o controle dos processos de fabricação.

É importante ressaltar, porém, que a partir de um processo básico de fabricação é possível, sem alterações substanciais nos processos físico-químicos, ir-se conseguindo dimensões cada vez menores nos componentes.

e) Verticalização industrial

A dependência da competitividade do equipamento ao componente vem forçando, ao longo dos anos, verticalização acentuada na indústria de equipamentos eletrônicos.

As indústrias de componentes passaram a fabricar equipamentos, assim como as indústrias de equipamentos começaram a fabricar componentes, ambas buscando o domínio de vendas do sistema como um todo.

No quadro 4.2 vemos grandes fábricas de equipamentos também fabricando componentes em ritmo crescente, constituindo o que se chama mercado cativo de componentes.

	Nº estimado de empregados	Estimativa de CI. Produção (equiv. valor de venda)	
		\$Milhões	\$Milhões
		1979	1980
IBM	30.000	1.200	1.600
WESTERN ELECTRIC	6.000	245	310
DELCO	3.000	120	180
HEWLETT-PACKARD	3.000	120	140
HONEYWELL	900	40	55
NCR	850	40	60
BURROUGHS	800	40	50
DATA GENERAL	400	20	25
DEC	400	20	40
TEKTRONIX	490	15	25
SUB-TOTAL	45.500	1.860	2.485
OUTROS	-	80	95
T O T A L	-	1.940	2.580

Fig. 4.2 Mercado Cativo nos EUA

Fonte: "A Report on Integrated Circuit Industry" - ICE - 1980.

Apenas para efeito de ilustração, vemos que a IBM, tradicionalmente conhecida como fabricante de equipamentos, possui um mercado cativo (1,6 bilhões de dólares) em circuitos integrados, maior que o do maior fabricante de circuitos integrados, no caso a Texas Instruments (1 bilhão de dólares) (vide Tab. 3.3).

Essa tendência impõe, para a sobrevivência de uma indústria brasileira de informática ou de telecomunicações, a existência no país de projeto, difusão e acabamento dos circuitos integrados, especialmente os digitais.

Isso é cada vez mais verdadeiro na medida em que o poder de competitividade de cada equipamento passa a depender cada vez mais de circuitos integrados dedicados, projetados especificamente para aquele equipamento. Nesse sentido, os circuitos integrados de uso geral, disponíveis no mercado, por não serem específicos para executar as funções de um dado equipamento, conduzem a equipamentos mais volumosos, mais lentos, com maior consumo de energia e com menor confiabilidade e maior custo do que os implementados com circuitos integrados dedicados.

Essa tendência à verticalização das grandes empresas transnacionais, fará com que as pequenas empresas tendam a desaparecer. e as empresas nacionais brasileiras terão pouquíssimas, ou quase nenhuma possibilidade de sobrevivência. Provavelmente a única saída possível, em termos nacionais, será uma verticalização, no mínimo, do conjunto das empresas nacionais no setor, ou seja, a "verti

calização do País".

Se nessa verticalização do País, haverá ou não verticalização de empresas nacionais, é uma outra questão que precisa ser considerada à parte.

f) A pesquisa e o desenvolvimento

As características comentadas sucintamente em itens anteriores: experiência acumulada, fator de escala e verticalização, impõem à área de pesquisa e desenvolvimento um acompanhamento intenso e permanente do estado da arte no setor.

Vejamos porquê.

As características dos processos de fabricação de semicondutores, um conjunto de operações físico-químicas, dependem substancialmente dos equipamentos em que são realizados, do controle dos processos, dos insumos utilizados e até dos operadores dos equipamentos.

Por conseguinte, as alterações introduzidas nos processos visando seu aprimoramento, em consequência das medidas de parâmetros e da análise dos produtos parciais, são esforços contínuos, oriundos de pesquisa e desenvolvimento junto às próprias linhas de produção, que devem ser preservados.

É esse esforço de pesquisa e desenvolvimento nas próprias linhas de produção que permite a economia associada à experiência acumulada.

Quanto à "Teoria do fator de escala" explicada sucintamente, na verdade não é tão simples como foi ex

planada.

Para a redução das dimensões dos dispositivos, três áreas necessitam ser intensamente pesquisadas: a dos equipamentos que permitem gravar geometrias cada vez mais reduzidas, a dos processos físico-químicos e características elétricas dos dispositivos e a das microestruturas dos materiais e dos dispositivos. Somente a evolução conjunta destas três áreas permite maior densidade de integração dos componentes, velocidades maiores, consumos menores, confiabilidade crescente, etc ...

Nenhum desses esforços de pesquisa e desenvolvimento precisa, necessariamente, ser feitos nas indústrias, porém precisam ser feitos.

A verticalização é consequência da interação dos fabricantes de equipamentos e de componentes. Dessa interação, os frutos principais são os circuitos dedicados e exclusivos que conferem qualidades específicas aos equipamentos, aumentando-lhes sua competitividade, que somente subsiste no tempo, se esforços na área de desenvolvimento de novos componentes persistirem.

5. Situação Brasileira

a) Recursos Humanos

É comum encontrar pessoas procurando determi

nar a necessidade de recursos humanos para o setor de microeletrônica através de um raciocínio superficial, como se segue.

Toma-se como ponto de partida o mercado brasileiro de semicondutores, ou uma parte desse mercado. Em função dessa dimensão de mercado é avaliada a dimensão de uma fábrica. Em seguida toma-se como referência uma fábrica no exterior com capacidade de atender a um mercado equivalente. Verifica-se então o número de engenheiros e técnicos nessa fábrica no exterior e chega-se à conclusão de quantos engenheiros e técnicos seriam necessários ao País, no setor.

De um modo geral, os números são tais que uma pequena fração dos formados em um ano, por qualquer de nossas escolas de engenharia ou escolas técnicas, seria suficiente para resolver o problema nacional de recursos humanos.

Se esses engenheiros e técnicos fizessem, então, um pequeno estágio no exterior, o problema estaria definitivamente resolvido.

Infelizmente a solução do problema não é tão simples como essa regra de três.

Vários fatores cruciais são normalmente esquecidos. É esquecido que no Brasil existe todo um substrato cultural, científico e tecnológico, totalmente diverso daquele do exterior. É esquecido que somente o intercâmbio de informações entre os técnicos e engenheiros das indústrias de semicondutores, outras indústrias similares, fa

bricantes de equipamentos eletrônicos e instituições de P&D, pode gerar a evolução tecnológica sem a qual a indústria de semicondutores não conseguiria sobreviver. É esquecido que um setor como esse, intensivo em pesquisa e desenvolvimento, se alimenta de todo um conjunto de atividades de pesquisa e desenvolvimento que é executado nas próprias indústrias, em entidades de pesquisa e desenvolvimento e universidades. É esquecido que a existência de várias indústrias no setor, com a decorrente circulação de pessoal técnico e científico que isso propicia, é um mecanismo extremamente poderoso de evolução tecnológica. É esquecido que nossos engenheiros e técnicos formados em universidades e escolas técnicas não têm nenhuma experiência industrial de produção, tendo em vista que o setor é totalmente dominado por empresas transnacionais, onde não há desenvolvimento local; e entre outros esquecimentos, é finalmente esquecido que se a solução fosse tão simples como a regra de três seria o caso de se perguntar por que ela não foi adotada e o nosso problema resolvido?

A nossa situação atual de recursos humanos está indicada no quadro 5.1.

	NÍVEL SUPERIOR	DOUTORES
INDÚTRIAS	85	?
LME/USP	50	7
LSI/USP	14	2
LED/UNICAMP	30	4
MGE/UNICAMP	15	6
LPD/UNICAMP	38	13
IME	8	2
UFRJ	5	3
CPqD/TELEBRÁS	18	5

Fig. 5.1 Recursos Humanos no Brasil no se
tor de Semicondutores.

Se compararmos o total de especialistas no Brasil apenas com o da Bell Laboratories nos EUA, que possui cerca de 8.000, sentiremos o ridículo de nossa situação atual.

b) Tecnologia

De uma forma extremamente simplista podemos dividir os conhecimentos técnicos necessários à fabricação de componentes semicondutores em dois grupos. Um dos grupos é constituído pelo conjunto de conhecimentos e técnicas que são frequentemente chamados de "etapas de difusão" e corresponde à fabricação propriamente dita do circuito elétrico que executa as funções desejadas do componente.

O outro grupo é constituído pelo conjunto de conhecimentos e técnicas que permitem encapsular esse componente dando-lhe o aspecto final de acabamento.

Correndo-se o risco de cometer pequenas injustiças, não existe no país nenhum conhecimento da etapa de difusão em nível industrial.

Raríssimas exceções de desenvolvimento desse conhecimento, em nível industrial existem no País.

Quanto ao encapsulamento, várias subsidiárias de transnacionais já o executam no País, com tecnologia e equipamentos importados.

c) Mercado

O mercado brasileiro em 1980, está indicado na Tab. 5.2.

TIPOS	VALORES EM US\$ MILHÕES			VARIÇÃO PERCENTUAL DE 1980 A 1990
	1980	1985	1990	
DISCRETOS	100	155	240	140%
C.I.'s LINEARES	38	70	80	110%
C.I.'s DIGITAIS	42	110	260	520%
TOTAIS	180	335	580	220%

Fig. 5.2 Mercado Brasileiro

Estimativas pela Comissão Especial de Microeletrônica - SEI - 1980 com base em dados do GEICOM, DIGIBRÁS, TRANSIT, LME/CNPq, TELEBRÁS.

Este mercado está sendo ocupado atualmente pelas empresas indicadas na Fig. 5.3.

NOME DA EMPRESA	CONTROLE DECISÓRIO	ORIGEM DA TECNOLOGIA	
THOMSON	França	Thomson-CSF	- França
SANYO	Japão	Sanyo	- Japão
IBRAPE	Holanda	Philips	- Holanda
IOOTRON	Alemanha	Siemens	- Alemanha
TEXAS	U.S.A.	Texas	- U.S.A.
FAIRCHILD	U.S.A.	Fairchild	- U.S.A.
BURROUGHS	U.S.A.	Burroughs	- U.S.A.
PHILINORTE	Holanda	Philips	- Holanda
NATIONAL	U.S.A.	N.S.	- U.S.A.
SEMIKRON	Alemanha	Semikron	- Alemanha
PHILCO	U.S.A.	Philco Brasil e contratos de tecnologia com firmas no exterior.	
RCA	U.S.A.	RCA	- U.S.A.
NEC	Japão	NEC	- Japão
TRANSIT	Brasil	Brasil, contratos de tecnologia com firmas no exterior.	

Fig. 5.3 Empresas operando no Brasil.

d) Insumos

A fabricação de componentes semicondutores requer vários tipos de insumos, porém o considerado básico para esses componentes ainda é o silício, que também é utilizado na fabricação de células solares.

Tendo em vista a crise mundial de energia e a busca de fontes alternativas, a crescente utilização de células solares tende a absorver consideráveis quantidades de silício.

As previsões indicam que haverá falta de silício em nível mundial nos próximos anos. (vide fig. 5.4)

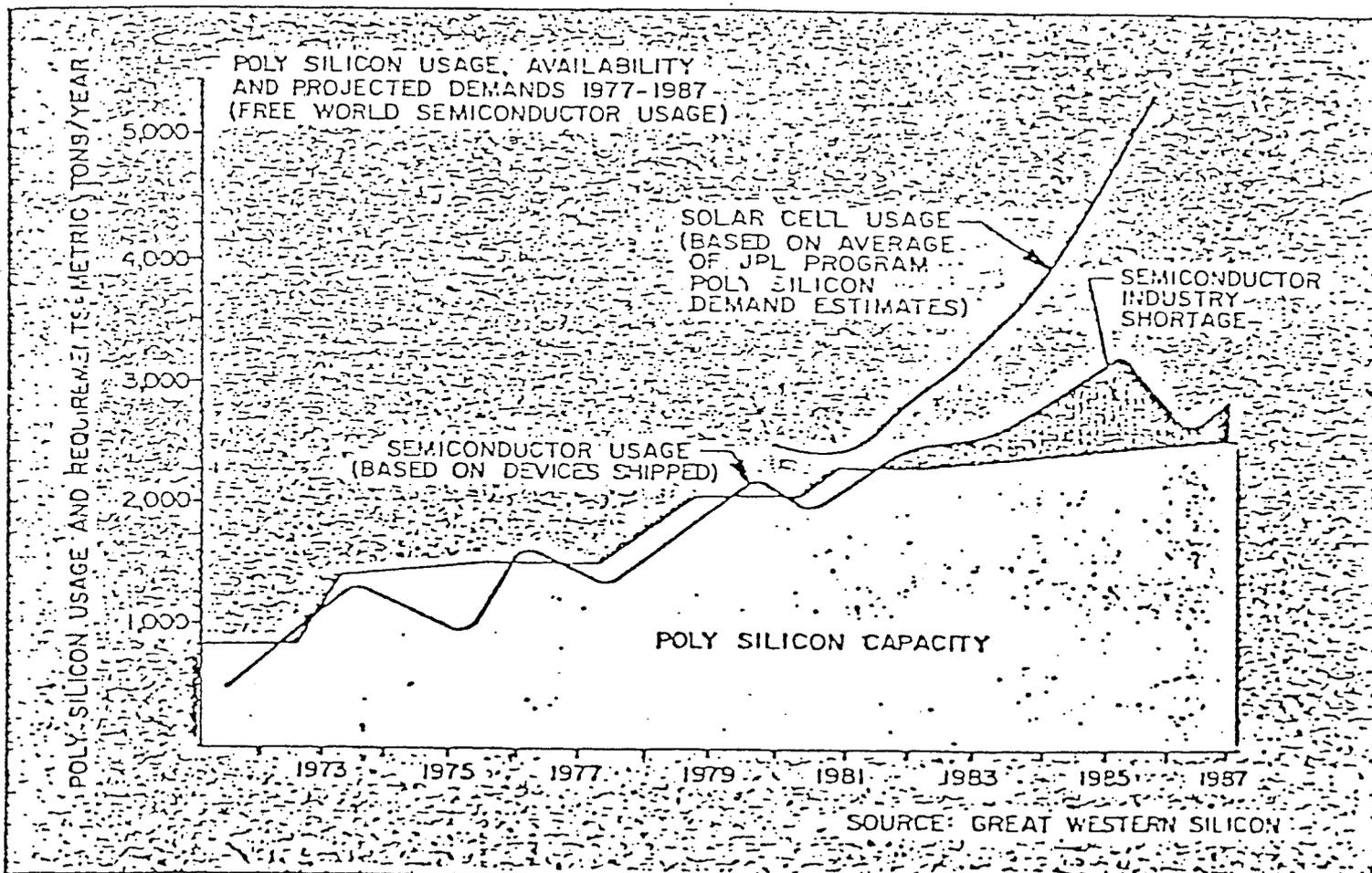


Fig. 5.4 Demanda Mundial de Silício.

Tudo indica que o silício venha a se tornar um elemento de pressão entre nações.

e) Outros aspectos

O processo de fabricação de componentes semicondutores está suscintamente indicado na fig. 5.5.

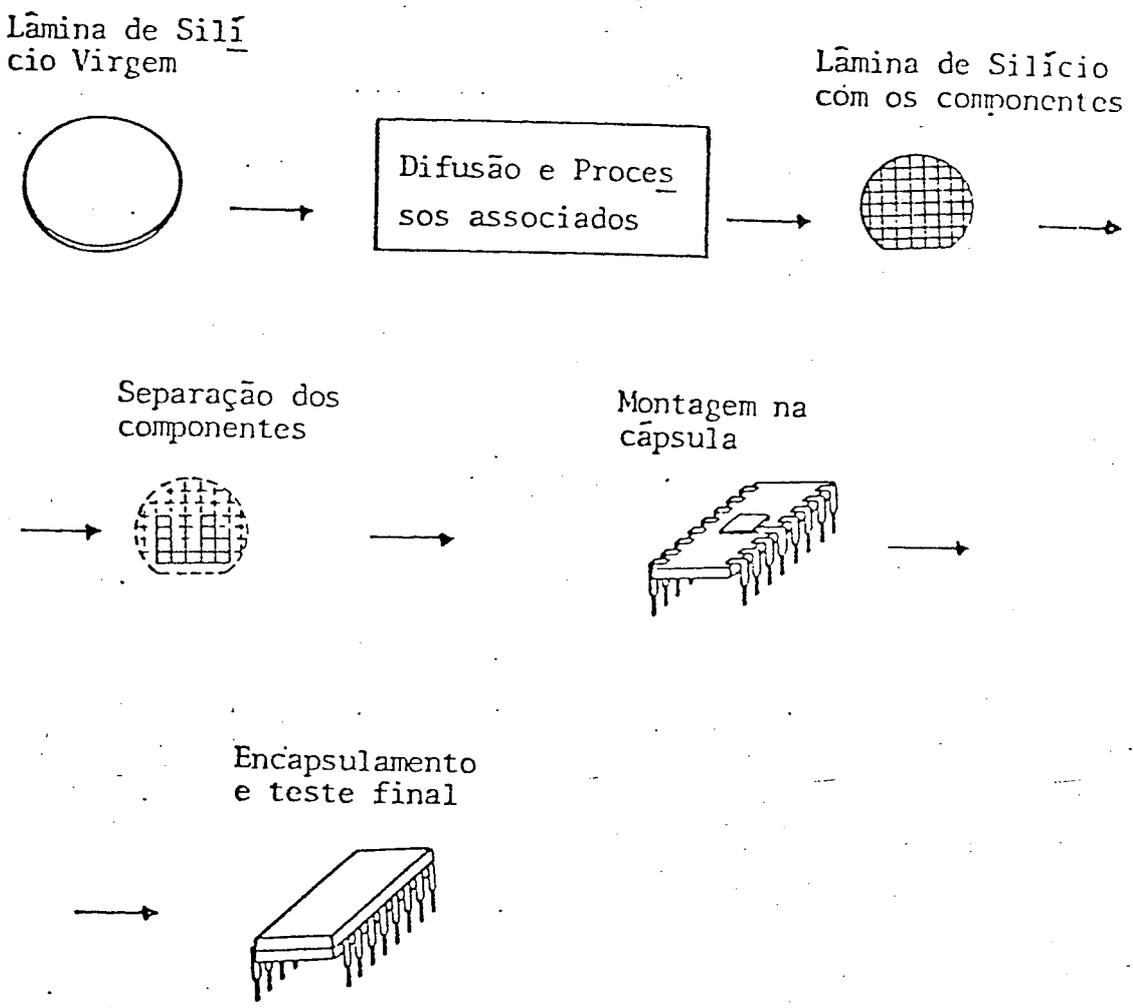


Fig. 5.5 Etapas básicas de fabricação de circuitos integrados.

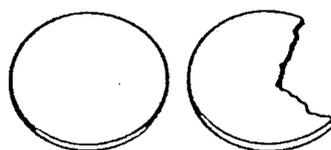
A partir das dimensões atuais do mercado tentaremos dimensionar a capacidade de produção necessária para atender a esse mesmo mercado.

Procuraremos também mostrar os investimentos necessários e o retorno de capital em termos nacionais.

Para esse cálculo é preciso levar em conta que o rendimento de cada etapa do processo é inferior aos 100% ou seja, uma fração que pode ser significativa dos componentes produzidos são perdidos por vários tipos de problemas que ocorrem durante a fabricação.

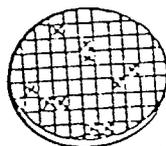
Os rendimentos típicos de cada etapa estão indicados na fig. 5.6.

1. Processamento de Lâmina (Y_W)



75% a 95%

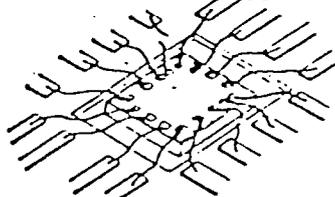
2. Teste na Lâmina (Y_P)



5% (p/ μP_C RAM Complexos)

90% (p/lógica simples)

3. Montagem (Y_A)



85% a 95%

4. Teste Final (Y_T)



60% a 95%

$$\text{Rendimento total} = (Y_W)(Y_P)(Y_A)(Y_T)$$

Fig. 5.6 Rendimento das várias etapas de fabricação de circuitos integrados.

Além disso é preciso levar em conta que uma linha de produção de componentes semicondutores nunca é totalmente ocupada.

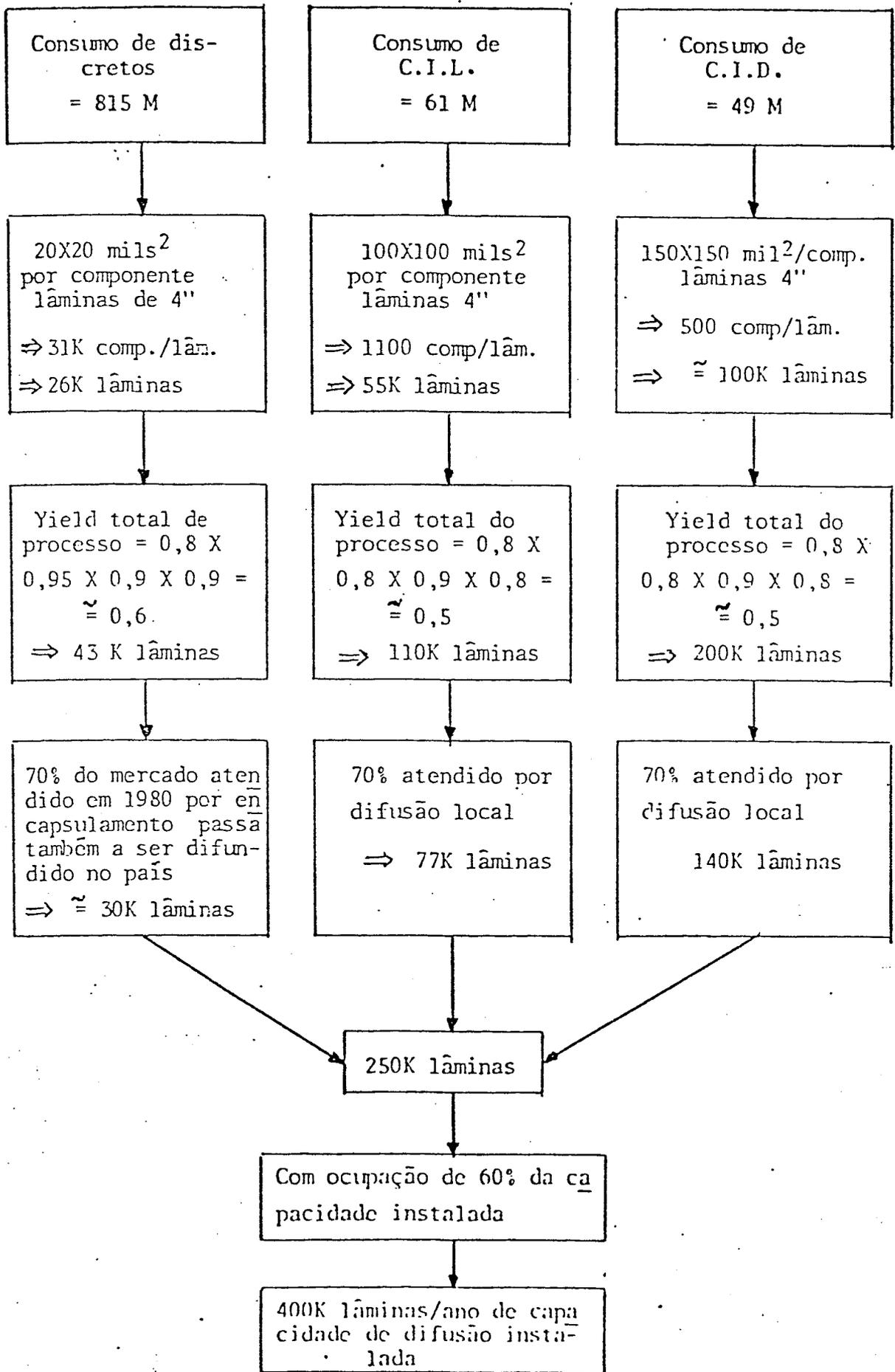
Em geral, um fator típico de ocupação da capacidade máxima da linha é da ordem de 60% a 70%.

A ocupação total da capacidade da linha de produção não é feita por, basicamente, duas razões principais:

- por quebras devido a má operação de equipamentos durante a produção (o que é comum a outras indústrias);
- porque, como já foi explicado, o esforço de desenvolvimento ou alterações de processos é feito na própria linha de produção.

Normalmente, o que é feito no segundo caso é, nas etapas de processamento em que alguma alteração vá ser feita, desviar-se pequeno lote de produção para equipamentos que se encontram fisicamente próximos à linha de produção e que em nada diferem dos equipamentos normais de produção. Esse pequeno lote passa a ser processado com as alterações previstas. Apenas quando o resultado dessas alterações estiver sob controle é que se passa a produzir em escalas maiores. Em consequência, o total dos equipamentos não trabalha a plena carga.

A figura 5.7 é um diagrama de bloco em que os vários parâmetros pertinentes são considerados. Adotando-se o ano de 1985 como referência, parte-se do consumo previsto para esse ano e procura-se avaliar a dimensão da indústria necessária ao atendimento desse mercado.

Situação em 1985

Com base nas várias hipóteses feitas e indicadas no próprio diagrama de blocos, chega-se à conclusão que para o atendimento de 70% do mercado brasileiro de 1985 (hipótese extremamente otimista) haverá necessidade de se ter uma capacidade instalada de difusão de 400.000 lâminas de silício de 4 polegadas de diâmetro por ano.

Um módulo industrial mínimo produz 500 dessas lâminas por 8 horas de trabalho. Operando em dois turnos de 8 horas por dia, produziria 240.000 lâminas por ano.

Embora a análise não seja apresentada aqui, deve ser considerado que do ponto de vista de retorno de investimentos aplicados por módulo industrial deverá haver lugar para mais do que dois desses módulos. Provavelmente haverá lugar para três módulos.

Conclui-se então que haverá lugar em 1985, para dois módulos industriais mínimos, operando 16 horas por dia.

Olhemos agora, os investimentos necessários em termos nacionais.

Um módulo industrial, como o considerado, requer investimento da ordem de US\$ 12 milhões.

Assim, dois módulos para o atendimento de 70% do mercado nacional em 1985, necessitariam investimentos de US\$ 24 milhões.

Como o mercado brasileiro, apenas em circuitos integrados, deverá ser da ordem de US\$ 100 milhões, con

clui-se que os investimentos feitos nesse setor serão altamente rentáveis tanto quando vistos sob os aspectos estratégicos como econômicos.

6. Necessidade de uma Política Nacional para o setor de Microeletrônica

O Brasil vem fazendo um grande esforço para que a sua industrialização não se constitua em elemento de conservação de vínculos de dependência externa, mas seja um instrumento de progresso econômico e social da nação.

Para isso é necessário que nos segmentos industriais não se configure uma situação em que a maior parte do conteúdo tecnológico do produto seja gerado no exterior.

Uma indústria como a de componentes de microeletrônica, seus insumos e bens de capital, constituída de produtos de elevado conteúdo tecnológico e base das indústrias de computação, telecomunicações, controle de processos e entretenimento, deve, então, ser objeto de especial atenção.

Uma nação não deve, no mínimo, depender do exterior para armazenamento e processamento de informações do interesse, da privacidade e da segurança das pessoas físicas e jurídicas, ou das entidades privadas e estatais.

Esta é a razão básica porque as nações dedicam a máxima importância à informação: não só por seu valor econômico, mas também por seu valor estratégico.

A indústria de informática, para se desenvolver independentemente, tem necessidade de uma infra-estrutura local de produção de componentes, em especial de microeletrônica, para não ser uma simples montadora fazendo apenas o trabalho menos criativo e dependente de projetos vindos do exterior.

Ela precisa ter condições de conceber e executar seus equipamentos, usando a inteligência nativa, minimizando, em consequência, os vínculos de dependência externa de tecnologia.

Para isso, é necessário existir no País uma indústria de componentes de microeletrônica que, com base nos interesses da nação, atenda à sua indústria de equipamentos eletrônicos.

A viabilização da indústria nacional de microeletrônica exige uma escala mínima de produção. No caso do Brasil essa escala só será alcançada se a indústria de microeletrônica atender, além do mercado de informática, também os de equipamentos de telecomunicações, instrumentação, controle, supervisão e entretenimento.

Todos os países que alcançaram e estão na primeira linha no setor de microeletrônica, aplicam fortes subsídios, incentivos ou proteção, de forma direta ou indireta, às atividades de formação de recursos humanos, de

pesquisa, de desenvolvimento, fabris e comerciais. O setor de microeletrônica, no País, só se viabilizará se isso também for feito aqui.

O mercado de componentes de microeletrônica é basicamente de produção em massa e está dominado em nível internacional por um certo número de empresas transnacionais, várias delas presentes no mercado brasileiro. Para que uma empresa nacional possa disputar fração ponderável deste mercado, é necessário que lhe sejam concedidas medidas especiais de proteção.

Ao mesmo tempo, é preciso que sejam criadas condições adequadas, para que ela possa se viabilizar econômica e tecnologicamente em prazo relativamente curto e, assim consolidando-se, tornar-se menos vulnerável.

Por outro lado, uma indústria de equipamentos eletrônicos competitivos exige que as qualidades técnicas e operativas dos componentes de microeletrônica neles empregados, sejam compatíveis e adequadas aos padrões de eficiência exigidos, principalmente pelos equipamentos profissionais.

É preciso, também, que tanto na indústria de equipamentos, como na de componentes, a engenharia brasileira se apresente com os máximos índices possíveis a cada instante.

Será necessário, em consequência, que existam empresas nacionais atuando em todas as áreas de importância da microeletrônica, com o efetivo poder das decisões

administrativas, financeiras e técnicas, inteiramente dentro do País em mãos brasileiras.

A variedade de fatores que integram o setor de microeletrônica, todos inter-relacionados e afetando o resultado a ser obtido, impõe um tratamento sistêmico a todo o setor, de forma que se assegure ao máximo a consecução dos objetivos visados.

Todas as considerações já apresentadas indicam que sem uma política definida, coerente e estável, o setor de microeletrônica não se viabilizará no País em termos nacionais.

7. Objetivo da Política

O objetivo da Política Nacional de Microeletrônica é a Autonomia Nacional no setor de componentes de microeletrônica, seus insumos e bens de capital.

Para atingir esse objetivo, além dos aspectos técnicos e gerenciais, deve-se levar em conta a necessidade maior de preservar e aprimorar nossas tradições culturais e de apoiar o esforço desempenhado pelo povo brasileiro para alcançar melhores estágios de bem-estar.

A Autonomia Nacional nesse setor é caracterizada:

1. pela ocupação por parte da empresa inteiramente nacional de parcela significativa e

- crescente do mercado de microeletrônica, seus insumos e bens de capital;
2. pela garantia de que as decisões e o comando das atividades tecnológicas, industriais e econômicas consideradas essenciais, estejam inteiramente no País em mãos brasileiras;
 3. pelo pleno domínio dos conhecimentos associados às atividades científicas, tecnológicas e industriais nacionais;
 4. pela máxima participação da comunidade gerencial, técnica e científica brasileira em todas as atividades;
 5. pela máxima agregação da engenharia nacional aos projetos e produção nas indústrias de equipamentos de eletrônica;
 6. pela mínima necessidade de importação de insumos, equipamentos, tecnologia de processos e projeto de produtos indispensáveis à fabricação de componentes de microeletrônica;

7. pela máxima agregação de valor e tecnologia aos produtos exportáveis do setor.

8. Recomendações

Neste item são apresentadas as recomendações básicas para serem consideradas na formulação de uma Política Nacional de Microeletrônica.

1) Considerando que:

- o setor de microeletrônica, além de sua importância econômica, é de importância estratégica para o desenvolvimento nacional;
- a própria sobrevivência independente da indústria eletrônica brasileira é função da indústria de microeletrônica, pois:
 - . a indústria eletrônica é cada vez mais dependente da indústria de componentes de microeletrônica;
 - . a indústria de componentes de microeletrônica e de equipamentos eletrônicos tendem a se verticalizar no mundo inteiro;
 - . no processo mundial de verticalização quem

não puder fabricar seus próprios componentes dificilmente poderá produzir equipamentos competitivos;

com a perda de competitividade dos equipamentos eletrônicos, a possibilidade de disputa de mercados externos pela indústria eletrônica brasileira, será fortemente atingida;

- o fator determinante da sobrevivência, ou não de, uma indústria de componentes de microeletrônica tem sido as economias associadas à experiência acumulada ("curvas de aprendizado") e, por conseguinte, as empresas iniciantes não terão sequer a possibilidade de uma concorrência justa com empresas com grande experiência acumulada;
- a participação de empresas estrangeiras na composição acionária tende a criar vínculos de dependência tecnológica que dificilmente podem ser rompidos, criando dificuldades para a geração local de tecnologia;

recomenda-se que:

- sejam estabelecidas faixas distintas do mercado brasileiro de componentes de microeletrônica;
- se estabeleçam classes distintas de empresas podendo ocupar cada uma das faixas criadas de forma a, dentro de cada faixa, poder haver uma concorrência não predatória;

- pelo menos uma das classes de empresas se constitua de empresas com capital inteiramente nacional e com o poder de comando e decisão no país em mãos brasileiras.

2) Considerando que:

- é extremamente importante para a própria consolidação da indústria brasileira de microeletrônica que ela seja viável economicamente;
- além da viabilização econômica, seja possível obter-se a viabilização tecnológica dessa indústria;

recomenda-se que:

- na formulação e implementação de uma política para o setor sejam adotados todos os cuidados necessários para se obter estabilidade no desenvolvimento nacional quanto aos seus aspectos tecnológicos e econômicos.

3) Considerando que no esforço nacional de capacitação tecnológica e industrial do setor de microeletrônica a disponibilidade de recursos humanos nacionais é essencial, e que essa disponibilidade é hoje insuficiente;

recomenda-se que:

- o governo invista na ampliação e aperfeiçoamento da atual capacidade brasileira de geração de recursos humanos de forma a atender efetivamente às necessidades do setor.

- 4) Considerando que para otimizar a capacidade nacional de geração e inovação tecnológica no setor, há necessidade de um esforço nacional conjunto;

recomenda-se que:

- haja uma conjunção e coordenação de esforços de núcleos de pesquisa e desenvolvimento nas empresas, centros e institutos de pesquisa e desenvolvimento governamentais, e nos laboratórios e grupos universitários, respeitadas as funções básicas de cada uma dessas atividades;
- se fomente as atividades de pesquisa e desenvolvimento em todas as entidades acima referidas;
- se promova a criação de novas entidades de pesquisa e desenvolvimento;
- se promova a criação de novas entidades de pesquisa e desenvolvimento no setor.

- 5) Considerando que para se poder otimizar a eficiência no setor é condição necessária que haja uma maior troca de informações entre as várias entidades intervenientes;

recomenda-se que seja estabelecido um sistema de intercâmbio de informações e especialistas no setor, tanto em âmbito nacional, como internacional.

- 6) Considerando a necessidade de proteção aos interesses nacionais com respeito aos investimentos no setor:

recomenda-se que sejam adotadas medidas que visem a defesa desses investimentos quanto à propriedade industrial de produtos e processos.

- 7) Considerando que o setor de microeletrônica nacional tem características de inter-relacionamento com todas as áreas de interesse vital do governo, e de acordo com as diretrizes baixadas pela Presidência da República sobre a matéria;

recomenda-se a outorgação à SEI, de competência para:

- supervisionar e coordenar a execução da Política Nacional de Microeletrônica em todos os seus aspectos;
- atuar junto aos órgãos Governamentais, promovendo as medidas legais necessárias à implantação desta Política;
- aprovar todas as decisões a serem adotadas no setor, de forma a manter a necessária coerência na execução da Política Nacional de Microeletrônica.

- 8) Considerando que as questões de normalização devem acompanhar a capacitação tecnológica nacional;

recomenda-se que a SEI participe da análise e encaminhamento de soluções de normalização e certificação de qualidade no setor levando em conta o processo de capacitação tecnológica nacional.

- 9) Considerando não só a situação conjuntural do balanço de pagamentos, como também a necessidade de proteção à indústria nacional de microeletrônica;

recomenda-se que a SEI estabeleça um sistema de controle e limitação de importações de componentes de microeletrônica, seus insumos e bens de capital e adote medidas que permitam minimizar seus custos de aquisição e as condições iniciais de custo a fim de tornar competitivos os produtos fabricados por empresas nacionais.

- 10) Considerando que um dos objetivos básicos da SEI é o desenvolvimento da capacitação tecnológica no setor;

recomenda-se que os contratos de transferência de tecnologia sejam condicionados à Política de Microeletrônica.

- 11) Considerando que o setor de microeletrônica é caracteristicamente dominado pelas economias associadas à experiência acumulada, que uma indústria iniciante no setor não pode possuir;

recomenda-se que se adotem mecanismos de incentivos fiscais e tarifários para a indústria nacional do setor que permitam minimizar essa desvantagem inicial em relação às empresas transnacionais aqui sediadas.