



# DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE ARMAS: ABSORÇÃO DE TECNOLOGIA ESPECÍFICA

Antonio Cunha de Oliveira

*Este artigo do Ten Cel Antônio Cunha de Oliveira, escrito com base em seus estudos como aluno do IME e da ECEME, incide sobre a Ciência e a Tecnologia dos sistemas de armas. Além disso, incursiona o autor em aspectos políticos e estratégicos do problema pois, como disse, "a indústria bélica própria é vital para a soberania e defesa da Nação".*

## INTRODUÇÃO

**N**ão se pode falar em sistema de armas, sem antes ressaltar a importância da Ciência e Tecnologia, presentes em todos os setores das atividades humanas, molas propulsoras do desenvolvimento das nações, fatores que permeiam as quatro expressões militares do Poder Nacional.

É nosso intuito, com este trabalho, conceituar sistema de armas, apresentar suas principais características, composição e atributos, relacionando-o sempre ao de-

seenvolvimento tecnológico do Exército e à grande necessidade de absorção de tecnologia específica.

Procuraremos relacionar e analisar os principais óbices ao desenvolvimento de um sistema de armas, expondo mais detidamente tudo o que se tem feito, no âmbito do Exército, para aquisição de tecnologia concernente a sistema de armas.

A Expressão Militar, como não poderia deixar de ser, recebe a influência imediata do desenvolvimento tecnológico, que modifica constantemente a arte da guerra, aperfeiçoa os armamentos, cria no-

vos e sofisticados engenhos bélicos, visando sempre a superioridade sobre o inimigo.

Da combinação desses equipamentos e de diversos outros componentes, com características específicas e funções diversas, surge um sistema mais ou menos complexo a que denominamos: sistema de armas.

O desenvolvimento do armamento, ao longo da História, está intimamente associado ao do homem, que cada vez se torna mais exigente quanto aos padrões de conforto, bem-estar e, conseqüentemente, de sua própria defesa.

As nações mais desenvolvidas despendem hoje grande parcela de seu PIB, na pesquisa e desenvolvimento dos mais complexos sistemas de armas.

A estratégia da dissuasão é grandemente utilizada no confronto entre as nações, e para tanto necessário se torna uma Expressão Militar fortalecida.

O Brasil não pode, portanto, se descuidar desta grande verdade — Ciência e Tecnologia são fatores decisivos na avaliação do poder militar de uma nação. Os complexos sistemas de armas, com os seus mais variados componentes, tais como foguetes, mísseis, computadores, radares, elementos técnicos e especializados, são inventos contemporâneos que pesam decisivamente em qualquer confronto.

Transcreveremos, a seguir, alguns dizeres extraídos do Manual Básico da Escola Superior de Guerra (ESG) que corroboram essa nossa assertiva:

“Não se pode justificar a hipertrofia das Forças Armadas em detrimento do processo de desenvolvimento de uma nação, mas não se admite, por ilógico e temerário, que a Expressão Militar do Poder Nacional seja colocada em plano menor, à míngua de recursos e incentivos técnicos, na falsa concepção de que a prioridade absoluta deve ser dada ao campo do Desenvolvimento.

“Não existem nações desarmadas, porque nenhuma delas seria capaz de desfazer-se de sua Expressão Militar para merecer, por esse ato ingênuo, o respeito e a simpatia de todos os povos. Não há fórmula miraculosa capaz de manter a paz, sem ameaças de conflitos internos ou de guerra entre os povos. A ser realidade essa utopia, compreenderíamos total despreocupação com a Expressão Militar.” (Manual Básico da ESG, pág. 195.)

## DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE ARMAS

### Generalidades

O aparecimento do nome “sistema de armas”, tradução literal de “*weapon system*”, é uma consequência natural da evolução do armamento no decorrer do tempo.

Muito se tem escrito sobre esse desenvolvimento, resultante da necessidade de os homens manterem suas conquistas, preservarem sua sobrevivência e se fazerem respeitar ante seus inimigos. O mesmo se verifica no concerto das na-



ções, onde infelizmente ainda domina o direito da força e não a força do direito. Dentro desse quadro internacional incerto e inseguro, não se pode descuidar da qualidade e do desempenho do material bélico, ao lado de todos os fatores da Expressão Militar do Poder Nacional.

Ao aumento da potência e do alcance das armas seguiu-se o aperfeiçoamento das mesmas, visando aumentar-lhes a precisão e a eficácia, bem como a proteção individual da guarnição, como podemos constatar nos modernos fuzis, nas metralhadoras e nos carros de combate.

As descobertas de novos fenômenos e a geração de conhecimentos científicos e tecnológicos respondem pelo progresso de nossos dias, em todos os campos da atividade humana, especialmente na arte bélica. Uma batalha é muitas vezes ganha primeiro nos laboratórios para depois ser confirmada nos campos de batalha.

Hoje em dia, a sofisticação crescente do armamento fez aparecer o sistema de armas, onde não mais entra em jogo somente a arma e o atirador, mas toda uma estrutura de homens, engenhos e equipamentos, cuja finalidade é obter a máxima eficiência no cumprimento de uma missão operacional, face a um inimigo bem aparelhado tecnicamente.

Assim, através do sistema de armas, todas aquelas operações necessárias à execução do tiro, tais como detecção e identificação de inimigos ou alvos; designação do alvo mais perigoso; acompanha-

mento do alvo escolhido; determinação da distância ao alvo; cálculo dos elementos de tiro; tiro propriamente dito; avaliação do resultado; correção etc., podem ser, no todo ou em parte, automatizados, o que permite realizar o tiro com muito mais rapidez e eficiência, possibilitando a defesa contra as incursões rápidas do inimigo, a exemplo dos ataques aéreos a baixa altitude.

### **Conceituação, características e evolução**

Como o nome indica, sistema de armas deve ser um sistema material que, no sentido amplo, significa um conjunto de objetos inter-relacionados, de modo que os atributos do sistema sejam superiores aos de seus componentes.

Há dificuldade em defini-lo precisamente, assim o apresentaremos pelo que encontramos a respeito: O ME 320-5, Vocabulário da ECEME registra: SISTEMA DE ARMAS.

"Conjunto de armas, equipamentos militares e os componentes necessários à sua operação, empregados como uma entidade para desempenhar uma missão militar."

"Instrumento de combate com todos os equipamentos relacionados, as técnicas operativas, as instalações e os serviços de apoio diretamente necessários a permitir a sua operação como uma unidade singular, capaz de produzir um efeito desejado."

As IG 10-21, Instruções Gerais para as Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento no Exército,



apresentam a seguinte definição para sistema de material:

"Combinação de materiais ou equipamentos, reunidos para desempenhar uma ou mais funções operacionais."

Schendel propõe para sistema de armas a conceituação que se segue:

"Conjunto complexo de equipamentos e homens, organizado de modo a formar um todo coerente, destinado a realizar uma missão militar."

Do que se depreende da literatura especializada, podemos concluir que sistema de armas são sempre sistemas complexos ou grandes sistemas que possuem, dentre outras, as seguintes características:

- O sistema comporta grande número de dispositivos físicos, funcionando de maneira coordenada.

- Seus equipamentos são, quanto à natureza, bem diferentes, quais sejam: mecânicos, eletrônicos, ópticos, químicos etc., requerendo uma infra-estrutura diversificada para sua implantação e manutenção.

- Requerem o concurso de pessoal especializado e diversificado para sua colocação em serviço e manutenção.

- Seu custo é elevado.

- Seu desenvolvimento é demorado.

- Possuem uma unidade eletrônica central de processamento que controla, supervisiona ou indica todas as operações, podendo apresentar até um pequeno grau de inteligência.

- Os sistemas ou seus vetores poderão escolher os alvos automaticamente, quando deles se aproximarem e os identificarem, ou mesmo escolher os seus pontos vitais, nos quais deverão percutir.

- Possuem capacidade de auto-adaptação ao ambiente em que se encontram, sem terem tido dele conhecimento a priori. As informações vão sendo memorizadas sucessivamente, através de tentativas, erros e acertos, e o sistema vai aprendendo a reagir, melhorando progressivamente seu desempenho numa determinada missão.

Toda essa evolução tem sido conseguida, no decorrer dos nossos dias, devido ao grande desenvolvimento que tiveram vários ramos do conhecimento humano, tais como: a Eletrônica, a Informática, a Engenharia de Sistemas, a Mecânica, a Eletro-Óptica, a Ciência dos Materiais, o Cálculo, a Física, a Química.

A microeletrônica possibilitou a realização de pequenos calculadores, preditores, processadores e computadores capazes de realizarem missões até então consideradas impossíveis.

O estudo científico do tratamento da informação possibilitou um aproveitamento ótimo das máquinas (*hardware*) que a microeletrônica é capaz de produzir.

Além disso, a disponibilidade de grandes centros de cálculo, de processamento e de bancos de dados, bem como o projeto ajudado por computador, constituem ferramentas fantásticas, capazes de agilizar projetos complexos e minuciosos.



O tratamento sistemático de um conjunto de meios ou equipamentos possibilitou o correto dimensionamento de seus componentes e a interação entre eles, permitindo o chamado funcionamento integrado do sistema.

A análise estrutural, pela decomposição em elementos finitos, deu origem ao projeto de estruturas mecânicas corretamente dimensionadas em relação aos esforços, aos quais poderão ser submetidas, nas formas mais complicadas que se puder imaginar.

O estudo aprofundado das propriedades dos diferentes materiais deu origem à fabricação de materiais compostos, com propriedades muito superiores às dos seus componentes.

O emprego das radiações invisíveis e da luz, na determinação precisa da distância, na detecção e identificação de objetos, gerou equipamentos e sensores de grande aplicação militar.

### **Composição de um sistema de armas — atributos**

A composição de um sistema de armas depende da concepção de seu emprego operacional, de suas características técnicas e do desempenho esperado face às condicionantes previamente levantadas pelo elemento tático.

Dá a importante missão do tático na formulação das necessidades de um armamento, que lhe seja vital no campo de batalha.

Da interação do técnico e do tático surgirá o equipamento ne-

cessário e útil ao cumprimento de determinada missão.

De um modo geral podemos dizer que um sistema de armas apresenta, dentre outros, os seguintes elementos:

- Equipamentos de operações
    - armamentos propriamente ditos
    - central de processamento
    - equipamento de vigilância e observação
    - equipamento de comunicações
    - equipamento de telemetria
    - equipamento de telecomando
    - transportador
    - rampa
    - meio de recarregamento
  - Equipamentos de apoio
    - equipamento de teste no campo
    - oficina de manutenção no campo
    - oficina de manutenção recuada
    - simuladores de treinamento
    - depósitos
  - Pessoal operacional
    - guarnição
  - Pessoal de apoio
    - instrutores
    - técnicos de manutenção
    - cadastramento centralizado
- O valor militar de um sistema de armas é relativo, pois é função das suas qualidades em relação às dos sistemas do inimigo. Sua eficácia é dada pelo produto de três fatores primários: a disponibilidade, a confiabilidade e o desempenho. A disponibilidade é a probabilidade de o sistema estar em condições de desempenhar a sua



missão quando solicitado. A confiabilidade é a probabilidade de funcionamento normal do sistema sob as condições para as quais foi concebido. O desempenho é dado pela probabilidade de o sistema atingir os objetivos da missão.

De acordo com as IG 10-21, eis a definição para a eficácia: "É a medida do grau com que o material se aproxima de sua capacidade nominal e alcança facilidade de manutenção e operação." (IG 10-21, 1981, 2)

Os atributos de um sistema de armas podem ser apresentados segundo dois grandes grupos:

#### Qualidades de desempenho

- alcance
- tempo de resposta
- velocidade de operação
- probabilidade de acerto etc.

#### Qualidades de emprego

- facilidade de operação
- rapidez de entrada em posição
- disponibilidade (confiabilidade x manutenibilidade)
- durabilidade
- velocidade de deslocamento etc.

#### Principais óbices ao desenvolvimento de um sistema de armas

Em se tratando de sistema tão complexo, é óbvio que muitas dificuldades se antepõem à sua consecução. Procuraremos descrever algumas que nos parecem as mais importantes.

Para o desenvolvimento de um sistema de armas, são necessários recursos humanos em nível excelente dentro da área de pesquisa e desenvolvimento. O que era possível fazer-se antigamente com uma equipe de engenheiros de uma única especialidade, para desenvolver ou projetar armas complicadas, hoje isso não é possível com relação ao sistema de armas. O sistema tem que ser concebido, desde o início, por uma equipe multidisciplinar. As interligações entre os diferentes dispositivos têm que ser estudadas por engenheiros que, com alta especialização nas suas áreas respectivas, tenham também conhecimentos razoáveis das outras.

É imprescindível a formação de equipes competentes em diferentes áreas do conhecimento, dentre as quais podem ser citadas: Pesquisa Operacional, Engenharia de Sistemas, Aerodinâmica, Propulsão, Estrutura, Guiagem e Controle, Eletrônica, Ciência dos Materiais e Química.

Há necessidade de cursos específicos para a formação de gerentes de projetos, responsáveis pela coordenação de trabalhos tão diversificados e complexos. Os gerentes existentes são poucos e se fizeram pela vivência e esforço próprio e com extremas dificuldades aprenderam o ofício empiricamente. Não podendo haver solução de continuidade, necessário se torna cuidar da formação de novos elementos, aproveitando a experiência daqueles que arduamente conseguiram atingir o nível em que se encontram.



Outra atividade, sumamente importante, de que ainda carecemos, é a Análise de Sistemas. É o analista de sistemas que avalia, compara e seleciona as diversas estruturas capazes de satisfazer aos requisitos militares, mediante uma análise lógica, sistemática e objetiva. Tão importante é essa atividade que os países desenvolvidos possuem órgãos de análise e avaliação de sistemas em cada força singular. A Marinha Brasileira já criou o CASNAN — Centro de Análise de Sistemas Navais.

Os atributos desejáveis ao desenvolvimento de sistemas de armas necessitam ser rigorosamente analisados e criteriosamente atendidos um a um, obedecendo ao seguinte:

- adequação à função operacional, ao provável teatro de operações, ao combatente e às possibilidades de manutenção;

- viabilidade técnica e econômica;

- oportunidade de mercado, ou seja, existência de mercado comprador;

- superioridade de atributos: equilíbrio ou superioridade face à ameaça provável; padronização; versatilidade; durabilidade; relação custo/eficácia; confiabilidade; disponibilidade.

É necessária a adoção de uma metodologia com bases científicas para identificar, analisar, selecionar, pesquisar, desenvolver e industrializar sistemas em atendimento a necessidades operacionais.

É importante o estabelecimento da missão militar do sistema, com a especificação de sua eficá-

cia, visando a definição do nível de desempenho esperado no seu emprego, em comparação ao comportamento do material do provável inimigo.

É necessária, embora difícil, a determinação da duração da vida operacional do sistema, que consiste no período de tempo durante o qual se espera fazer uso do mesmo.

É importante estabelecer a concepção do apoio logístico que fixará o perfil de manutenção e de suprimento do sistema.

Carece de cuidados a maximização da efetividade dos recursos materiais e humanos a serem gastos, bem como a minimização do risco do erro de escolha do sistema.

Precisa ser avaliado globalmente o custo do programa, envolvendo o desenvolvimento, a produção, a utilização operacional e o apoio logístico.

## SISTEMA DE ARMAS NO EXÉRCITO BRASILEIRO

### Pesquisa e desenvolvimento no Exército

Iniciando este capítulo, julgamos conveniente apresentar alguma coisa, ainda que resumidamente, sobre Pesquisa e Desenvolvimento no Exército Brasileiro.

A Alta Administração do Exército tem dado prioridade constante à evolução integrada da Pesquisa e Desenvolvimento no âmbito geral da Ciência e Tecnologia.



Até há algum tempo, era patente a ausência de integração entre a doutrina, o pessoal e meios materiais, o que dificultava sobremaneira os resultados das pesquisas. Muitas iniciativas isoladas, ainda que louváveis, deixaram de vingar, por falta de uma legislação que eliminasse as distorções e amparasse essas iniciativas, permitindo que elas se consubstanciassem em produtos militares de interesse da Força.

Diante desse quadro, considerando ainda que era necessário vencer a dependência externa em matéria de tecnologia, em favor da soberania e defesa da nação, o Exército resolveu aperfeiçoar a estrutura organizacional de pesquisa vigente, o que permitiu o crescimento surpreendente que hoje constatamos.

Assim foi criado o Centro Tecnológico do Exército (CTEx) em 1979, incorporando, em uma única estrutura, o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD), o Campo de Provas da Marambaia (CPrM) e o Instituto Militar de Engenharia (IME).

Atualmente o CTEx é a espinha dorsal da Pesquisa e Desenvolvimento da Força, subordinando-se à Secretaria de Ciência e Tecnologia.

Com o objetivo de modernizar o Exército, o CTEx ora firma convênios com entidades de incentivo à pesquisa, ora se integra com as indústrias, onde engenheiros militares orientam vários empreendimentos tecnológicos, possibilitando o franco desenvolvimento do parque bélico nacional.

Em 15 de junho de 1981, foram aprovadas as Instruções Gerais para as Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento do Exército (IG 10-21), que instituíram o atual Sistema de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Exército (SPDCTEx), formado por um conjunto de órgãos com atribuições inerentes às áreas de doutrina, pessoal e material. Esse sistema é parte integrante do Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SNDCT).

Essa importante instrução estabelece que o instrumento básico de pesquisa do SPDCTEx é o Plano Geral de Pesquisa e Desenvolvimento do Exército (PGPDEx), hoje contando com mais de 80 projetos de pesquisa básica aplicada e desenvolvimento experimental.

Complementando o processo de elaboração do Plano de Pesquisa, foram aprovadas as IG 10-36 Modelo Administrativo do Ciclo de Vidas dos Materiais, encarregadas de ordenar e descrever os principais eventos que ocorrem durante o ciclo de vida de um material, desde a sua concepção até a sua alienação definitiva.

Um fato importante dessas instruções é o estabelecimento de uma rotina de avaliação dos materiais, onde participam diversos órgãos interessados do Exército.

As IG 10-21 e IG 10-36 se constituem nos documentos básicos normativos das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento do Exército.

No momento atual, todas essas



realizações assumem um significado especial na história do País. Vencemos o ceticismo enraizado em nossas fronteiras, realizando um verdadeiro salto tecnológico, antes privilégio exclusivo das grandes potências.

O esforço realizado pelo Exército Brasileiro logrou criar um clima industrial favorável, comprovado pela atual indústria militar florescente, mediante a capacitação de recursos materiais e humanos. Alcançamos o objetivo primordial — o fortalecimento do Poder Militar Nacional.

### O Centro Tecnológico do Exército — CTEEx

O CTEEx foi criado pelo Decreto nº 84095 de 16/Out/79, para executar, no campo científico-tecnológico do Ministério do Exército, a pesquisa, o desenvolvimento, o fomento industrial, a capacitação de recursos humanos, a informática, a normalização, a certificação de qualidade e as provas de materiais e equipamentos de interesse do Exército.

Desde então, utilizando a estrutura existente no Instituto Militar de Engenharia (IME), no Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD) e no Campo de Prova da Marambaia (CPrM), que lhe foram subordinados, vem cumprindo a missão com a eficiência demonstrada pelos diversos itens já apresentados como protótipos, ou em produção seriada na indústria nacional.

Vem buscando também a concretização da infra-estrutura compatível com a dimensão do trabalho que a ele está afeto.

O campus de Guaratiba é uma promissora realidade. Para lá serão transferidas as instalações do IPD, IME e CTEEx. Na enorme área de 28 milhões de metros quadrados estão sendo edificadas os prédios modulares funcionais dos Institutos, do próprio Centro e de toda a infra-estrutura de apoio (áreas residenciais, de comércio e hospitalar, bem como saneamento, luz, água e circulação interna).

A construção é coordenada e executada por administração direta pela Comissão Executiva de Implantação do Centro Tecnológico do Exército (CEITEEx), constituída por engenheiros militares de diversas especialidades. Quase todo o material utilizado é fabricado no canteiro de obras.

No local já funciona a Companhia de Comando e Serviço que foi organizada para prestar o apoio normal desse tipo de subunidade, particularmente a guarda da área.

Dentro do planejamento atual de implantação do CTEEx na Barra de Guaratiba, o IPD será o primeiro Instituto a se transferir, e o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento de Sistemas (CPDS) será a primeira fração deste a assumir a nova localização.

Sobre o CPDS dedicamos o item seguinte, pela sua importância no desenvolvimento de sistemas de armas.



## Projeto implantação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sistemas (CPDS)

O CPDS foi definido pelo Convênio A-2/82, de 16 de março de 1982, entre o Ministério do Exército (representado pelo CTEX) e o Banco do Brasil, utilizando recursos do Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico-Científica (FIPPEC).

Basicamente o projeto visa a implantação de vários laboratórios imprescindíveis ao desenvolvimento de tecnologia própria de sistemas. O aspecto primordial do CPDS é reunir, sob a mesma direção, as atividades relacionadas com Telemetria, Servomecanismos, Telecomando, Microeletrônica, Processamento de Informação, Trajetografia, Radar, Aerodinâmica e Propulsão.

### Organização

O CPDS está estruturado em quatro grupos, resumindo os setores de atividades afins, com suas respectivas missões, conforme descrito a seguir:

#### Sistema de Teledireção

- Estudo e projeto de sistemas destinados ao controle da trajetória de engenhos autopropulsados.

- Estudo e projeto de subsistemas de direção e controle.

- Desenvolvimento de sistemas e subsistemas para controle e direção de mísseis.

- Definição de ensaios e provas de avaliação de desempenho dos sistemas e subsistemas desenvolvidos.

#### Sistemas Eletrônicos

- Estudo e projeto de sistemas eletrônicos visando a teledetecção de objetos, teledetecção, transmissão e processamento de sinais.

- Estudo e projeto dos subsistemas eletrônicos para atender as finalidades citadas acima.

- Definição de ensaios e provas de avaliação do desempenho dos sistemas e subsistemas.

- Desenvolvimento de sistemas e subsistemas eletrônicos.

#### Sistemas e Dispositivos de Sensores

- Estudo e projeto de sistemas de sensores, utilizando dispositivos ópticos, eletromagnéticos, eletroacústicos e piezoelétricos empregados em sistemas complexos.

- Definição de ensaios e provas de avaliação de desempenho dos dispositivos desenvolvidos.

- Desenvolvimento de dispositivos e sistemas de sensores.

#### Sistemas de Propulsão e Aerodinâmica

- Estudo de trajetórias de mísseis com definição de parâmetros propulsivos, aerodinâmicos estruturais e de controle, para projeto de mísseis.

- Estudo e projeto de sistemas e subsistemas propulsivos.

- Desenvolvimento de sistemas e subsistemas propulsivos.

- Definição de ensaios e provas de avaliação de desempenho de sistemas e subsistemas propulsivos desenvolvidos.

- Estudo e projeto de corpos



aerodinâmicos para utilização em engenhos propulsados a reação.

- Desenvolvimento de corpos aerodinâmicos.

- Definição de ensaios e provas do desenvolvimento de corpos aerodinâmicos.

- Estudo e projeto estrutural de conjunto de engenhos a reação.

- Desenvolvimento de conjuntos e subconjuntos.

### *Constituição dos Grupos*

Para desempenhar as missões supra-referidas, os grupos estão constituídos pelos seguintes laboratórios, além de suas seções de apoio técnico e administrativo.

Grupo de Sistemas de Teledireção

- laboratório de simulação
- laboratório de montagem de sensores

- laboratório de servomecanismos hidráulicos

- laboratório de servomecanismos pneumáticos

- laboratório de técnicas inerciais

- laboratório de mecânica fina

- laboratório de condições ambientais

- laboratório de instrumentação eletrônica

Grupo de Sistemas Eletrônicos

- terminal de dados

- laboratório de desenvolvimento de microprocessadores

- laboratório de técnicas analógicas

- laboratório de técnicas digitais

- laboratório de microondas

- laboratório de radar

- laboratório de telemedidas

Grupo de Sistemas e Dispositivos de Sensoreamento

- laboratório de dispositivos ópticos

- laboratório de criogenia

- *laboratório de dispositivos*

eletroacústicos

- laboratório de vácuo

- laboratório de filmes grosso e fino

Grupo de Sistemas de Propulsão e Aerodinâmica

- laboratório de propulsão convencional

- laboratório de propulsão não-convencional

- laboratório de aerodinâmica

- laboratório de estruturas

- banco de provas

- túnel de vento

### *Escalonamento de Implantação*

A implantação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sistemas será realizada gradualmente, em diversas fases, tendo em vista os recursos humanos existentes e em formação, as limitações de recursos financeiros e a progressividade desejada na ajustagem do funcionamento de estruturas complexas como a desse Centro. A primeira fase de implantação será constituída dos seguintes laboratórios, com suas respectivas finalidades:

- Laboratório de Técnicas inerciais.

A implantação desse laboratório



rio se destina ao desenvolvimento de componentes e sistemas de direção e pilotagem de mísseis visando, numa primeira fase, uma avaliação quantitativa do desempenho de projetos elaborados a partir de componentes adquiridos no mercado internacional e, ao mesmo tempo, propiciar condições de, numa segunda fase, atingir a nacionalização de componentes inerciais.

#### — Laboratório de Simulação

Destina-se o laboratório à simulação de modelos matemáticos, referentes a sistemas de direção e pilotagem de mísseis, bem como à simulação de subsistemas de pilotagem integrados à malha de direção, em tempo real. Propõe-se ainda o laboratório em questão a integrar-se aos laboratórios de técnicas inerciais e de servomecanismos pneumáticos, de forma a executar a supervisão automática dos ensaios de desempenho de plataformas inerciais de atuadores e de outros dispositivos de emprego em sistemas de direção e pilotagem de mísseis.

#### — Laboratório de Servomecanismos Pneumáticos

Objetiva permitir o projeto e o desenvolvimento de servomecanismos pneumáticos especiais, de emprego em sistemas de armas. De forma análoga ao laboratório de técnicas inerciais, numa primeira fase, estará estruturado para proceder a avaliação de sistemas de atuação pneumática, operando a níveis elevados de pressão, de emprego específico em mísseis, e que ainda não sejam produzidos no País. Adicionalmente estará sendo

criada a infra-estrutura capaz de permitir, a curto prazo, a nacionalização dos dispositivos em questão.

#### — Laboratório de Condições Ambientais

A relevância deste laboratório está intimamente ligada à possibilidade de se tornar necessário reproduzir, em laboratório, as condições ambientais a que são submetidos os sistemas de direção e pilotagem de engenhos autopropulsados, e poder avaliar, a custos aceitáveis, o desempenho dinâmico de tais sistemas.

#### — Laboratório de Técnicas Digitais

Visa a desenvolver os equipamentos necessários à implementação eletrônica dos sistemas de controle e direção de mísseis, de calculadores, microprocessadores e outros que necessitem de processamento numérico ou digital. Estará também capacitado ao teste e à avaliação de desempenho de equipamentos digitais.

#### — Laboratório de Telemedidas

Tem por finalidade projetar e desenvolver os transmissores, as antenas veiculares, as interfaces que ligam os sensores aos transmissores, as antenas das estações receptoras terrestres, os sensores embarcados e alguns equipamentos periféricos das estações receptoras.

#### — Laboratório de Dispositivos Ópticos

Tem por finalidade o estudo e desenvolvimento de processos de aquisição de informações, pelo uso de sensores que operem com radiações na região do espectro visível, e do infravermelho, e que não es-



tenham em contato físico com o objeto de interesse. Como aplicação militar compatível, numa primeira fase, é visado o desenvolvimento de um sistema de direção semi-automático, aplicável a engenhos autopropulsados, usando técnica de detecção de radiações, na região do infravermelho.

— Laboratório de Propulsão Convencional

Visa o seguinte:

— especificação e desenvolvimento de propelentes convencionais, sólidos ou líquidos, para motores a reação;

— execução de testes e ensaios para avaliação de performance de propelentes sólidos ou líquidos;

— estudo e projeto de sistemas propulsivos convencionais;

— desenvolvimento de sistemas propulsivos convencionais.

— testes e ensaios de sistemas propulsivos convencionais.

— Laboratório de Propulsão Não Convencional

Visa o seguinte:

— especificação e desenvolvimento de combustíveis e propelentes não-convencionais para motores a reação;

— execução de testes e ensaios para avaliação de performance de combustíveis e propelentes não-convencionais;

— estudo e projeto de sistemas propulsivos não-convencionais;

— desenvolvimento de sistemas propulsivos não-convencionais;

— testes e ensaios de sistemas propulsivos não-convencionais.

— Banco de Provas

Visa a:

— execução de ensaios estáticos em motores convencionais, com medidas de pressão interna da câmara, empuxo, temperaturas e tempo de queima;

— execução de ensaios hidrostáticos para vasos de pressão;

— execução de ensaios estáticos simulando condições de voo para reatores.

## FOGUETES E MÍSSEIS

Sobre foguetes e mísseis muito se tem falado e escrito, mas nem sempre a linguagem permite uma idéia clara a respeito do assunto.

De um modo geral, começaremos definindo as chamadas gerações de mísseis:

1ª geração — o atirador, para guiar o míssil, tem necessidade de estar vendo o vetor e o alvo, tomando conta dos dois e projetando o encontro.

2ª geração — o atirador só deve se preocupar com o alvo; o míssil, por si só, entra na linha de visada com o alvo.

3ª geração — atire e esqueça ("fire and forget").

Apresentaremos agora alguma coisa sobre foguetes e mísseis no Exército Brasileiro.

### Foguetes

No campo de foguetes, o Exército Brasileiro já desenvolveu o SS-108R, SS-108E-A1, SSX-20 e SSX-40, utilizando tecnologia inteiramente nacional e específica para esses engenhos. Vejamos as



principais características de cada um deles.

— Foguetes SS-108R — É um foguete balístico solo-solo, com estabilização por rotação induzida, por tubeira múltipla inclinada em relação ao eixo longitudinal. Foi projetado para saturação de área.

— calibre	108 mm
— comprimento	1 m
— peso total	17 kg
— carga útil	7,3 kg
— alcance	0,5 a 7,5 km

Na versão A1, o alcance foi estendido para 10 km. Utiliza o lançador múltiplo 108R, modelo X2-A1, que é um material de Artilharia auto-rebocado, destinado à saturação de área, com tiro indireto. Compõe-se basicamente de um conjunto de 16 tubos montados em reparo monoflecha. A ancoragem para o tiro é feita através de macacos de tiro e é tracionada por viatura 3/4 ton, 4 x 4.

— Foguete SSX-20 — É um foguete solo-solo, auto-rotativo, com estabilização por empenas cruciformes. Foi projetado para complementar a ação de conjunto da Artilharia Divisionária. Suas características principais são:

— calibre	180 mm
— comprimento	2,80 m
— peso total	120 kg
— carga útil	40 kg
— alcance de utilização	20 a 25 km

Utiliza o lançador múltiplo X-20, que é auto-rebocado e dotado de três rampas de lançamento. O conjunto das rampas é acio-

nado hidraulicamente por meio de uma bomba manual. Possui ainda um dispositivo de posicionamento em direção, para ajuste fino, com acionamento mecânico. É dotado de quatro macacos para nivelamento e isolamento das rampas em relação à suspensão.

— Foguete SSX-40 — É um foguete balístico solo-solo, auto-rotativo com estabilização por empenas cruciformes. Foi projetado como arma de aprofundamento para apoio a Exército de Campanha. Seu desenvolvimento foi iniciado no IME, em 1973, como projeto de fim de curso de Engenharia Mecânica e de Armamento. O projeto foi a seguir transferido para o IPD, para sua conclusão.

As suas características principais são:

— calibre	300 mm
— comprimento	4,90 m
— peso total	507 kg
— carga útil	147 kg
— alcance	22 a 67 km

Existem duas versões de lançador. A primeira é o lançador singelo X-40 auto-rebocado e dotado de uma única rampa de lançamento. A rampa é acionada hidraulicamente para obter a inclinação de tiro. Possui um dispositivo de posicionamento em direção, para ajuste fino, com acionamento mecânico. É dotado de três macacos para nivelamento e isolamento da rampa, em relação à suspensão. A segunda versão é um lançador autopropulsado, instalado em carros de combate X-1, e



dotado de três rampas de lançamento.

### *Mísseis*

Diferentemente do desenvolvimento de blindados, que conta com a experiência da indústria automobilística brasileira, a tecnologia necessária à fabricação de mísseis tem que ser implantada, tanto no que se refere à mecânica fina como à eletrônica e aos propelentes.

O desenvolvimento de mísseis modernos implica na obtenção de informações tecnológicas suficientemente acima do que já se conhece no País, o que constitui um obstáculo de difícil transposição, tendo em vista as dificuldades, que obviamente são colocadas nessa direção. Por isso, convém ser realista quanto à transferência de tecnologia nesse campo — não adianta comprar o que não se terá condições de realizar. É preciso aprender a fazer e preparar uma ou mais indústrias para serem executoras, o que demanda tempo e muito dinheiro.

A ultrapassagem desse grande desafio tem sido realizada pelas seguintes formas:

- pela compra e análise de material moderno;
- pelas informações trazidas por especialistas estrangeiros;
- pelo desenvolvimento de tecnologia própria.

Sobre os projetos nacionais podemos apresentar os seguintes sistemas:

- Sistema Míssil COBRA (solo-solo) — MSS1 (1ª geração), que

compõe-se dos seguintes elementos:

- Míssil
- Unidade de comando
- Sistema de cabos
- Equipamentos de teste
- Simulador de treinamento

É um sistema relativamente simples, chamado de 1ª geração, pois as funções de acompanhamento do alvo, acompanhamento do míssil e elaboração das ordens de comando são realizadas pelo atirador. A unidade de comando desempenha o papel do transmissor dos sinais de telecomando. O míssil, porém, já possui um elemento piloto automático de rotação que impede a rotação em torno do seu eixo.

- Sistema MSS2 (2ª geração)

— Este sistema ganha impulso este ano (1985), a partir do vetor MSS1, com introdução de inteligência, capaz de tirar a preocupação do atirador com o acompanhamento do míssil. É filoguiado, o que dificulta sobremaneira as contramedidas eletrônicas.

— Míssil SOLAR (solo-ar) — É um desenvolvimento do IPD junto com indústrias nacionais, que trabalham com tecnologia de ponta. O protótipo misto já está com o piloto automático e as partes eletrônicas equacionadas e bem adiantadas. O projeto pronto compreenderá o míssil e o lançador.

## TECNOLOGIA EM PRÓPULSÃO

A propulsão de foguetes utiliza a combustão de propelentes químicos para geração de energia



térmica, que é parcialmente transformada em energia cinética dos gases oriundos de queima. Este mecanismo é diretamente responsável pelo empuxo necessário à mudança de quantidade de movimento do foguete. Em aplicações militares, o propelente sólido é o mais indicado devido ao fácil manuseio e estocabilidade, e pela simplicidade do motor que o condiciona.

As Forças Armadas Brasileiras já atingiram considerável desenvolvimento no campo da propulsão sólida. Já dominamos a tecnologia de fabricação de pequenos motores de grão livre, que utilizam como propelente a pólvora de base dupla estruturada. É o caso dos engenhos: Fgt 108R, SBAT 70 e os motores de aceleração e de cruzado do MSS1 já citado. Também sabemos fabricar motores de variado porte com grão colado ao envelope. Estes motores utilizam a composite como propelente e foram aplicados nos seguintes veículos: Fgt 108R A1, Fgt X-20, Fgt X-40, SONDA I, SONDA II, SONDA III e SBAT 127.

Com a implantação da Usina Piloto de Propelente Moldado, na Fábrica Presidente Vargas, abriu-se um campo muito promissor para a pesquisa de Propelentes de Alto Teor Energético — PATE, que é um projeto sob responsabilidade do IPD.

O processo de fabricação por moldagem permite a adição de componentes energéticos à pólvora de base dupla, melhorando as suas propriedades termoquímicas, podendo atingir performances

comparáveis à composite, com a vantagem adicional de não produzir fumaça durante a queima. A utilização de propelentes moldados requer o desenvolvimento de tecnologia na fabricação de motores de maior porte, utilizando grão livre. É objetivo do Exército melhorar o controle de qualidade na fabricação de motores visando reduzir a dispersão. Os estudos realizados com os foguetes X-20 e X-40 possibilitaram uma melhor definição dos pontos mais críticos na fabricação e que devem ser controlados mais criteriosamente.

Em apoio direto ao desenvolvimento de tecnologia de guiamento, o IPD vem trabalhando ativamente nos projetos de geradores de gás para controle de altitude de mísseis balísticos, na fase propulsada de voo. Está em fase de testes um sistema a gás frio e em fase de projeto um sistema a gás morno. Este último deverá utilizar propelente moldado de baixa energia.

O CTEx trabalha na criação de infra-estrutura para o desenvolvimento de motores não convencionais. Estes motores utilizam o sistema de propulsão a estado-reator que consiste basicamente na operação híbrida de um motor utilizando o oxigênio do ar como comburente e um combustível sólido ou líquido. A grande vantagem deste sistema, em relação à propulsão convencional de foguetes, reside na elevada eficiência do motor, uma vez que o veículo transporta apenas o combustível.

Assim o IPD está pesquisando



combustíveis adequados para estado-reatores e o IME está trabalhando na formação de recursos humanos para tal empreendimento. Como já vimos, um Banco de Provas está previsto na primeira fase de implantação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sistemas (CPDS). Com a implantação do laboratório de Aerodinâmica e Propulsão e o Banco de Provas, combustíveis de alto teor energético serão desenvolvidos e estado-reatores para aplicação em mísseis serão projetados, fabricados e testados. Este tipo de propulsão é mais indicado para mísseis antinavios e solo-ar baixa altitude. Nos últimos anos o estado-reator vem ganhando espaço e os russos o empregaram no SAM-6, que foi testado em combate na Guerra Árabe-Israelense de 1973. O Míssil ROLAND na versão com estado-reator apresenta um alcance três vezes superior ao de sua versão normal. Os Estados Unidos com o ASALM (*Advanced Strategic Air Launched Missile*) e o SFRT (*Solid Fuel Ramjet*), e a Europa com o HY-DRA (Míssil Solo-Mar alemão, com alcance de 55 km) e o ASSM (*Anti Surface Ship Missile*), fabricação conjunta de países da NATO, estão trabalhando no desenvolvimento desse tipo de sistema de propulsão.

## TECNOLOGIA DE GUIAMENTO

A necessidade de guiamento fica evidenciada quando se calcula a dispersão que ocorre no fim da trajetória de um engenho balísti-

co (foguetes, por exemplo), com alcance superior a 40 km. Por mais que se pretenda elaborar a fabricação de um foguete, dificilmente conseguir-se-á uma precisão superior a 1%, levando-se em conta os erros geométricos, propulsivos e as perturbações externas.

Para alcances superiores a 40 km, é necessário acrescentar um controle de direção, que genericamente se chama de guiamento. Por outro lado, para engenhos de pequeno alcance, como os mísseis anticarro, a dispersão não é tolerável pois necessita-se de impacto direto, além de que o alvo pode estar em movimento, e, neste caso, o guiamento é imprescindível. O desenvolvimento do MSS1, já citado, permitiu estudar um sistema de direção elementar, primeiro de grau neste contexto.

O estudo do sistema ROLAND está contribuindo para a formação de uma pequena equipe com capacitação em sistemas de direção mais avançados.

O projeto ATTMM (Aquisição de Tecnologia em Teledireção e em Materiais para Mísseis) visa a implantação de uma estrutura adequada à pesquisa e ao desenvolvimento de sistemas de pilotagens e direção de mísseis, com ênfase nas missões de médio e longo alcance. Está sendo criado um núcleo de laboratórios e pessoal altamente especializado, que deverá crescer na medida em que aumentem as necessidades e as informações acumuladas. Além da infra-estrutura em laboratórios, este projeto tem participado da obtenção de documentação especializada e se



empenha em promover e participar de seminários com a presença de pessoal altamente especializado. O projeto ATTMM, com relação à formação de recursos humanos, tem utilizado os cursos de pós-graduação do IME.

Com relação à integração com outros projetos, no âmbito do IPD e do CTEx, tem prestado apoio e aperfeiçoamento da base de lançamento de foguetes, com a construção de uma nova rampa para testes, cujo desempenho já foi registrado em três lançamentos recentes. Participa da aquisição de alguns componentes e sistemas de procedência estrangeira, para fins de estudo e/ou utilização daquelas partes que não foram ainda desenvolvidas.

Na área de técnicas digitais tem prestado apoio ao laboratório de microprocessadores, objetivando o desenvolvimento de controladores digitais.

Os conhecimentos assim obtidos geram aplicações práticas que, empregadas em engenhos militares, constituem o objetivo tático do projeto. Assim podem ser citados:

— O sistema LVC (*Lemch Vector Control*), que consiste num sistema de pilotagem na fase propulsada do foguete, possível de ser utilizado em mísseis solo-solo.

— O sistema de pilotagem TVC (*Thrust Vector Control*), em fase inicial, que pode ser utilizado em toda a fase de vôo do míssil, objetivando missões solo-solo ou solo-mar.

— O desenvolvimento de componentes para esses sistemas, co-

mo válvulas, minimotores, geradores de gases, tuberias móveis, giroscópios etc.

— Modelagem matemática e simulação de sistemas de pilotagem.

Atualmente está sendo desenvolvido um piloto automático inercial para a fase propulsada de foguetes. O primeiro protótipo deste sistema foi testado em um foguete tipo X-40.

## TECNOLOGIA E O SISTEMA DE ARMAS

### Ciência e tecnologia

Apesar do amplo emprego que têm hoje estas duas palavras, o seu significado preciso é às vezes mal conhecido. A própria palavra tecnologia é empregada com mais de um sentido por diferentes autores, provocando sérios enganos, mesmo em pessoas diretamente ligadas ao assunto. Para dirimir possíveis dúvidas, apresentaremos as seguintes conceituações:

**Ciência** — É o conjunto organizado dos conhecimentos relativos ao universo objetivo, envolvendo seus fenômenos naturais, ambientais e comportamentais.

Em geral, a Ciência é dita pura ou fundamental, quando desvinculada de objetivos práticos; é aplicada quando visa consequências determinadas.

**Tecnologia** — É o conjunto ordenado de todos os conhecimentos científicos, empíricos ou intuitivos — empregados na produção e comercialização de bens e serviços.

Assim, a característica básica



da tecnologia é a sua aplicabilidade à satisfação de uma necessidade, envolvendo um valor comercial.

**Tecnologia de processo** — É o conjunto de conhecimentos empregados no desenvolvimento de processos de produção, ou no aperfeiçoamento daqueles já existentes.

**Tecnologia de produto** — É o conjunto de conhecimentos utilizados no desenvolvimento de novos produtos, ou na melhoria e ampliação do uso daqueles já existentes.

**Tecnologia de operação** — É o conjunto de conhecimentos empregados para otimizar as condições de operação de uma unidade produtora.

O binômio Ciência e Tecnologia vem ocupando, nas últimas décadas, um espaço cada vez maior junto às sociedades mais desenvolvidas.

No Brasil, como nos demais países em desenvolvimento, Ciência e Tecnologia têm merecido uma crescente atenção. Na Escola Superior de Guerra, onde o Poder Nacional é visto sob o prisma de quatro expressões — a Política, a Econômica, a Psicossocial e a Militar —, discute-se ultimamente a aceitação de Ciência e Tecnologia como uma quinta expressão daquele poder.

A importância fundamental da Ciência e Tecnologia para o Brasil está em contribuir, substancialmente, para a elevação significativa do bem-estar material e social do povo brasileiro, e aumentar o

poder de negociação no cenário internacional.

Não se persegue o objetivo utópico da absoluta independência tecnológica do País, mas a obtenção de condições para o controle do processo de desenvolvimento e de autodeterminação, na consecução dos Objetivos Nacionais.

O País só será capaz de superar suas dificuldades quando desenvolver seus próprios modelos, sua própria tecnologia e suas soluções particulares. Se potencial, seus recursos naturais, sua cultura, sua estrutura social não se submetem, sem distorções, às soluções imaginadas para outros problemas, outras sociedades e outras culturas.

A capacidade em superar suas dificuldades internas, e conviver com as oscilações da economia internacional, será tanto maior quanto maior for o domínio nacional do conhecimento científico e do desenvolvimento e uso de tecnologias, sobretudo em áreas estratégicas.

O Exército Brasileiro, sabedor da importância da Ciência e Tecnologia para a arte da Guerra, muito sabiamente tem se estruturado para enfrentar esta nova era do desenvolvimento das Forças Armadas mundiais. Para tal, recém-criou a Secretaria de Ciência e Tecnologia, enfeixando os diversos Institutos e o Centro Tecnológico do Exército.

Por certo, desta sua ampla visão estratégica adirão novos conhecimentos e auspicioso desenvolvimento tecnológico, especialmente no que concerne aos engenhos bélicos, valorizando em mui-



to a Expressão Militar do Poder Nacional, com profundos reflexos nas demais expressões: a Política, a Econômica e a Psicossocial.

## CARACTERÍSTICAS DA TECNOLOGIA

A tecnologia é criada e levada a sua plena utilização, normalmente, através de um sistemático encadeamento de atividades de pesquisa, desenvolvimento experimental e engenharia.

O desenvolvimento cobre a lacuna existente entre a pesquisa e a produção. Geralmente ele envolve a construção e a operação de plantas piloto, testes de protótipos, realização de ensaios em escala natural e outros experimentos necessários à coleta de dados, para o dimensionamento de uma produção em escala industrial.

A tecnologia aperfeiçoada ou gerada pela pesquisa e desenvolvimento experimental pode exigir diferentes graus de elaboração, até o seu emprego numa unidade produtiva. A produção e comercialização de bens e serviços exige o emprego de capital, mão-de-obra, matéria-prima e tecnologia. Assim sendo, a tecnologia se comporta como um bem econômico, uma mercadoria, estando sujeita, portanto, a todos os tipos de transações legais e ilegais: compra, venda, troca, sonegação, cópia, falsificação, roubo e contrabando.

Comportando-se como um bem econômico, obviamente a tecnologia tem seu preço. O seu valor, no mercado mundial, é ge-

ralmente bastante elevado, devido principalmente a dois fatores: os altos custos para sua produção e a valorização em face da grande demanda. Para se ter uma idéia da importância econômica dessa mercadoria, basta verificar que o seu comércio mundial está avaliado em dezenas de bilhões de dólares.

Além de seu valor mercantil, a tecnologia tem um valor estratégico muito grande. As expressões "autonomia tecnológica" e "dependência tecnológica" são utilizadas para a classificação dos países em dois tipos: os que possuem e os que não possuem tecnologia; os que mandam no mercado e os que se sujeitam a ele.

A tecnologia não é exaurível pelo uso, isto é, uma vez criada pode ser utilizada simultaneamente por diferentes empresas ou indivíduos. Com a utilização ela é aperfeiçoada, mas decresce de valor com o tempo, podendo tornar-se obsoleta. Uma vez gerada, exige aplicação rápida para ressarcir os gastos efetuados.

Outra característica importante diz respeito ao seu processo de produção. Exige tempo imprevisível, volume de recursos indeterminado e uso econômico incerto.

Em geral, as tecnologias são interdependentes. Dificilmente se encontra uma tecnologia cujo desenvolvimento não dependa do desenvolvimento de outras tecnologias. Seu crescimento é exponencial com o tempo. No início, quando a tecnologia acumulada no país é pouca, a taxa de geração é muito pequena. À medida que novas tecnologias vão sendo absorvi-



das ou criadas, e conseqüentemente acumuladas, a taxa vai crescendo.

Dois fatores contribuem para diminuir a densidade tecnológica de um país: a obsolescência e a aniquilação. Esta ocorre toda vez que uma fábrica nacional é eliminada do mercado ou adquirida por uma empresa estrangeira, que utiliza tecnologia importada de sua matriz.

A capacidade local de aperfeiçoar a sua própria tecnologia, que às vezes levou décadas para ser estabelecida, é subitamente eliminada. Além do decréscimo da densidade tecnológica, ocorre o enfraquecimento das tecnologias correlatas, existentes no País.

Finalmente, a tecnologia se apresenta sob duas formas: implícita e explícita, conforme esteja ou não incorporada a bens materiais.

A tecnologia implícita é aquela que permitiu a confecção de um bem físico, e que se acha embutida no seu valor. Assim, por exemplo, a exportação de aço inclui no seu preço uma parcela valiosa, correspondente à tecnologia que tornou possível a sua fabricação. O valor da tecnologia, nesse caso, inclui os custos de patente e licenças utilizadas, os custos de pesquisa e desenvolvimento envolvidos, de assistência técnica e outros.

A tecnologia explícita é aquela que não se encontra embutida em um bem físico e é objeto de comércio direto. Ela se encontra acumulada em pessoas, sob a forma de conhecimentos intelectuais e habilidades manuais, ou em do-

cumentos tais como: patentes, relatórios, plantas, desenhos, projetos etc. O seu comércio se faz, em geral, através de aquisição de direitos (licença para fabricação ou para utilização de patentes e marcas) e de contratação de serviços, elaboração de projetos, serviços de engenharia e assistência técnica.

Os estudos relativos à transferência de tecnologia, na sua grande maioria, referem-se à tecnologia explícita, uma vez que esta é formalizada através de contratos.

## GERAÇÃO DE TECNOLOGIA

Não se pode esperar a existência de uma nação de baixo padrão sócio-cultural com elevado nível de desenvolvimento tecnológico. O estágio de desenvolvimento sócio-cultural é que determina a demanda tecnológica, podendo a tecnologia utilizada realimentar o processo do desenvolvimento sócio-cultural.

A geração de tecnologia é uma resposta à demanda. Para que esta resposta seja dada no momento adequado, e coincida com a solução correta, esperada pela sociedade, o sistema técnico-científico deve estar suficientemente preparado, no que diz respeito aos aspectos quantitativo, qualitativo e estrutural.

O sistema de Ciência e Tecnologia deve prover um estoque suficiente de conhecimentos científicos e tecnológicos capazes de gerar produtos que satisfaçam a tais demandas.



A adequação de uma tecnologia à solução de um problema pode se dar sob três formas:

— Introdução de uma tecnologia nova para solução de um problema já existente e resolvido — um aperfeiçoamento.

— Uso de uma tecnologia já conhecida para solução de um problema novo — uma adaptação.

— Introdução de uma tecnologia nova para solução de um problema novo — um desafio.

Em qualquer caso, o ingrediente básico é a inovação. Para gerar tecnologia é preciso inventar. Dois fatores essenciais são necessários: recursos humanos e estrutura de pesquisa e desenvolvimento.

Na base do problema de geração de tecnologia está a educação, que deve atender a um grande número de pessoas e com formação adequada, estimulando-lhes a criatividade, e não a simples capacidade de reproduzir velhas soluções a antigos problemas.

O outro fator essencial para que se gere tecnologia é que o País possua uma apropriada estrutura de pesquisa e desenvolvimento. Esta estrutura deve ser sólida em seus aspectos político, financeiro e institucional. É preciso que haja uma compreensão muito profunda, tanto da parte do governo como dos empresários e cientistas, do verdadeiro papel da instituição de pesquisa e desenvolvimento.

O local onde é produzida uma mercadoria recebe o nome de fábrica. O mesmo deveria se passar com a tecnologia. Acontece, porém, que as fábricas de tecnologia

são geralmente conhecidas pelos nomes de: "laboratórios de pesquisa e desenvolvimento", "departamento de pesquisa e desenvolvimento", "centro de pesquisa e desenvolvimento" e outros similares.

Segundo Sabato, as semelhanças existentes entre uma fábrica de tecnologia e um laboratório de pesquisa científica são grandes. Ambos utilizam o mesmo tipo e disposição de instalações, equipamentos, instrumentos e montagens. Possuem pesquisadores e cientistas com o mesmo preparo intelectual. Os hábitos de trabalho, a distribuição de tarefa, a linguagem utilizada e outras particularidades são as mesmas. Entretanto, a principal diferença entre ambos é que o objetivo para o laboratório é encontrar a verdade, enquanto que para a fábrica é a obtenção de um produto que atenda às exigências do mercado.

Nos laboratórios científicos o plágio é condenado e os resultados obtidos são divulgados, através de publicação livre de seus trabalhos originais.

Numa fábrica de tecnologia é perfeitamente normal o pesquisador utilizar as descobertas de outros, enquanto que os resultados próprios são escondidos da melhor maneira possível, para que os outros não se apropriem deles.

Na produção de tecnologia, as fábricas utilizam o estoque mundial de conhecimentos livremente disponíveis. Dessa maneira, é possível gerar tecnologia sem executar qualquer pesquisa.

É conveniente contudo ressal-



tar que as fábricas de tecnologias e os laboratórios se complementam, sendo ambos importantes para o desenvolvimento industrial do País. Em consequência, a situação ideal é haver uma forte interação entre eles para que os conhecimentos científicos e tecnológicos tenham pleno desenvolvimento e utilização nos lugares apropriados.

## TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA E SEUS EFEITOS

Nos países em desenvolvimento, o termo "transferência de tecnologia" refere-se mais ao processo de importação de tecnologia. O que acontece, na realidade, é um processo de compra e venda de tecnologia no qual, quase sempre, o vendedor esconde os conhecimentos e vende as instruções.

Conforme mencionado anteriormente, a tecnologia tem um preço elevado no mercado, devido aos gastos envolvidos na sua geração e a existência de grande demanda. O seu preço é muito mais alto que o esperado, em virtude das características monopolistas presentes no seu comércio, asseguradas pelo sistema de patentes. Este sistema foi criado pelos países detentores de tecnologia, que assim protegem rigidamente sua mercadoria contra competidores e preservam a liderança que conquistaram no mundo.

No comércio de tecnologia, acontece que o exportador normalmente pertence a um país desenvolvido e o comprador, não. Assim, quase sempre, o exporta-

dor é um especialista ou um grande produtor de bens ou serviços, que possui grande experiência em comércio de tecnologia e dispõe de excelentes condições de informações, publicidade e assessoramento técnico-jurídico. O comprador, ao contrário, é geralmente uma empresa comparativamente modesta, que não dispõe de capacidade e de apoio financeiro suficientes, não possui boas condições de informação acerca de alternativas disponíveis, nem experiência e assessoria competente em negócios dessa natureza.

Finalmente, a capacidade de negociação do comprador fica ainda mais dificultada, quando a transação lhe é apresentada com preços mais baixos para importação do que para a aquisição de tecnologia. O vendedor pode adotar esta posição porque o custo marginal para ele é baixíssimo, uma vez que a tecnologia já está desenvolvida, tendo sido utilizada e amortizada no seu mercado interno, podendo até estar completamente obsoleta.

Já para o comprador o custo marginal da tecnologia seria elevadíssimo, caso optasse por produzi-la ao invés de importá-la.

Por outro lado, é interessante para o vendedor afastar um competidor do mercado de exportação, mantendo assim seu mercado consumidor.

Já foi exaustivamente visto que a tecnologia tem valor mercantil e estratégico, e que a expressão "transferência de tecnologia" é imprópria, pois o que há,



na verdade, é uma aquisição ou venda através de contratos.

Para que se tenha em mente o cuidado indispensável, ao estabelecer um contrato de compra de tecnologia,<sup>7</sup> vejamos algumas das principais cláusulas restritivas, normalmente constantes dos contratos, e que são altamente prejudiciais ao adquirente:

- Proibição ou limitação de exportação do produto final em determinados países.

- Proibição de comercialização ou divulgação da tecnologia adquirida.

- Obrigatoriedade de utilização da marca do cedente.

- Obrigatoriedade de informar o cedente sobre qualquer aperfeiçoamento da tecnologia adquirida.

- Obrigatoriedade de aquisição do cedente de todas as necessidades de matérias-primas, máquinas, equipamentos e bens intermediários.

- Obrigatoriedade de utilização de pessoal do vendedor permanentemente.

- Pagamento de direitos ao dono da marca, por outras marcas não importantes ao desenvolvimento da tecnologia adquirida.

- Por vezes, exigência de novo pagamento, cada vez que a tecnologia for aplicada.

- Imposição de assistência técnica remunerada e permanente.

Não suficientes estas cláusulas restritivas que, além de manterem o comprador na dependência do vendedor, oneram o custo real da tecnologia adquirida, outras práticas comerciais vêm a se somar,

como sobrefaturamento de produtos de aquisição intermediária, salários elevados para o pessoal estrangeiro, valorização elevada da assistência técnica, evasão fiscal e fuga ao controle cambial.

Assim, entende-se facilmente que o exportador de tecnologia está, na realidade, muito mais interessado em vender seu produto acabado do que criar, com a venda daquela, um concorrente internacional.

As razões que têm levado as empresas nacionais a aceitarem as condições supramencionadas, nos contratos de transferência de tecnologia, são essencialmente as seguintes:

- Incapacidade de enfrentar os custos com o desenvolvimento de uma tecnologia já existente e coberta por patentes.

- Incerteza dos resultados da Pesquisa e Desenvolvimento.

- Dificuldade de recrutar pessoal, no mercado de trabalho local, capacitado a desenvolver projetos.

- Dificuldade na obtenção do financiamento necessário em valor e tempo útil.

Tudo isso tem levado o grupo nacional a ver, na oferta global do exterior, a solução de seus problemas. O vendedor entrega a instalação pronta para o comprador operá-la, caracterizando a venda de um "pacote" tecnológico fechado, uma "caixa preta" da qual o comprador desconhece o conteúdo. A instalação assim adquirida recebe o nome de "chave na mão".



## ABSORÇÃO DE TECNOLOGIA ESPECÍFICA

A medida que as nações passaram a se dividir claramente em detentoras e não-detentoras de tecnologia, da mesma maneira os seus exércitos passaram a se distinguir por possuírem ou não possuírem equipamentos bélicos próprios, e por estarem ou não obsoletos os seus equipamentos.

A partir da Segunda Guerra Mundial, os artefatos bélicos tornaram-se cada vez mais sofisticados, eficientes e caros, exigindo para sua produção e evolução um respeitável parque industrial e enormes investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

O fator tecnológico tornou-se tão importante para o Poder Militar das nações, que o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia passou a ser, em grande parte, impulsionado e orientado pelas necessidades bélicas.

Inúmeras tecnologias de emprego civil, surgidas durante e após o conflito, foram desenvolvidas como subproduto das pesquisas voltadas para a indústria militar.

Observando as indústrias bélicas existentes no mundo, verifica-se que elas se encaixam em uma das seguintes classificações:

- Inteiramente privadas e atuando livremente no jogo da concorrência e captação do mercado.

- Privadas, mas altamente subsidiadas pelo governo.

- Paraestatais.

- Estatais.

- De economia mista.

A exceção dos países comunistas nos quais a solução é estatal, os demais países, em geral, apresentam a existência simultânea de dois ou mais tipos de indústria.

A produção de equipamentos bélicos não é apenas um problema técnico-econômico, mas sobretudo um problema político. A indústria bélica própria é vital para a soberania e defesa da nação, devendo ser eficiente e atualizada.

Para tanto é necessário que o governo, como participante da produção e maior consumidor, fixe os objetivos e crie as condições legais e materiais para sua consecução.

No Brasil, após prolongados estudos, foi criada uma empresa pública voltada para a fabricação de artefatos bélicos, denominada IMBEL — Indústria de Material Bélico do Brasil. É vinculada ao Ministério do Exército e tem as suas atribuições e constituição definidas nos artigos 2º e 3º da Lei nº 6.227, de 14 de julho de 1975, que a criou.

O inciso I do artigo 2º dessa lei apresenta como um dos objetivos da IMBEL o seguinte: "colaborar no planejamento e fabricação de material bélico, pela transferência de tecnologia incentivo à implantação de novas indústrias e prestação de assistência técnica e financeira".

A nosso ver a maior missão da IMBEL seria a montagem de uma fábrica de tecnologias de interesse militar, conjugando esforços próprios com os de entidades civis e militares, no que diz respeito à pesquisa e ao desenvolvimento ex-



perimental. Essa fábrica, montada dentro dos mais modernos moldes de organização, instalações e equipamentos, deveria suprir tecnologias acabadas para as unidades fabris da própria IMBEL e para as indústrias civis nacionais.

A ela caberia ainda o encargo de participar ativamente na seleção, negociação, compra, adaptação, aperfeiçoamento e verdadeira absorção das tecnologias compradas no exterior.

As tecnologias criadas e aquelas absorvidas e aperfeiçoadas seriam comercialmente exploradas nos moldes de atuação das grandes fábricas de tecnologia civis, através de contratos de licença, associação no empreendimento fabril, venda etc.

A IMBEL seria um pólo gerador de tecnologias e um ativador de empreendimentos para a exploração de tais tecnologias, de acordo com o que prescreve o inciso II do artigo 2º de sua lei de criação.

Em virtude dos custos envolvidos, nem as indústrias civis privadas e nem a IMBEL terão condições de realizar todas as pesquisas e os desenvolvimentos exigidos pelo contínuo progresso dos equipamentos bélicos. Em consequência, a exemplo do que ocorre em outros exércitos, deveria o Exército Brasileiro possuir uma poderosa instituição de Pesquisa e Desenvolvimento, cujo núcleo inicial seria o atual IPP, dotado dos equipamentos mais sofisticados, pessoal da mais alta qualidade científica, biblioteca completa, sistema de informações científicas e tecnológicas de interesse militar etc.

Caberia a ela o entrosamento do sistema formado pela comunidade científica brasileira, pela IMBEL e pela indústria privada, visando produzir tecnologias de interesse militar.

Essa instituição ficaria também encarregada de absorver as partes mais sofisticadas das tecnologias adquiridas no exterior que, pela sua complexidade ou vulto, estivessem fora da capacidade da IMBEL ou das indústrias civis.

Com a criação da Secretaria de Ciência e Tecnologia, o Exército terá agora um órgão, a nível de Departamento, capaz de enfeixar em suas mãos todos esses problemas, estudá-los em conjunto e tratá-los de uma maneira sistêmica.

Dentre as muitíssimas atividades a ela afetas, julgamos sumamente importantes as seguintes:

- Definição dos sistemas de armas.
- Acompanhamento da evolução dos sistemas.
- Acompanhamento do progresso da ciência e tecnologia de interesse militar.
- Elaboração de normas técnicas para todos os materiais e equipamentos.
- Pesquisa e desenvolvimento experimental.
- Absorção, adaptação e aperfeiçoamento de tecnologias adquiridas.
- Supervisão das atividades fabris de interesse militar.
- Fomento industrial.
- Fomento à pesquisa no meio civil.
- Informações científicas e tecnológicas de interesse militar.



— Acompanhamento do desempenho dos materiais bélicos em uso no Exército.

— Elaboração de manuais técnicos e meios auxiliares de ensino para instrução, manutenção e emprego do material bélico.

— Cooperação no planejamento e execução da mobilização industrial.

Como vimos, o desenvolvimento de sistemas de armas modernas de real valor implica na obtenção de informações tecnológicas muito acima do que já se conhece no País.

Uma das formas de absorção de tecnologia específica para um sistema de armas pode se dar através da compra de material moderno e da sua análise acurada no Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento do Exército (IPD). De certo modo isso tem sido feito com o sistema de armas tipo míssil solar, adquirido no exterior, capacitando-nos em:

— Projetos de espoleta de proximidade usando o efeito Doppler.

-- Projetos de "layouts" concentrados e com proteção contra interferências espúrias (eletromagnéticas estáticas, aterramentos etc).

-- Projetos de antenas especiais para transmissão e recepção de telecomandos (inclui filtros e materiais específicos que não são comercialmente disponíveis).

— Projetos de conversores DC/DC de alto rendimento (incluindo circuitos e materiais apropriados).

— Desenvolvimento de materiais utilizados na detecção de infravermelho (já emitem filmes de PbS feitos no IPD).

— Encapsulamento de dispositivos em estado sólido, a partir do elemento ativo, com a consequente estrutura de controle ambiental.

— Tecnologia de espoletas pirotécnicas, com todas as seguranças.

— Desenvolvimento de materiais especiais a serem usados na carcaça (tubo) e nas asas dos mísseis.

— Adaptação de soluções tecnológicas para carros de combate desenvolvidos no Brasil para comercialização no exterior.

Da mesma forma, o desenvolvimento no país de um míssil solo (anticarro) nos proporciona:

— Capacitação no desenvolvimento de fios condutores especiais, com alta resistência mecânica e baixa resistência elétrica.

— Tecnologia de desenvolvimento de cabos com materiais resistentes a dobras, trações e tensões bruscas.

— Tecnologias para otimização de "layout" eletromecânico.

— Desenvolvimento de materiais nacionais para atender especificações rígidas, impossíveis de serem atendidas com os materiais comercialmente disponíveis.

— Capacitação em projetos de motores químicos especiais.

— Desenvolvimento de tecnologia para dispositivos pirotécnicos, com alta precisão.

— Capacitação em projetos de baterias especiais.

— Capacitação em controle de qualidade, para atender especificações rígidas, em relação a produtos comerciais comuns.

Procuramos assim listar algu-



mas das nossas aquisições, no que se refere à absorção de tecnologia específica para um sistema de armas. Tudo isso é muito difícil, requer muita dedicação e depende de uma conscientização muito profunda daqueles que dirigem os rumos da política tecnológica nacional, e mais especificamente do Exército.

Muitíssimas são as dificuldades enfrentadas nesse setor de absorção de tecnologia, dentre as quais podemos enumerar:

- Falta de pessoal especializado.

- Recursos financeiros pequenos e dispersos.

- Falta de suporte da indústria brasileira, no fornecimento de componentes, certos materiais e processos etc.

- Falta de informações técnicas que suportem o desenvolvimento.

- Falta de planejamento integrado e a longo prazo.

- Dispersão de recursos humanos, com o desvio de pessoas potencialmente competentes para funções de apoio.

- Falta de uma política de absorção de tecnologia no exterior (muita gente faz cursos, participa de Congressos, visita firmas, mas o resultado não aparece dentro da organização).

A despeito dos óbices, temos certeza de que não estamos estagnados. Muito se tem feito, e a análise das recentes estruturas levadas a efeito pelo Exército, no campo da Ciência e Tecnologia, levava-nos a crer que estamos no caminho certo e que conseguiremos o

objetivo maior — independência tecnológica aplicada aos artefatos bélicos modernos.

## CONCLUSÕES

Uma definição não consegue, muitas vezes, transmitir-nos o real conceito de determinada coisa. No que concerne a "sistema de armas", é importante que fixemos as seguintes idéias:

- É um sistema complexo que comporta grande número de dispositivos físicos, funcionando de maneira coordenada.

- Seus diversos componentes são da mais variada natureza — mecânicos, eletrônicos, ópticos, químicos etc.

- Através dele, todas aquelas operações necessárias à execução do tiro podem ser automatizadas no todo ou em parte, aumentando em muito sua rapidez e eficiência e otimizando o resultado final.

O valor militar de um determinado sistema é relativo, pois é função das suas qualidades relacionadas às dos sistemas do inimigo. Além de seu alto custo, do demorado tempo para seu projeto e execução, pode ainda cair em obsolescência com certa rapidez, em virtude da corrida armamentista, característica marcante de nossos dias.

Para sua concepção, há necessidade de uma equipe multidisciplinar, muito bem coordenada e integrada, altamente especializada e com a presença imprescindível do elemento tático para formular



suas reais necessidades no campo de batalha.

É necessária a adoção de uma metodologia com bases científicas, para identificar, analisar, selecionar, pesquisar, desenvolver e industrializar sistemas de armas, em atendimento a necessidades operacionais.

É importante que se estabeleça a missão militar do sistema, com a especificação de sua eficácia, visando a definição do nível de desempenho esperado.

No estudo de viabilidade técnica e econômica, é necessário levantar cuidadosamente a oportunidade de mercado para o sistema, tendo em vista seu alto custo, além de procurar maximizar a efetividade dos recursos materiais e humanos a serem gastos, bem como minimizar o risco de erro de escolha do sistema.

O desenvolvimento de sistemas de armas no Exército é consequência imediata de sua nova estruturação, voltada com ênfase para a Pesquisa e Desenvolvimento, no âmbito geral da Ciência e Tecnologia.

Essa ampla visão estratégica de nosso Exército, integrando-se desassombradamente à nova era do desenvolvimento tecnológico, concernente ao que se passa com as demais Forças Armadas mundiais, valorizará em muito a Expressão Militar do Poder Nacional, com profundos reflexos nas demais expressões.

O fator tecnológico tornou-se tão importante para o Poder Militar das nações, que o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia

passou a ser, em grande parte, impulsionado e orientado pelas necessidades bélicas.

A produção de equipamentos bélicos modernos não é apenas um problema técnico-econômico, mas sobretudo um problema político-estratégico, pois a indústria bélica própria é vital para a soberania e defesa da nação.

A absorção de tecnologia específica, no que se refere a sistemas de armas, é atividade difícil e demorada, dada a extrema proteção que os países desenvolvidos dispensam às suas aquisições tecnológicas. Entretanto, apesar dos grandes óbices, precisamos absorver essa tecnologia, através da análise acurada de materiais modernos adquiridos no exterior. Não podemos depender exclusivamente de nossas pesquisas, urge queimarmos etapas.

O Exército deveria possuir uma poderosa instituição de Pesquisa e Desenvolvimento, cujo núcleo inicial seria o atual IPD. A ela caberia o entrosamento do sistema formado pela comunidade científica brasileira, pela IMBEL e pela indústria privada, visando produzir tecnologias de interesse militar e absorver as partes mais sofisticadas das tecnologias adquiridas no exterior.

Creemos ter atingido os objetivos a que nos propusemos com esse trabalho.

Finalmente, a despeito dos óbices, o Exército tem conseguido se estruturar, para enfrentar essa nova era do desenvolvimento tecnológico mundial, procurando assim assegurar, num futuro próximo



mo, sua independência tecnológica.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALFORD, Jonathan — 1981. The Impact of New Military Technology.
2. AMARANTE, Ten Cel QEM. José Carlos Albano do — 1983. Sistema de Armas: Uma Metodologia de Sistema de Mísseis. ECEME (monografia).
3. BARANSON, Jack — 1980. Tecnologia e as Multinacionais.
4. BERTRAM, Christoph — 1980. Arms Control and Military Force.
5. Dados e Informações obtidos diretamente com Engenheiros do IPD.
6. ECEME — 1981. ME 320-5. Vocabulário da ECEME. Rio de Janeiro.
7. EME — 1981. IG 10-21. Instruções Gerais para as Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento no Exército. Brasília.
8. EME — 1981. IG 10-36. Instruções Gerais para o Modelo Administrativo do Ciclo de Vida dos Materiais do Exército. Brasília.
9. ESG — 1983. Manual Básico.
10. ESG — 1983. Fundamentos Teóricos.
11. LONGO, Ten Cel QEM. Waldimir Pirró e — 1977. Tecnologia e Transferência de Tecnologia. Problemas Atuais da Indústria Bélica Nacional. ECEME (monografia).
12. SABATO, Jorge A. — 1974. La Empresa de Tecnologia.
13. SCHENDEL, Antonio Jorge da Cruz — 1983. Considerações Gerais sobre os Modernos Sistemas de Armas. Palestra no IME. Rio de Janeiro.
14. SCHENDEL, A. J. C. e AMARANTE, J. C. A. — 1982. Evolução do Material Bélico. Palestra na ECEME. Rio de Janeiro.
15. TRESSE, Ten Cel QEM Euzébio da Silva e outros — 1982. Organização e Política da Pesquisa e Desenvolvimento no Brasil. IME. Rio de Janeiro.
16. VALLA, Victor Vincent/SILVA, Luiz Werneck — 1981. Ciência e Tecnologia no Brasil. História e Ideologia. 1949-1976.
17. VILLEPELET, J. — 1975. Methodologie des Systèmes Missiles Sol-Air. França (École Nationale Supérieure de Techniques Avancées).