

**Subgrupo de Trabalho 2 do CAPDA - Comitê das
Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia.**

PROGRAMA PRIORITÁRIO

MICROELETRÔNICA E MICROSISTEMAS

**Versão 2.0
Março de 2004**

Sumário

1. Título	3.
2. Entidade Gestora	3.
3. Justificativa	3.
4. Objetivo	11.
5. Metas Físicas	20.
6. Plano de Trabalho	21.
7. Acompanhamento	23.
8. Executores	23.

1 Título

PROGRAMA DE MICROELETRÔNICA E MICROSISTEMAS DA AMAZÔNIA - PMMA

2 Entidade Gestora

A gestão do programa será de responsabilidade da Unidade de Gestão Estratégica – UGE do CT-PIM – CENTRO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS, considerando que uma de suas missões é atuar em pesquisa e desenvolvimento, voltados às competências científicas e tecnológicas, mediante a execução e gestão estratégica de programas relevantes para a região, conforme previsto nos incisos VI, VIII e XI do Parágrafo Único do art. 4º do seu Estatuto.

3 Justificativa

Nas últimas décadas, tecnologias de semicondutores foram responsáveis por enormes progressos tecnológicos no mundo, período em que a indústria de semicondutores cresceu a uma taxa média da ordem de 16% nas últimas décadas, contra aproximadamente 4% da economia em geral. Os avanços na área de microeletrônica permitem agregação de valor em toda a cadeia produtiva de praticamente todos os segmentos industriais. Para um determinado país, possuir competência tecnológica e empresarial em projetos e fabricação de circuitos integrados, assim como em aplicações da microeletrônica em produtos, significa sua inclusão no cenário mundial da microeletrônica e o conseqüente desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

Baseados na tecnologia de circuitos integrados surgem os Microsistemas. Microsistemas são tecnologias que integram: microeletrônica, microsensores, microatuadores e microestruturas com inúmeras aplicações em diversos segmentos de mercado. Da mesma forma que no universo dos circuitos integrados, o mercado

mundial de microsistemas possui elevada taxa de crescimento, 18% ao ano, com estimativas de mercado de 34 bilhões de dólares em 2006.

Atualmente o Brasil possui capacidade insuficiente de produção de semicondutores e nenhuma planta de fabricação de circuitos integrados, quanto menos de microsistemas, cenário único entre os países com grande economia. Esse fato deixa o Brasil numa situação desfavorável, técnica e economicamente, que pode ser notada através da situação balança comercial, que para o caso de componentes de microeletrônica as importações em 2001 somaram 1,6 BUS\$.

Para o Brasil reverter essa situação é muito importante a execução de uma série de ações emergenciais em microeletrônica e em microsistemas. Uma ação emergencial e estratégica para o desenvolvimento nacional é a geração de competência tecnológica e empresarial em microeletrônica e microsistemas voltada para: o mercado mundial e suas tendências, capacitação e fixação de recursos humanos no país, pesquisa e desenvolvimento em áreas mobilizadoras e adequações de políticas às características nacionais.

Para dinamizar o processo de desenvolvimento tecnológico, econômico e social de Manaus, e de toda a região amazônica, entendemos ser necessário um esforço de implementação de um programa de microeletrônica e microsistemas.

Consideramos que a geração de competência em microsistemas é estratégica para o desenvolvimento do pólo industrial, e do Brasil. Entende-se como competência em microsistemas, no âmbito do projeto, o ciclo de desenvolvimento e fabricação de: circuitos integrados, componentes microsistemas e produtos com utilização de microsistemas.

A figura 1 apresenta a evolução do mercado mundial de circuitos integrados. Esse mercado, que apresenta uma natureza cíclica, devido modelos de negócios utilizados por grandes indústrias fabricantes de CIs, encontra-se em tendência de crescimento, com previsão de atingir um mercado de 242 Bilhões de dólares em 2005.

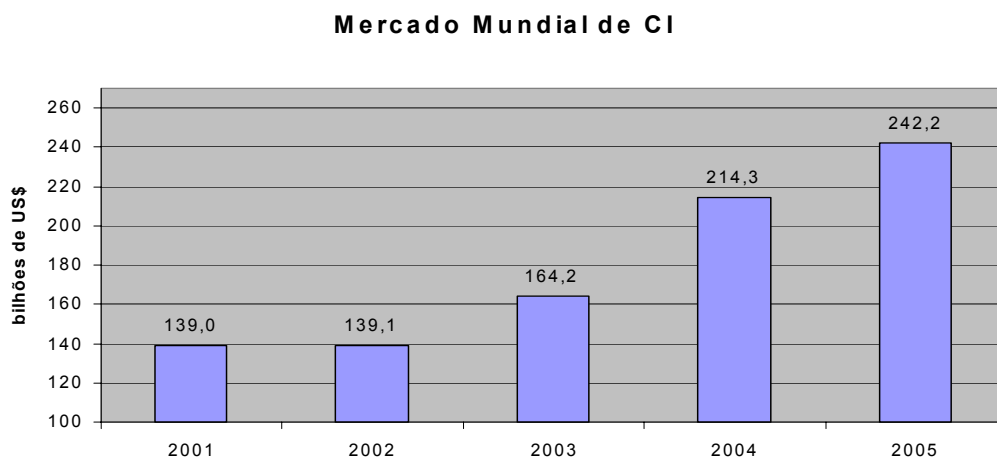


Figura 1: Tendências do mercado mundial de Circuitos Integrados (CIs)

Os componentes microsistemas (MEMS ou MST) também prometem movimentar grandes economias. Em 2001, os faturamentos com esses componentes foram de 14 Bilhões de dólares. A projeção para 2006 é que esse mercado chegue a 34 Bilhões de dólares, conforme mostra a figura 2. A figura 3 refere-se também a microsistemas, destacando a projeção em volume de componentes e apresenta um cálculo do custo médio dos componentes, que mostram queda progressiva.

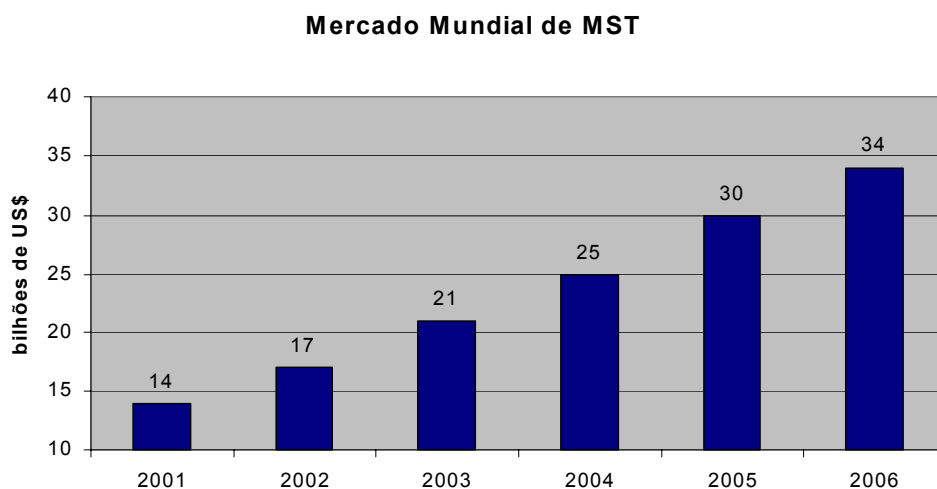


Figura 2: Mercado Mundial de Microsistemas

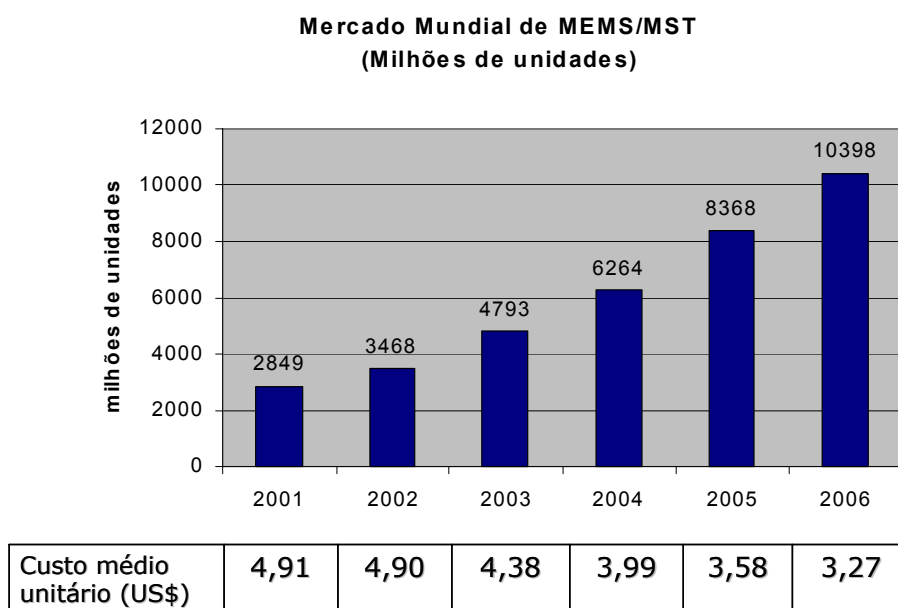


Figura 3: Projeção de volume de unidades e custo médio de microsistemas produzidos

O desenvolvimento de microsistemas compreende inovações em produtos que já existem e, com avanço tecnológico mais significativo, promove o surgimento de novos produtos, revolucionando vários segmentos industriais. As figuras 4 e 5 a seguir mostram respectivamente a situação atual e futura do consumo de microsistemas por diferentes segmentos do mercado.

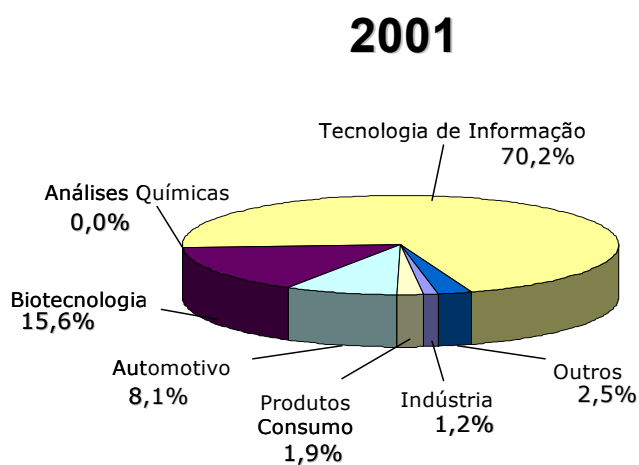


Figura 4: Consumo de microsistemas por setores de indústrias em 2001

2006

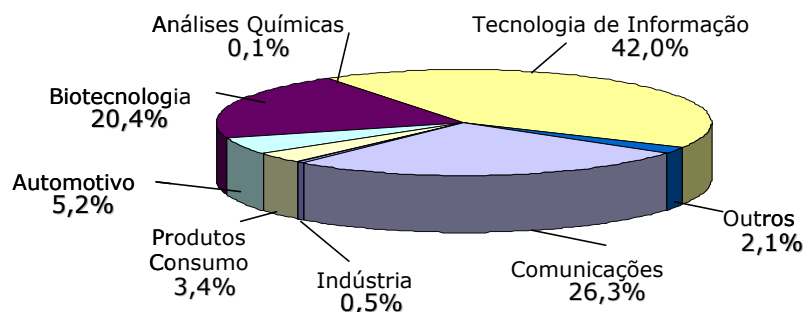


Figura 5: Consumo de microsistemas por setores de indústrias em 2006

A competência tecnológica/empresarial em microsistemas proposta compreende o ciclo de desenvolvimento e fabricação de: Circuito Integrado (CI), componente Microsistema (MST) e Produto Inteligente (PI).

Circuitos integrados são dispositivos compostos por milhões de componentes eletrônicos miniaturizados e interligados, com inúmeras possibilidades de aplicação, projetados para o cumprimento de uma determinada função: processamento analógico e/ou digital de sinais, controle, memória, CIs para aplicações específicas (ASICs), entre outras. Praticamente todos os produtos eletrônicos possuem CIs. O mercado dos eletroeletrônicos tende a reduzir o número de CIs por produto a praticamente um único CI. Se, por um lado, esse fato torna-se possível por inovações tecnológicas em processos de fabricação, por outro, o mercado começa a exigir progressivamente maiores avanços em tecnologias de produção de CIs, significando redução do seu tamanho físico, desenvolvimento de tecnologias que permitam a fabricação de um sistema completo em um único CI e aumento de eficiência para os fins pelos quais é projetado. A figura 6 apresenta alguns tipos de circuitos integrados com a qualificação de determinadas características.

Dispositivo CI	Complexidade projeto	Customiz. Fabricação	Escala para viabilidade	Investimento	Agregação de valor nos produtos
Microproc.	Altíssima	Baixíssima	Altíssima	Altíssimo	Alto
Memória	Média	Baixíssima	Altíssima	Alto	Baixa
PLD/CPLD/DSP	Altíssima	Baixíssima	Alta	Alto	Médio
ASIC	Alto	Médio	Média	Médio	Alto

Figura 6: Aspectos qualitativos de tipos de circuitos integrados.

Os componentes microsistemas (MSTs) são produzidos com base em princípios do processo de fabricação de CIs,. Microsistema pode ser definido como uma tecnologia que integra: microeletrônica, microsensores, microatuadores e microestruturas, conforme sugere a figura 7.

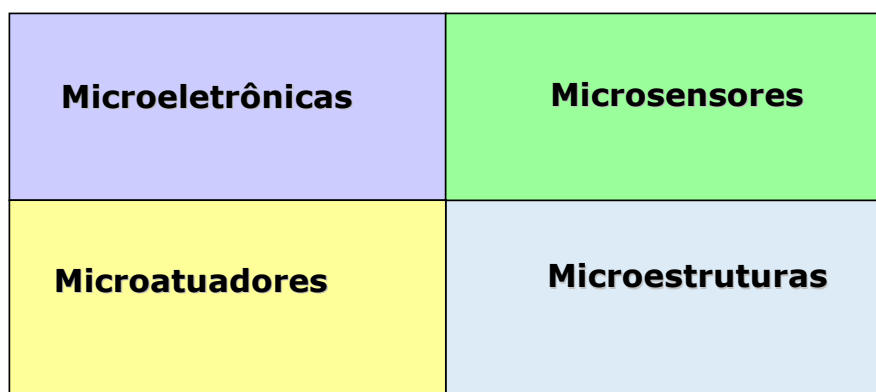


Figura 7: Componentes de um microsistema (MST)

Os Microsistemas também podem ser encontrados com as seguintes denominações: Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS), Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems (MOEMS), Micromachine e Microsystem (MST).

Da mesma forma que os circuitos integrados, os microsistemas são produzidos sob uma lâmina (wafer) de um certo material e são fabricados em lotes. As tecnologias de construção dos componentes de um MST derivam das tecnologias de CIs, porém expandidas pois, além dos componentes eletrônicos, devem ser construídas microestruturas. As microestruturas são fabricadas por tecnologia conhecida como micro-fabricação (ou micro-usinagem), que em muitos casos, utiliza tecnologia idêntica a utilizada em CIs. Porém, devido a especificações particulares de certos microsistemas, algumas técnicas de fabricação especializadas tiveram que ser olvidadas. A figura 8 procura ilustrar esses conceitos.

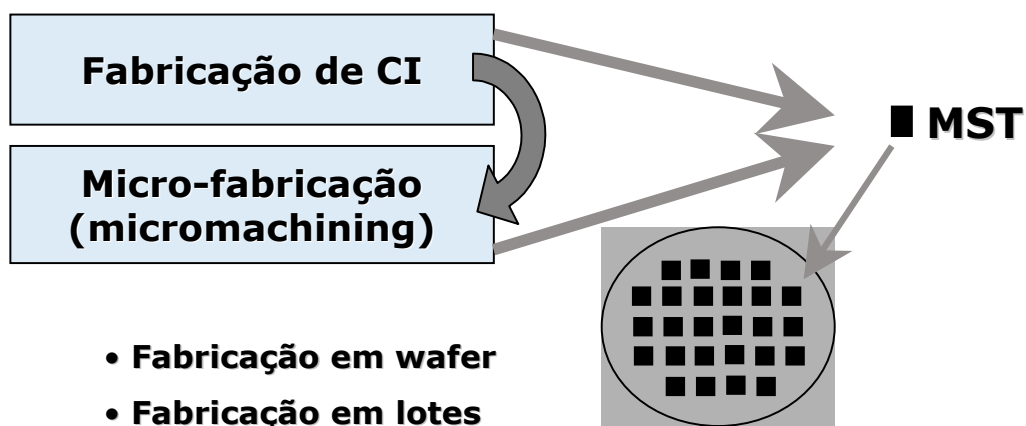


Figura 8: Tecnologia de fabricação de microsistemas (MST)

Os aspectos positivos destacados para componentes microsistemas são: dimensões microscópicas, inúmeras aplicações, maior confiabilidade, melhor desempenho e soluções específicas. Além disso, o MST é responsável por agregação de valor ao CI, oferecendo-lhe capacidade de sentir e atuar, e possibilitando sua inserção em diversos segmentos industriais com inúmeras aplicações. A figura 9 mostra a composição de um microsistema genérico. Na sequência, a figura 10 procura mostrar a diversidade de tecnologias envolvidas em microsistemas e suas variadas aplicações.

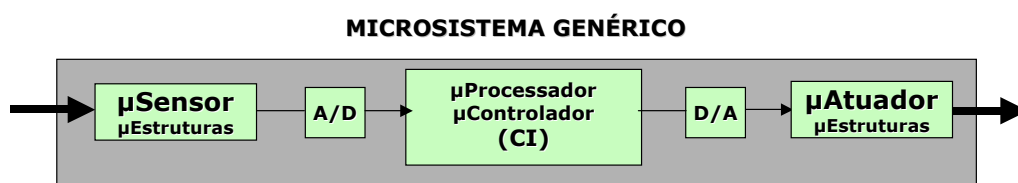


Figura 9: Esquema de microsistema genérico

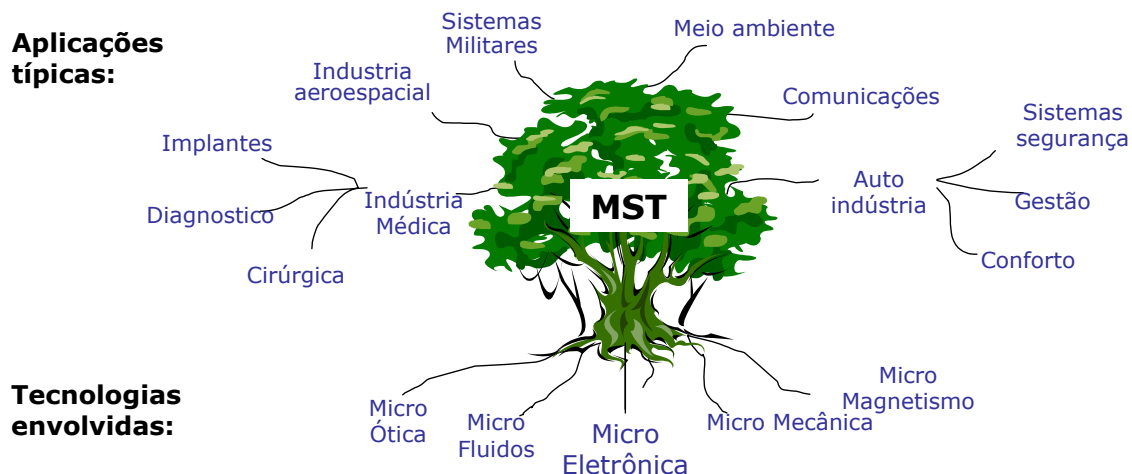


Figura 10: Tecnologias envolvidas e aplicações típicas

A tecnologia de microsistemas permite o desenvolvimento de produtos inteligentes com alto valor agregado. Os microsistemas, assim como circuitos integrados, podem ser aplicados em produtos já existentes, tornando-os produtos inteligentes com capacidade tecnológica aumentada. Porém, o maior avanço oferecido pelos microsistemas é a geração de novos produtos, antes inviáveis, para uma grande variedade de segmentos de mercado.

Produto Inteligente é o produto dotado de uma capacidade de processamento eletrônico, que adequa seu comportamento em função de sensoramento, comandos e/ou dados fornecidos, atuando e desempenhando com alta versatilidade e eficiência suas finalidades.

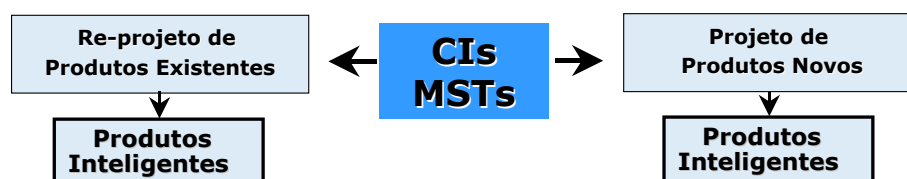


Figura 11: Desenvolvimento de produtos inteligentes

Exemplos de produtos inteligentes são: Impressora de jato de tinta, airbag, ABS, TV digital, reatores químicos, telefones móveis, cabeças magnéticas de discos de armazenamento, eletrodomésticos em geral, sensores e atuadores biomédicos para

implante, analisadores químicos, analisadores de DNA, smart-cards, monitores de processos industriais, e muitos outros.

4 Objetivo

O Programa possui como escopo geral a atuação nas áreas de formação, capacitação, treinamento e desenvolvimento de projetos (hardware e software) em todas as fases de fabricação de circuitos integrados e de microsistemas, possibilitando o desenvolvimento de um cluster de microsistemas, composto por instituições ensino e pesquisa, empresas, fábricas, produtos e negócios. Destacando-se os seguintes objetivos específicos:

4.1 – Dominar os Processos de produção de circuitos integrados e microsistemas

Os processos produtivos de circuitos integrados e microsistemas, de forma geral, podem ser classificados em 4 etapas distintas conforme mostra a figura 12: projeto, fabricação, montagem e empacotamento e testes.

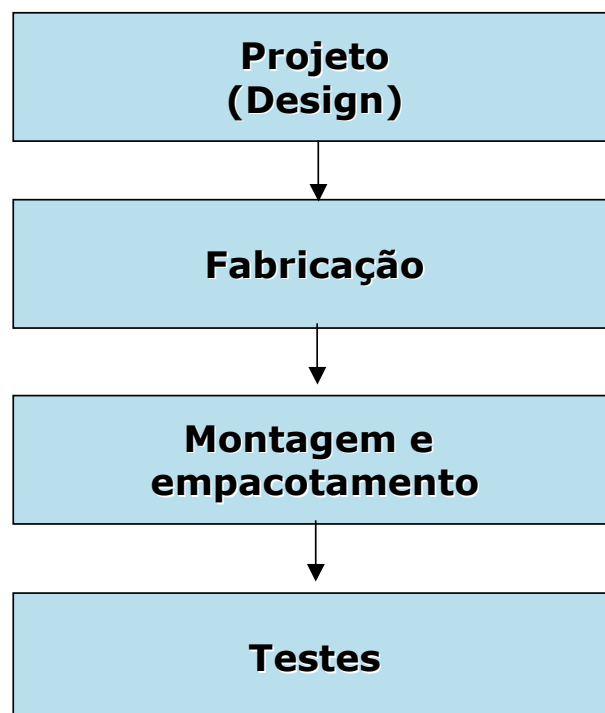


Figura 12: Etapas do processo de produção de Cis e MSTs

A seguir estão descritas brevemente as etapas do processo produtivo de Cis/MSTs, destacando para cada etapa: atividades envolvidas e características gerais.

4.1.1 – Projeto

a) Atividades envolvidas:

- Projeto do MST/CI de acordo com regras de projeto fornecidas pelo fabricante.
- Modelagem e simulação em software do dispositivo projetado.
- Otimização do layout e da funcionalidade do dispositivo.
- Definição do processo de fabricação.
- Projeto de máscaras (para processo de litografia).
- Acompanhamento do processo de fabricação.

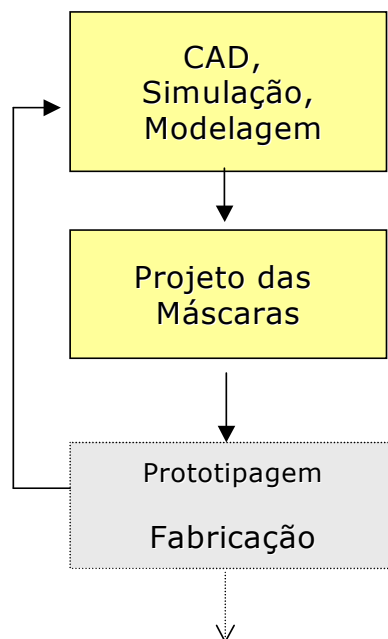


Figura 13: Etapa de projeto do processo de produção

b) Características:

- Dispositivos são projetados por Design Houses (DHs), que são empresas de engenharia especializadas em projetos..
- Projetos são realizados com ferramentas computacionais CAD. Modelagem e simulação de dispositivos utilizam: métodos analíticos, métodos de elementos finitos-3D, análises de fluxo de fluídos, etc.
- Processos de fabricação devem ser dominados, assim como conhecimentos em microeletrônica, microestruturas, materiais, técnicas de montagem e empacotamento.
- Ferramentas necessárias são: estações de trabalho, softwares (item mais caro, levando em conta licenças e atualizações) e pessoal qualificado

4.1.2 – Fabricação

a) Atividades envolvidas:

- Produção de protótipos: testes, avaliação, otimização.
- Desenvolvimento de processos de fabricação.
- Fabricação: todo o processo ou algumas etapas.
- Medições e testes de parâmetros de MST/Cis durante toda produção.
- Fornecimento das regras de projeto para as Design Houses
- Interação com as Design Houses durante o projeto e processos.

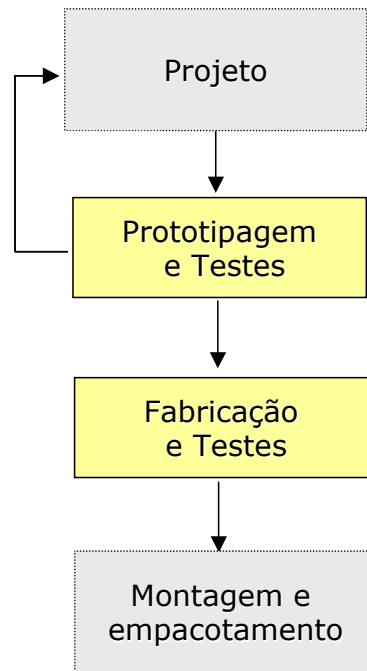


Figura 14: Etapa de fabricação do processo de produção

De forma geral o processo de fabricação de um microsistema é idêntico ao processo utilizado na fabricação de circuitos eletrônicos. Basicamente o processo consiste nas etapas: Deposição, Gravura/Gravação e Remoção. A figura 15 esquematiza os processos de fabricação com a etapa de fabricação do wafer e o desenvolvimento das máscaras utilizadas na gravura por litografia, destacando ainda características de tecnologias de microeletrônica e microsistemas.

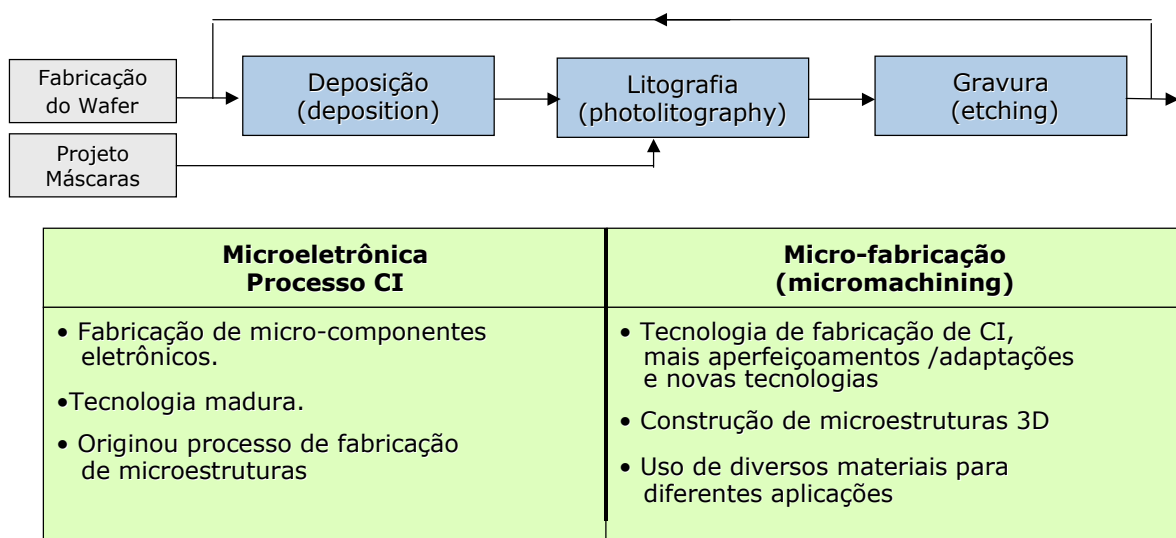


Figura 15: Esquema do processo de fabricação de Cis e MSTs

A tecnologia de fabricação de microsistemas difere principalmente quanto ao material utilizado no processo. Pelo fato de um componente microsistemas ser constituído por microestruturas, com funções diversas de sensoriamento e atuação em diferentes ambientes físicos, a gama de materiais utilizados para sua fabricação é bem maior que os materiais utilizados em CI's, o que inclui vidro, plástico, diferentes metais e outros. Além disso, para a fabricação de complexas estruturas, e suas interligações, foi necessário o desenvolvimento de novos processos de fabricação. A figura 16 apresenta particularidades do processo de produção de Cis e MSTs.

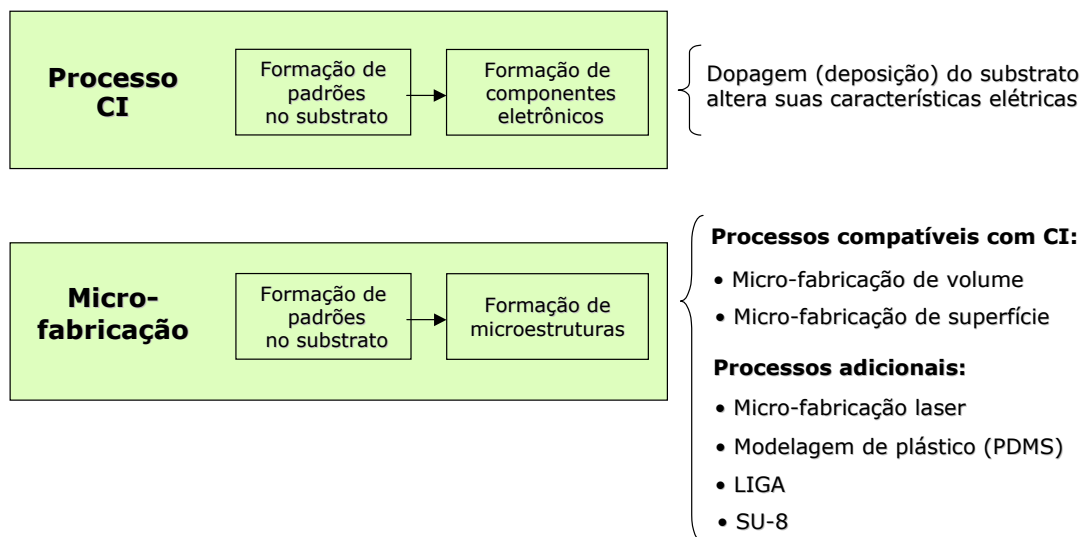


Figura 16: Particularidades do processo de fabricação de Cis e MSTs

b) Características:

- Antes da fabricação definitiva de MST/Cis são fabricados protótipos. Protótipos permitem: validar conceitos, avaliar funcionalidade, otimizar sistema.
- Uma solução de prototipagem é feita com serviços MPW (Multi Project Wafer) – num mesmo wafer são fabricados diferentes protótipos de dispositivos, reduzindo custos. Geralmente os protótipos são de diferentes clientes.
- Com protótipo validado, ainda antes da produção definitiva a fabricação é feita em pequena escala.

- Em muitos casos uma fábrica de MST/CI não possui todos os processos/ equipamentos de fabricação necessários. Os processos restantes são realizados por terceiros.

4.1.3 – Montagem e empacotamento

a) Atividades envolvidas:

- Montagem interliga componentes do MST, podendo ser “montados” num mesmo chip ou em mais de um chip.
- Empacotamento protege MST/CI de influências externas: contaminações, condições ambientais, choques mecânicos.

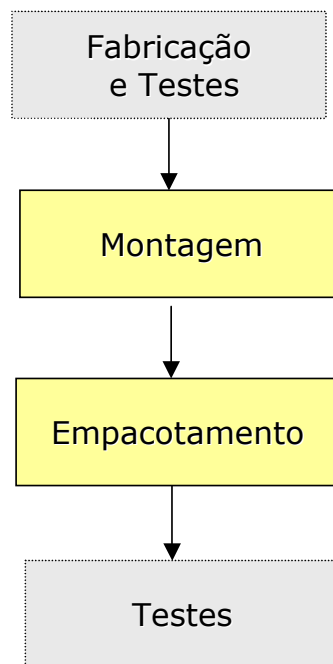


Figura 17: Etapa de montagem e empacotamento do processo de produção

b) Característica:

- Uma forte tendência em tecnologias de microeletrônica e microsistemas é o desenvolvimento de componentes em um único chip ou em um mesmo empacotamento.

- Um componente pode ser montado de forma monolítica, que é quando a fabricação de vários sub-sistemas é feita sobre um mesmo chip – System on a Chip (SoC).
- Outra forma de montagem é conhecida como híbrida, que é quando os sub-sistemas são fabricados separados e posteriormente interligados e e empacotados em conjunto. Essa tecnologia é conhecida como System-in-a-Package (SiP) ou Multi-Chip Module (MCM).
- Para o caso particular de microsistemas nem sempre é possível a forma monolítica, pois em alguns casos, os processo de fabricação dos componentes eletrônicos do microsistema não são compatíveis com os processo de fabricação das microestruturas constituintes.

A figura 18 mostra algumas características de tecnologias de montagem, integração e empacotamento de circuitos integrados e microsistemas.

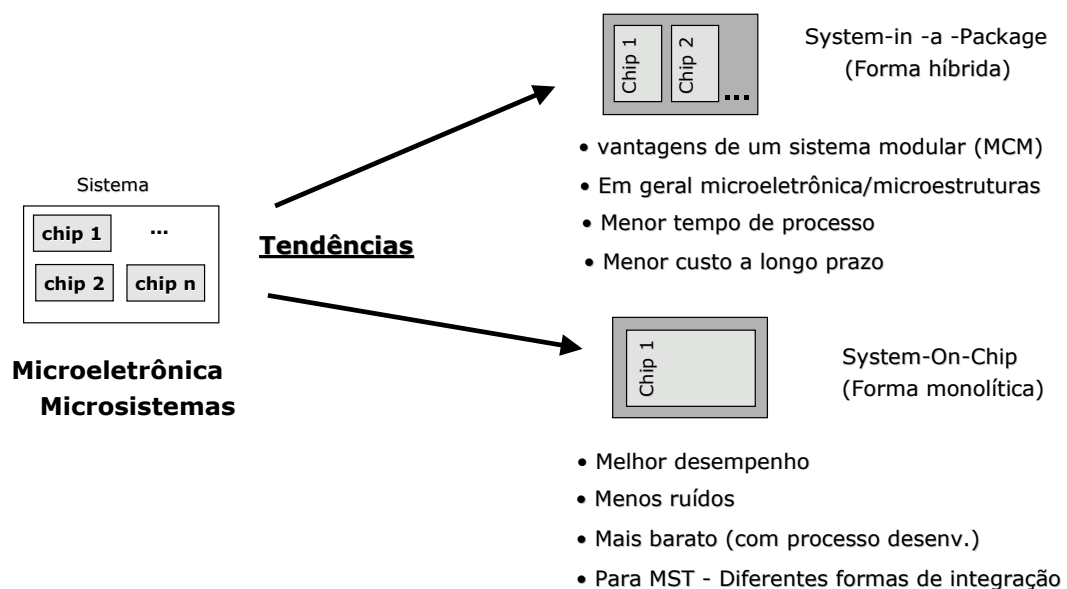


Figura 18: Tecnologia de montagem, integração e empacotamento.

4.1.4 – Testes

a) Atividades envolvidas:

- Inspeções e Medições de diversas características são realizadas durante todo o processo produtivo.
- Testes são feitos perto da fábrica (ou na fábrica). Testes finais geralmente são feitos em locais diferentes, especializados.
- As características de funcionamento do MST/CI, que são a base da rotina de teste, são desenvolvidas e fornecidas pelas DHs.

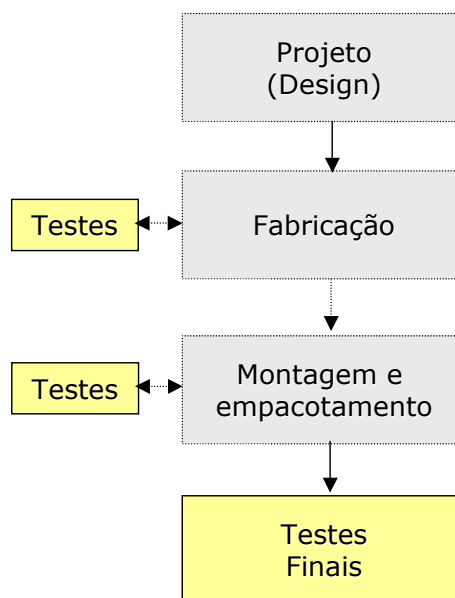


Figura 19: Etapa de testes do processo de produção

b) Características:

- Durante a fabricação de MST/CIs, testes típicos são aplicados para avaliar: superfície do wafer, dimensões críticas (CDs), características do filme depositado, propriedades elétricas, funcionalidade do sistema.
- Testes finais monitoram a montagem e empacotamento e também avaliam o comportamento do sistema completo, de acordo com o que foi projetado.

4.2 - pesquisar e desenvolver circuitos integrados e microsistemas em diferentes segmentos do mercado, tais como:

- Biotecnologia: identificação, produção e análise de compostos biológicos e associados, desenvolvimento e seleção de drogas, micro análises utilizando espectrometria de massa e micro-reatores, Chips para análise de DNA, biosensores.
- Energia sustentável: micro-reatores, células de combustível, processamento químico, sensores, eletrônica de controle, catalisadores e coberturas com camadas nanométricas.
- Produção de Plástico: micro-fluidos, dispositivos óticos feitos de filmes plásticos laminados ou moldados.
- Produção de Alumina/Cerâmica: micro-reatores em cerâmica, montagem híbrida de componentes eletrônicos e microestruturas
- Monitoramento Ambiental: sensores para variadas grandezas físicas relacionadas, sistemas de comunicação para sensoriamento remoto;
- Médico: cirurgias minimamente invasivas, dispositivos implantáveis, dosadores de drogas, equipamentos de diagnóstico.
- Petroquímica: biosensores em cerâmica, espectroscopia de massa, cromatografia de gases e líquidos, micro-reatores, filtros
- Automotivo: sensores para airbag, microsistemas de controle, carros inteligentes.
- Comunicações: telefones móveis, sistemas de comunicação via satélite, chaveadores óticos, TV digital.

4.3 - Formar e treinar recursos humanos nas áreas de projeto, fabricação e encapsulamento de CI's e MST's, bem como prover a infra-estrutura necessária.

5 Metas Físicas

5.1 – Apoiar o projeto de implantação de um parque tecnológico, conforme demonstrado na figura a seguir:

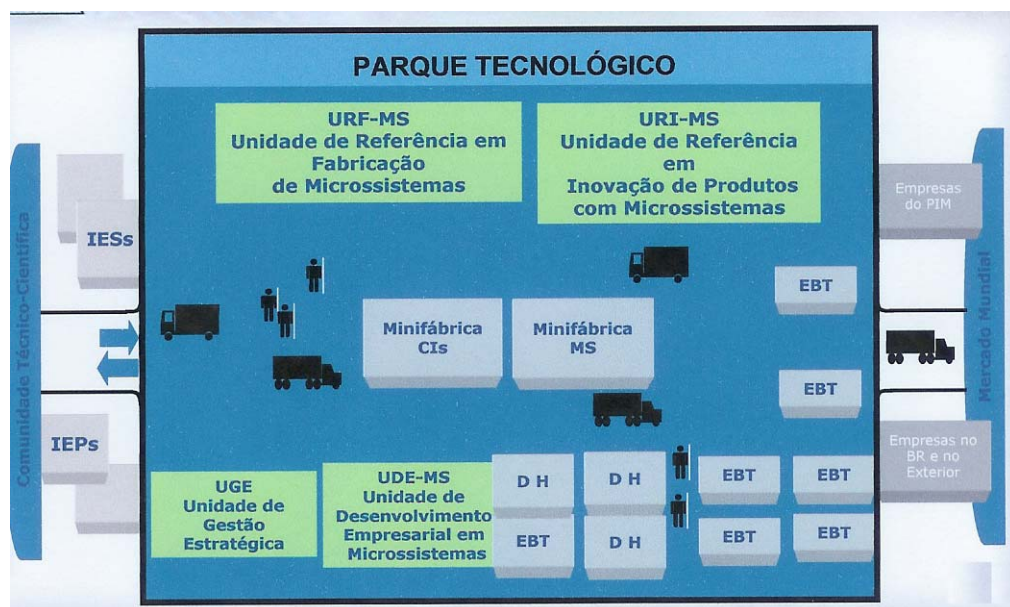


Figura 20 : Parque tecnológico do CT-PIM

O Parque Tecnológico surge da necessidade de uma infra-estrutura referencial que comporte o empreendimento e viabilize o programa.

Sugere-se a formação do Parque Tecnológico em Microssistemas de modo a reunir numa mesma área física as unidades de Microssistemas (UMS) e empresas incubadas e/ou já consolidadas como: design houses, mini-fábricas e empresas de base tecnológica, constituindo um cluster local sinérgico de microssistemas.

5.2 – Formatar e implantar cursos de formação e pós-graduação em conjunto com entidades nacionais e internacionais, e instituições de ensino superior e médio locais, nas seguintes áreas:

5.2.1 – Projeto e fabricação de circuitos integrados analógicos e digitais, e microssistemas;

A consolidação da competência em Manaus depende de uma série de estratégias estruturantes, previstas para curto e médio prazo, entre elas:

- Atração de recursos humanos em vários níveis (especialistas, profissionais e pesquisadores). O programa de atração de talentos coordenado pela unidade de Gestão Estratégica (UGE/CT-PIM) englobará as ações de atração de recursos humanos para as unidades de microsistemas (UMS/CT-PIM).
- Indução de melhorias do ensino nas áreas correlatas a microsistemas em instituições de ensino superior (IES) e instituições de ensino profissionalizante (IEP), oferecendo melhores condições de capacitação de recursos humanos com alta qualidade.
- Geração elementos motivadores, infra-estrutura intelectual e física, e possibilidades de negócios para a atração e nucleação de mini-fábricas e design houses no parque tecnológico do PIM. Com isso Manaus adquirirá competência local em projeto e fabricação de MSTs, que será suportada por atividades das UMS/CT-PIM. Além disso, com esses empreendimentos instalados localmente, recursos humanos poderão ser melhor qualificados dentro das fábricas, o conhecimento adquirido fica retido na região, e uma transferência de tecnologias e competências torna-se possível.
- Promoção de incubação de empresas de base tecnológica para desenvolvimento de produtos inteligentes utilizando microsistemas. Neste sentido a Unidade de Desenvolvimento Empresarial em conjunto com a Unidade de Referência em Inovação de Produtos e instituições locais atuarão intensamente.
- Estabelecimento de parcerias em negócios e tecnologias com instituições de pesquisa e desenvolvimento.
- Implantação de estratégias de inserção no mercado nacional e internacional, com o aproveitamento de oportunidades regionais fortalecendo a marca Amazonas.

- Ações visando melhoria de condições do mercado nacional, tornando-o um mercado aberto e competitivo para produtos ligados a microsistemas.
- Conscientização e articulação junto a indústrias, empresas de base tecnológica e outros potenciais usuários de microsistemas das oportunidades de negócios na área, visando promover os negócios com microsistemas no Brasil.
- Promoção de consórcios nacionais e internacionais entre pequenas e médias empresas.
- Indução de cooperação entre pesquisadores dos setores públicos e privados nacionais e suas relações com o ambiente internacional.
- Manutenção dinâmica de metas que desenvolvam os objetivos tecnológicos e empresariais pretendidos.

7 Acompanhamento

O acompanhamento e avaliação, das ações e projetos executados com os recursos destinados a esse Programa Prioritário, será efetuado por uma comissão de profissionais da área, nomeada pelo CAPDA, com suporte da Coordenação-Geral de Gestão Tecnológica – CGTEC / SUFRAMA. O acompanhamento será feito por análise de relatórios e visitas *in loco*.

8 Executores

Este programa prioritário será executado com a participação das unidades do CT-PIM, das instituições locais de ensino superior e médio, e de outros centros de pesquisa e desenvolvimento da região, em parceria com instituições nacionais e internacionais.