

# Transferência de Tecnologia em projetos militares: um estudo do projeto A-Darter

## Technology transfer in military projects: a study of the A-Darter Project

Rev. Bras. Est. Def. v. 10, n. 1, jan./jun. 2023, p. 167-193

DOI: 10.26792/RBED.v10n1.2023.75312

ISSN 2358-3932

CARLOS ROBERTO SANTOS  
PATRÍCIA DE OLIVEIRA MATOS

### INTRODUÇÃO

No ano de 2006, o Ministério da Defesa da República da África do Sul formulou um convite ao Ministério da Defesa do Brasil para a realização de uma parceria estratégica entre os dois países visando o desenvolvimento de um míssil de última geração, que incorporasse a tecnologia mais moderna disponível à época.

A parceria buscava o desenvolvimento conjunto de um Míssil Ar-Ar, de Curto Alcance (entre 8 e 12 km), de 5ª geração. O míssil seria desenvolvido, conforme os requisitos operacionais definidos pela Força Aérea Sul-Africana (SAAF) e pela Força Aérea Brasileira (FAB), para ser utilizado nas aeronaves de caça de ambos os países.

O Projeto binacional, que recebeu no Brasil a denominação de A-Darter (*Agile Dart*) e Assegai na África do Sul, coadunava-se com as diretrizes estabelecidas na Política de Defesa Nacional (PDN) brasileira que, entre outros aspectos, enunciava a necessidade de maior autonomia tecnológica para o setor de defesa e a priorização de parcerias internacionais que permitissem processos de transferência de tecnologia (Brasil 2005).

---

**Carlos Roberto Santos** é Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea, Cel Intendente R1 da Força Aérea Brasileira e Diretor de Administração da NAV Brasil. Contribuição no artigo: o texto é decorrente de sua pesquisa de mestrado na Unifa. Orcid.org/0009-0008-4502-3931. E-mail: carlaoum@gmail.com

**Patrícia de Oliveira Matos** é Doutora em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea, Doutoranda em Economia Política Internacional pela UFRJ, Mestre em Economia Aplicada pela Esalq/USP. Professora do Programa de Pós-graduação em Ciências Aeroespaciais da Unifa. Contribuição no artigo: definição da estrutura do artigo, revisões parciais e revisão final. Orcid.org/0000-0002-0385-3143. E-mail: pomatos@hotmail.com

O Projeto A-Darter representava, ainda, oportunidades de ganhos operacionais, tecnológicos e comerciais para todos os partícipes, além proporcionar maior desenvolvimento das empresas nacionais no campo dos mísseis de alta tecnologia, uma vez que permitiria a capacitação dos técnicos brasileiros em tecnologias de difícil acesso, como as áreas de propulsão, algoritmos de controle, imageadores infravermelhos, contramedidas eletrônicas e sensores inerciais (Brasil 2006; Franchitto and Rebouças 2009).

Concebido como uma proposta de desenvolvimento conjunto binacional e transferência de tecnologia compartilhada, a responsabilidade do desenvolvimento ficou a cargo de uma empresa sul-africana, com a participação de especialistas do Comando da Aeronáutica (Comaer) e de empresas brasileiras, atuando conjuntamente na África do Sul e no Brasil, com o objetivo de assimilar toda a tecnologia a ser desenvolvida e reproduzir os principais sistemas do míssil no Brasil (Brasil 2006).

Considerando a relevância do projeto, uma vez que os resultados poderiam repercutir tanto na esfera operacional, quanto na esfera das tecnologias críticas e estratégicas para a indústria de defesa brasileira, no presente artigo realiza-se um estudo de caso sobre o Projeto A-Darter, com foco na efetividade

A pesquisa foi desenvolvida com base em material publicado disponível e por meio de levantamentos dos relatórios do projeto, constantes de seu Processo Administrativo de Gestão,<sup>1</sup> na Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (Copac) da FAB. Foram também realizadas entrevistas semiestruturadas com representantes das empresas participantes e oficiais da Força Aérea que atuaram no projeto. Para levantar a efetividade da Transferência de Tecnologia (TT) para a capacitação tecnológica das empresas nacionais participantes, foi utilizado como base o *Contingent Effectiveness Model Of Technology Transfer*, de Bozeman (2000).

O artigo está dividido em cinco seções. Após a presente introdução, na segunda seção apresenta-se a estrutura do Projeto A-Darter, com ênfase em seu modelo de desenvolvimento conjunto. Na terceira seção, discute-se o conceito de transferência de tecnologia, bem como o modelo de Bozeman (2000) para a análise de efetividade da TT. Na quarta seção, o Projeto A-Darter é analisado à luz do modelo de Bozeman por meio de dados primários e secundários e de informações derivadas das entrevistas. Por fim, nas considerações finais, são abordados os principais achados sobre o processo de transferência de tecnologia ocorrido no Projeto A-Darter, bem como as lições aprendidas com esse projeto.

## O PROJETO A-DARTER

O Brasil e a África do Sul têm enfrentado ao longo das últimas décadas desafios semelhantes para o investimento em tecnologia militar de ponta e a inserção no restrito grupo de países produtores de equipamentos militares de alta tecnologia.

Devido ao embargo internacional de armas imposto pela ONU em 1977, durante o regime do Apartheid, a África do Sul acabou desenvolvendo uma indústria própria de produtos de defesa, destacando-se na produção de mísseis, aviões e veículos bélicos (Silva 2011). Nos anos 80, a indústria militar sul-africana já era reconhecida como uma das mais avançadas do mundo pela capacidade técnica e habilidades de projeto e produção (Deen 2013).

Com a mudança de cenário decorrente do período pós-apartheid, acompanhada da diminuição das tensões nas suas fronteiras, o setor de defesa sul-africano entrou em crise com sucessivos cortes orçamentários. Ainda assim, a África do Sul continuou fornecendo armas e outros equipamentos militares para diversos países, entre eles Estados Unidos (que adquiriram blindados para atuação em minas no Afeganistão e Iraque), China, Suécia e Zâmbia (Silva 2011; Deen 2013).

No Brasil, o desenvolvimento de mísseis ar-ar começou com o projeto do míssil MAA-1 Piranha, com o objetivo de substituir os AIM-9B *Sidewinder* da FAB e adaptá-los para uma versão superfície-ar, em 1976, no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do então Centro Técnico de Aeronáutica (Paula 2009).

O míssil MAA-1 passou por diversos reprojatos para correção do seu detector até o ano de 2002, quando foi tomada a decisão de compra de um novo sensor, da empresa Kentron/Denel da África do Sul, marcando o início de uma parceria que, no futuro, se apresentaria como proveitosa para ambos os países. No primeiro momento, a compra dos sensores permitiria que o Brasil superasse o cerceamento tecnológico. No segundo momento, a parceria dos dois países para o desenvolvimento do A-Darter permitiria que a África do Sul obtivesse os recursos necessários para o seu projeto e, para o Brasil, o acesso à nova tecnologia possibilitaria que o país superasse o *gap* tecnológico em relação a produção de mísseis ar-ar (Silva 2011).

### Contexto histórico da cooperação Brasil — África do Sul

A relação entre o Brasil e o continente africano passou por diferentes fases e mudanças de prioridades na política externa, alternando períodos de negociações com longos distanciamentos. Em janeiro de 1961, foi iniciada uma fase de aproximação, marcada pelo aumento do fluxo de comércio

de bens e capitais, com destaque para o fornecimento de equipamentos militares pela indústria brasileira. Esse período de comércio intenso se estendeu até a metade da década de 1980, quando o interesse do Brasil se voltou para os países da América do Norte e Europa, relegando a segundo plano os seus parceiros do continente africano (Aguilar 2013).

Com relação especificamente à África do Sul, o período de distanciamento só começou a ser revertido a partir do final do regime do Apartheid (1948-1994) e do processo de redemocratização do Brasil (Mattos 2015). A quebra de distanciamento foi iniciada no governo de Fernando Henrique Cardoso, com a sua visita oficial à África do Sul, em 1996, cujo objetivo era demonstrar o interesse do Brasil na ampliação dos negócios das empresas brasileiras no continente africano. Essa missão, que foi a primeira visita de um chefe de Estado brasileiro àquele país, foi retribuída por Nelson Mandela em 1998, quando foram realizadas rodadas de negociações sobre as relações comerciais entre os dois países, que culminaram com a assinatura de acordos comerciais no campo militar e civil (Brasil 2010).

A aproximação entre os dois países caracterizava a mudança de prioridades da política externa brasileira, que passou a priorizar o desenvolvimento focado no multilateralismo das relações sob uma nova forma de cooperação Sul-Sul. Esse direcionamento da política externa brasileira foi pautado na formação de alianças flexíveis e parcerias entre potências emergentes e lideranças regionais promovendo mecanismos de *soft balancing* como estratégia de garantir maior relevância nas discussões dos assuntos globais, como pode ser constatado em iniciativas como a dos Brics, coalizão entre Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul; e o Fórum de Diálogo Índia, Brasil e África do Sul (IBAS) (Flemes 2010).

Com relação ao IBAS, além dos objetivos diplomáticos, o Fórum previa a cooperação setorial em diferentes áreas, como a da Defesa. Nesse escopo, insere-se a assinatura do *Acordo de Cooperação entre o Brasil e a África do Sul em assuntos relativos à Defesa*, considerado marco inicial do Projeto A-Darter. Entre os objetivos existentes no Acordo, destacam-se aqueles relacionados à promoção da cooperação em defesa, com destaque para as áreas de pesquisa e desenvolvimento, aquisição e apoio logístico entre os parceiros, incluindo o intercâmbio de experiências nas áreas de ciência e tecnologia (Goldoni and Ciribelli 2016).

Ressalta-se que, na ocasião da assinatura do Acordo na África do Sul, o Ministro da Defesa brasileiro foi acompanhado por uma delegação composta de representantes da indústria de defesa e, dentre os participantes, estavam os principais atores do futuro programa A-Darter: do lado brasileiro, a Avibras e a Mectron e do lado sul-africano, as empresas Kentron e Denel, além da Corporação de Armamentos da África do Sul (Arm Scor)<sup>2</sup> (Silva 2015).

Destaca-se também a assinatura do *Acordo no campo da Cooperação Científica e Tecnológica*, bem como a *Declaração de Intenções com a Divisão de Procura e Aquisições*, para cooperação em Pesquisa, Desenvolvimento e Tecnologia na Área de Defesa, visando estudar a viabilidade do desenvolvimento conjunto de um míssil ar-ar, de quinta geração, de curto alcance. Essa declaração representava a resposta ao convite da África do Sul ao Brasil, para a participação conjunta em um projeto de desenvolvimento de um míssil de última geração (Silva 2011).

Segundo o Relatório de Tecnologias do Projeto A-Darter, a proposta foi avaliada pelo Comaer como uma oportunidade para a FAB e para a indústria de defesa brasileira. A avaliação levou em conta que o projeto, além de representar vantagens operacionais em relação aos mísseis até então utilizados, também possibilitaria a capacitação da indústria nacional na produção e futura comercialização de mísseis de última geração (Franchitto and Rebouças 2009). As negociações foram bem-sucedidas, consubstanciadas na assinatura de um Memorando de Entendimento, em 2005, e um Contrato de Despesa, em 2006, celebrado entre a Armscor e o Comaer.

### A estrutura do Projeto A-Darter

A transferência da tecnologia na área de mísseis é considerada estratégica e não é oferecida ou comercializada normalmente. Os avanços obtidos nessa área são lentos e dependem da cooperação com países que disponham de algum grau de conhecimento dessa tecnologia, como foi o caso da parceria Brasil — África do Sul para o desenvolvimento conjunto do míssil A-Darter (Silva 2011).

O míssil A-Darter é um sistema de autodefesa para ser utilizado por aeronaves de caça contra possíveis aeronaves inimigas, atendendo aos requisitos operacionais definidos pela SAAF e pela FAB (Franchitto and Rebouças 2009). A participação do Brasil permitiria o acesso irrestrito aos processos e às tecnologias, bem como aos direitos de propriedade intelectual e industrial alusivos ao desenvolvimento conjunto. Para assegurar a concretização desses objetivos, uma estrutura peculiar e inovadora foi estabelecida. O Brasil celebrou quatro contratos: um internacional firmado com a Armscor/Denel para o desenvolvimento e transferência da tecnologia associada ao míssil; e três contratos nacionais com as empresas brasileiras (Mectron, Avibras e Opto Eletrônica), para o recebimento e absorção da tecnologia a ser transferida.

No Comaer, coube à Copac a supervisão, o acompanhamento e a fiscalização das atividades das subcontratadas. Para tanto, foram criados dois

Grupos de Acompanhamento e Controle (GAC), um na África do Sul e outro no Brasil.

Devido às suas características e à possibilidade de proporcionar inovação e competitividade para a comunidade científica e industrial aeroespacial brasileira, o Projeto A-Darter recebeu o suporte financeiro do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, com os recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Brasil 2006), por meio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Diante da oportunidade que se vislumbrou com o Projeto A-Darter, foi estabelecido o objetivo da transferência de tecnologia como desdobramento do acordo de cooperação e traçada uma estratégia para assegurar a transferência plena. A meta seria possibilitar que as instituições brasileiras participantes fossem capazes de absorver todas as fases de seu desenvolvimento, habilitando-as a produzi-lo e modernizá-lo de forma independente no futuro.

Foi estabelecida a formação de duas equipes brasileiras para trabalhar no projeto, composta de técnicos civis e militares, denominadas Equipes “A” e “B”, além da criação de uma biblioteca digital para o armazenamento de todos os dados do projeto. A Equipe “A”, composta de especialistas do Comaer e membros da indústria brasileira, foi alocada nas instalações da Denel Dynamics, na África do Sul. Essa equipe recebeu a missão de acompanhar o desenvolvimento dos subsistemas do míssil junto à equipe sul-africana de engenheiros, bem como assegurar o arquivamento de todo o conhecimento na biblioteca digital do A-Darter. A equipe “A” teria também a responsabilidade de repassar todos os dados, documentação e experiências para as Equipes “B”, denominadas *equipes-espelho*, localizadas no Brasil, distribuídas nas sedes de cada empresa participante (Brasil 2006).

A Figura 1 apresenta a participação conjunta do Brasil (Comaer) e da África do Sul (RSA DoD) na contratação da Armscor para o acompanhamento das atividades da Denel no desenvolvimento do míssil.

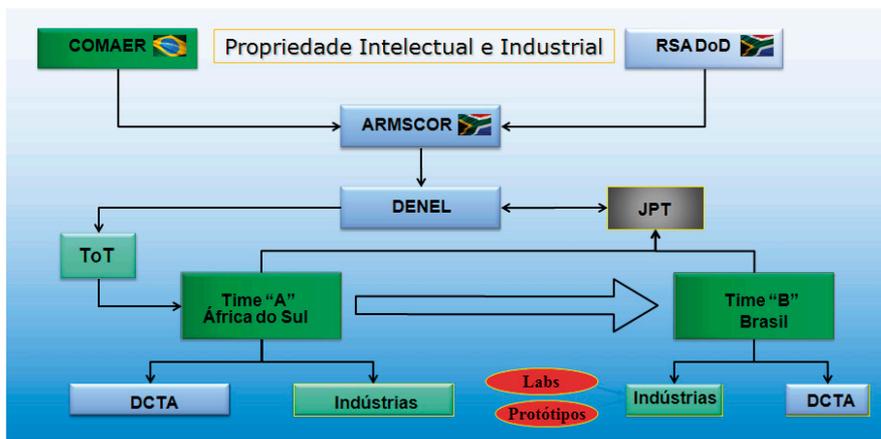


Figura1 — Representação da Estrutura do Projeto A-Darter.

Fonte: Santos (2015).

A proposta seria que as equipes instaladas em território nacional, organizassem a infraestrutura necessária (instalações, laboratórios, equipamentos e software) para a reprodução das atividades de desenvolvimento realizadas pela Denel Dynamics, na África do Sul. O objetivo era que os subsistemas correlatos fossem replicados, de maneira que os itens fossem fabricados e testados no Brasil, seguindo os mesmos procedimentos do projeto original, para comprovar que a tecnologia transferida fosse efetivamente assimilada (Brasil 2006).

A peculiaridade desse modelo de transferência de tecnologia é que ele foi planejado e estruturado para assegurar a transferência de uma tecnologia que ainda não estava disponível a nenhum dos dois países, ou seja, a ser desenvolvida em conjunto, incluindo todos os riscos inerentes a um processo dessa espécie.

Um míssil de 5ª geração como o A-Darter é um sistema complexo que envolve muitas áreas distintas do conhecimento. Dentre as principais, destacam-se as áreas de óptica, mecânica fina, propulsão, computação embarcada, materiais compostos e eletrônica digital. Assim, o requisito básico para o sucesso de um processo de transferência de tecnologia como o do Projeto A-Darter era a seleção de empresas com a necessária capacitação tecnológica para a absorção dos novos conhecimentos: empresas que possuísem o nível adequado de maturidade em seu corpo técnico, bem como uma excelente capacidade de gestão de P&D.

Dessa forma, os subsistemas foram concentrados em três grupos distintos do conhecimento e foram distribuídos entre três empresas brasileiras: a Mectron ficou responsável pelo processamento, detecção, energia para os sistemas e navegação, além de ser a responsável pela integração dos demais sistemas desenvolvidos pelas outras empresas; coube à Avibras os sistemas de propulsão, detonação, superfícies e atuadores; e os sistemas óticos da cabeça do míssil ficaram sob a responsabilidade da Opto Eletrônica, conforme a figura 2.

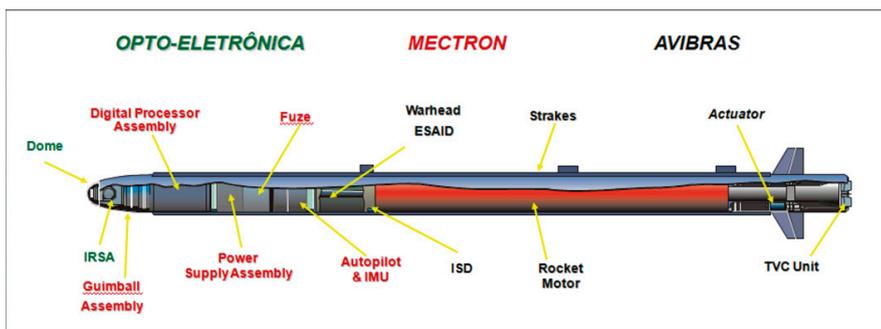


Figura 2 — Subsistemas do míssil A-Darter e empresas nacionais.  
 Fonte: Adaptação de Denel Dynamics (2014).

### Fatores críticos e resultados alcançados

Os principais desafios técnicos enfrentados no desenvolvimento do A-Darter concentraram-se no seu sistema de detecção infravermelho, Seeker Functional Area (FSA), compreendido pelos subsistemas do Gimbal Assembly (GA) e do Digital Processor Assembly (DPA). Esse sistema compõe a parte mais importante e sensível de um míssil de 5ª geração, pois é responsável pela detecção, identificação e processamento das informações para interceptação do alvo. Outro grande desafio técnico enfrentado foi no desenvolvimento do motor foguete e sua fixação, utilizando uma moderna técnica de solda a laser associada ao sistema de empuxo vetorado, adotado para aumentar a manobrabilidade do míssil (Brasil 2006).

Acrescente-se aos desafios técnicos, a crise financeira internacional de 2008, com a conseqüente desaceleração econômica ocorrida no Brasil e na África do Sul, criando dificuldades para o cumprimento dos compromissos assumidos com as empresas contratadas. Todo esse cenário de desafios provocaram a extensão do contrato em mais de seis anos, devido à necessidade de adequação do cronograma físico financeiro do projeto para comportar

todas as atividades mitigadoras e ações imprescindíveis à sua continuidade, como replanejamento de atividades e confecção de novos equipamentos (Hills e Simis) para realização de testes em laboratório.<sup>3</sup>

A cada nova dificuldade ou mudança de cenário, uma nova rodada de negociações era iniciada para adequação do contrato, possibilitando a continuação do projeto. Ao longo de todo o projeto foram necessários seis aditivos ao contrato, com alterações diversas de prazos, requisitos e custos, só possíveis de serem viabilizados devido ao nível de confiança conquistado entre as equipes dos países.

Além dos problemas de projeto, questões internas das empresas também contribuíram para os atrasos no cronograma. A crise de gestão e financiamento na Denel causou demoras na fase de industrialização em mais de um ano na África do Sul, bem como a decisão da Odebrecht, ex-proprietária da brasileira Mectron, de se desfazer do negócio de defesa, contribuiu para a inviabilização da participação das empresas brasileiras na fase de produção do A-Darter, uma vez que a Mectron seria a empresa integradora dos sistemas do míssil, a ser industrializado no Brasil (Silva 2011).

Em decorrência desses atrasos, a integração planejada para os F-5EM da FAB foi cancelada e a do Hawk Mk120 da África do Sul foi postergada indefinidamente. Ainda assim, a integração ao Gripen da Força Aérea Sul-Africana foi concluída e a Denel foi inicialmente contratada para integrar o A-Darter no Gripen NG, do Projeto FX2 da FAB (Olivier 2018), o que terminou por não se efetivar. A fase de produção do míssil não fazia parte do escopo inicial do projeto, e não houve o planejamento para a efetivação de uma linha de produção, dada a situação da Mectron, após a decisão da Odebrecht.

No entanto, ainda que nem tudo tenha ocorrido como o planejado e o programa tenha enfrentado essas dificuldades técnicas e financeiras, causando atrasos na sua conclusão, é possível destacar alguns resultados. Um desses é o baixo custo total de desenvolvimento do A-Darter. Estimado inicialmente em cerca de US\$ 104 milhões, o custo final, após os aditivos aos contratos, chegou a US\$ 150 milhões, divididos entre os dois países (Brasil e África do Sul). Como referência, o desenvolvimento do AIM-9X Sidewinder, que era apenas a atualização da versão AIM-9M existente, custou cerca de US\$ 850 milhões (Olivier 2018).

Alguns fatores peculiares ao projeto A-Darter são apontados como responsáveis pelo alcance de todos os requisitos estabelecidos para o desenvolvimento a um custo tão reduzido. O primeiro seria a enxuta equipe de projeto, que foi composta por um grupo principal de 30 engenheiros e gerentes, integrando uma equipe total de cerca de 100 técnicos da Denel, Mectron, Avibras e da Opto Eletrônica, somados aos militares da Força

Aérea Sul-Africana e da Força Aérea Brasileira, dedicados em tempo integral ao projeto.

O segundo fator importante foi a abordagem de engenharia de sistemas que se mostrou eficaz para a redução de riscos e a manutenção dos custos controlados. E o terceiro, foi o uso extensivo de ferramentas de simulação de testes em laboratório, Image and Missile Simulation, desenvolvido pela Denel Dynamics, para testes dos sistemas críticos do míssil, tais como no desenvolvimento de hardware para o Gimbal Assembly e instalações do sistema Hardware in the Loop para o desenvolvimento de ferramentas de melhoria e verificação do Seeker.

A confiabilidade desses sistemas de simulação possibilitou que o projeto fosse desenvolvido com a utilização de um reduzido número de mísseis para os testes de desenvolvimento de equipamentos e campanhas de ensaio de comprovação dos requisitos de qualificação e certificação do A-Darter. No total, foram produzidos apenas 34 mísseis para todo o projeto, sendo que somente 18 foram lançados do ar, marca significativamente baixa, considerando que programas similares lançam, normalmente, mais de 60 mísseis para a mesma tarefa (Olivier 2018).

A fase final de ensaios da campanha de qualificação e certificação do míssil foi concluída no final de 2018, no campo de provas Overberg Test Range, no Cabo Ocidental da África do Sul. A campanha foi composta de quatro lançamentos guiados contra os *Drones* de Alvo de Alta Velocidade SKUA, fabricados pela Denel. Cada um desses lançamentos guiados buscou replicar e verificar um tipo diferente de cenário de manobras de combate aéreo. Em todos os cenários foi utilizado como plataforma de lançamento o Gripen C da SAAF (Jayme 2018).

No primeiro cenário testou-se a capacidade de aquisição de alvo após lançamento, onde o A-Darter foi disparado em modo de voo livre, a longo alcance, antes que seu sensor infravermelho a bordo tivesse adquirido o alvo. O míssil navegou para um ponto futuro, onde se esperava que o alvo navegasse, e adquiriu o alvo no final da fase de voo, interceptando o SKUA com um golpe direto, demonstrando a precisão dos sensores de rastreamento de alvo do míssil.

O segundo cenário foi programado para comprovar o nível de agilidade do A-Darter, com uma configuração de Manobra de Combate Aéreo de Chase a curta distância, submetendo o míssil a +80g de força G, campo de visão amplo e grande capacidade de direcionamento de mira. Nesse cenário, o míssil realizou uma manobra de 180 graus após o lançamento, rumando direto para o alvo, posicionado atrás do Gripen, passando à distância necessária para a espoleta de proximidade detonar e destruir o alvo, em uma situação real de combate.

Os dois últimos cenários foram conduzidos na configuração Blow-through Air Combat Maneuver com contramedidas eletrônicas. O conjunto de algoritmos de contramedidas e medições eletrônicas do míssil demonstrou a capacidade projetada para especificação, ignorando todas as tentativas de contramedidas e navegando, com sucesso, na direção do alvo.

A campanha de qualificação e certificação contou com a presença de representantes da Armscor, da SAAF e da FAB. Todos os quatro cenários testados foram bem-sucedidos, atendendo aos rígidos requisitos de aceitação estabelecidos para o programa (Jayme 2018).

A Denel concluiu a revisão formal de qualificação do míssil A-Darter em agosto de 2019, seguida pela certificação em setembro pela *Directorate of System Integrity* da SAAF e pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), da FAB (Agência Força Aérea 2019). O certificado é o reconhecimento oficial de que o sistema atende aos requisitos técnicos, operacionais, logísticos, industriais e de segurança emitidos tanto pela FAB quanto pela SAAF e simboliza o encerramento do ciclo de desenvolvimento do projeto.

Embora a maioria dos dados técnicos sobre o míssil sejam sigilosos, as informações disponíveis apontaram que o A-Darter teria condições de competir no mercado internacional, com destaque para algumas de suas características: estrutura sem empenas, proporcionando baixo arrasto, com alcance máximo superior a 20 km e velocidade máxima em torno de Mach 3; motor foguete com emissão de baixo nível de fumaça, diminuindo a probabilidade de visualização do lançamento por parte do alvo; empuxo do motor foguete vetorado; autodiretor com imageador infravermelho de alta sensibilidade, varrendo em duas cores (SWIR & MWIR) e proporcionando maior capacidade de detecção do alvo; capacidade de identificar e superar contramedidas eletrônicas (proteção contra os *flares* existentes); capacidade *lock-on before launch & after launch* (pode ser lançado já com o alvo identificado ou identificá-lo após o lançamento); designação do alvo por meio do radar e da função de *scan* do míssil (Jayme 2018).

Considerando todas essas características, o míssil A-Darter teria o potencial de proporcionar modernização operacional, se comparado aos mísseis atualmente operados no Brasil, uma vez que possibilitaria o aumento da capacidade ofensiva e a futura independência na utilização desse tipo de armamento (Agência Força Aérea 2019).

## TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA E MODELO DE EFETIVIDADE

O termo transferência de tecnologia pressupõe a transmissão de todos os conhecimentos que geraram essa tecnologia, ou o seu domínio comple-

to, não podendo ser confundida com o simples ensinamento da técnica empregada. Ainda que as instruções necessárias à produção de bens e serviços tenham sua origem no conjunto de conhecimentos provenientes da tecnologia, a simples posse dessas instruções (plantas, desenhos, especificações, normas, manuais) e a capacidade de usá-las, não significam que o usuário se tornou detentor dos conhecimentos que a originaram (Longo 2007).

Dessa forma, o domínio e posse da técnica, ou instruções do *know how*, definidas por Longo (2007) como “expressões materiais e incompletas dos conhecimentos” não significa que o seu possuidor seja detentor da tecnologia pertinente, que seriam os conhecimentos que lhe deram origem. Para o autor, muitas das negociações que supostamente envolveriam a transferência de tecnologia de grandes multinacionais para países em desenvolvimento, na verdade são apenas fornecimento de treinamento para reprodução de técnicas de produção de produtos e utilização de equipamentos.

Segundo Viotti (2001), a essência da transferência de tecnologia estaria nos Sistemas Nacionais de Inovação, encontrados nas economias de países industrializados, que possuem, além da capacidade de absorver tecnologias de produção já existentes, a condição de incorporar novas capacitações tecnológicas que lhes permitam aperfeiçoar, empreender inovações e criar tecnologias derivadas.

Sendo assim, para que a transferência de tecnologia possa ser considerada bem-sucedida, o seu recebedor (cessionário), deve estar em condições de efetivamente utilizar a tecnologia transferida e eventualmente adaptá-la, comprovando a sua completa assimilação, que pode se dar pelo *learning by doing*, pelo *learning by using* ou ainda, pelo acesso aos documentos técnicos e literatura científica e tecnológica (Cysne 2005).

Ramanathan (2008) define transferência de tecnologia genericamente como o processo do movimento da tecnologia de uma entidade para a outra. Seja do laboratório para a indústria, de países desenvolvidos para subdesenvolvidos e de um campo do conhecimento ou aplicação para outro. A transferência de tecnologia também pode ter como objetivo melhorar as condições de vida em países menos desenvolvidos, mediante a produção de bens de maior valor agregado, o que leva ao aperfeiçoamento dos recursos humanos empregados na produção e aumento no volume de negócios.

O processo de transferência de tecnologia pode ser classificado como vertical ou horizontal. A transferência vertical caracteriza-se pelo movimento da tecnologia, entre as suas diversas fases: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento e produção. Já a transferência horizontal de tecnologia refere-se ao movimento da tecnologia aplicada de determinado contexto, local ou empresa para outro. A transferência de tecnologia ho-

rizontal pode ter sua origem em qualquer fase do ciclo da transferência vertical (Ramanathan 2008).

É importante destacar que esta pesquisa se dedicou à transferência de tecnologia horizontal ou externa, uma vez que é esse padrão de movimento que mais se assemelha ao processo de transferência da tecnologia do míssil A-Darter. Nesse modelo, estabeleceu-se o fluxo de tecnologia desenvolvida pela empresa sul-africana para as organizações brasileiras participantes (governo, indústria e instituições científicas e tecnológicas) de modo a habilitá-las a absorver todas as fases de seu desenvolvimento, e capacitá-las para a produção e adaptação de forma independente no futuro.

Conforme Longo (2007), para que se proceda a transferência de tecnologia, na verdadeira acepção do termo, é necessário que o receptor possa absorver todos os conhecimentos correspondentes, estando em condições de adaptá-los às suas peculiaridades, bem como aperfeiçoá-los e até mesmo criar uma tecnologia derivada dos conhecimentos adquiridos. Contudo, é relevante considerar que a transferência de tecnologia é um processo dinâmico, uma vez que a própria tecnologia é uma entidade dinâmica: uma tecnologia de alto nível de hoje se torna convencional no amanhã e obsoleta no dia seguinte (Kundu, Bhar, and Pandurangan 2015).

Bozeman (2000) idealizou um modelo de análise da transferência de tecnologia que adota como premissa que os atores do processo de TT possuem critérios de eficácia e objetivos distintos. O termo “contingente” procura indicar que, por definição, a transferência de tecnologia inclui diversas partes que possuem vários objetivos e, conseqüentemente, critérios múltiplos de eficácia.

Para a investigação da efetividade da TT, esse modelo estabelece que a análise do processo deve considerar as cinco dimensões que são determinantes para a sua eficácia: agente de transferência, meio de transferência, objeto da transferência, receptor da transferência e ambiente da demanda.

Embora essas dimensões não sejam totalmente abrangentes, elas são amplas o suficiente para incluir as principais variáveis no estudo das atividades de transferência de tecnologia governamentais, estimulando a investigação das peculiaridades de cada caso, ao invés de determinar um padrão aplicável a todas as situações (Bozeman 2000). Considerando as dimensões do modelo, a verificação da eficácia da transferência de tecnologia é realizada com base em sete critérios propostos: “*out-the-door*”, impacto no mercado, desenvolvimento econômico, recompensa política, custo de oportunidade, capital humano científico e técnico, e valor público (Bozeman, Rimes, and Youtie 2015).

Um dos principais pressupostos é que nenhum dos critérios de eficácia deve ser considerado isoladamente. O método de avaliação de cada critério

baseia-se em respostas para perguntas-chaves, coletadas por meio de entrevistas com os principais responsáveis pelo processo, conforme síntese apresentada no quadro 1.

### Quadro 1

Síntese do modelo de avaliação de eficácia da Transferência de Tecnologia

<b>Critério de efetividade</b>	<b>Pergunta chave</b>
<i>“Out-the-door”</i>	A tecnologia foi transferida?
Impacto no mercado	A tecnologia transferida resultou em um impacto comercial, em um produto, lucro ou mudança de participação no mercado?
Desenvolvimento econômico	O processo de transferência de tecnologia trouxe algum tipo de impacto no desenvolvimento econômico da região onde a empresa se localiza?
Impactos Políticos	O agente que promoveu a transferência ou a empresa recebedora obtiveram ganhos políticos no processo de transferência em relação a sua imagem?
Custos de Oportunidade	Qual foi o impacto da transferência no uso de novas tecnologias e soluções técnicas locais?
Capital científico, tecnológico e humano	A transferência de tecnologia levou a algum tipo de incremento na capacidade de usar ou desenvolver novas tecnologias ou soluções técnicas dos especialistas envolvidos?
Valor Público	A transferência de tecnologia impactou (aumentou/diminuiu) os valores coletivos bons e amplos, socialmente compartilhados?

Fonte: Adaptado de Bozeman, Rimes, and Youtie (2015).

O modelo de Bozeman (2000) considera que seja no campo teórico ou prático, não faz sentido o estudo dos critérios de eficácia isoladamente, uma vez que o impacto da transferência de tecnologia pode ser entendido sob os mais diferentes enfoques: do cedente, do cessionário, de como está se procedendo o modelo escolhido e do objeto da transferência.

### O PROJETO A-DARTER APLICADO AO CONTINGENT EFFECTIVENESS MODEL

Em cada uma das dimensões do *Contingent Effectiveness Model* de Bozeman (2000), foram investigados todos os critérios do modelo, de modo que a efetividade do processo de TT do A-Darter pudesse ser identificada sob o enfoque dos diferentes ambientes, explorando a visão de cada tipo de agente envolvido: cedente, cessionário e interveniente.

## Dimensão — Agente da Transferência

Nessa dimensão foram analisados os critérios de eficácia que mais se aplicam ao cedente da tecnologia, a empresa Denel, contratada pelos dois países para o desenvolvimento e transferência da tecnologia. Os critérios investigados foram: “*Out-the-door*”; *impacto no mercado*; *desenvolvimento econômico*; *impactos políticos*; capital científico, tecnológico e humano. A análise dos critérios de eficácia foi realizada com base nos relatórios do Projeto disponíveis na Copac, em artigos publicados pelos países participantes e complementada por entrevistas com representantes dos atores do processo de TT.

O critério “*Out-the-door*” foi analisado a partir do conceito de tecnologia de Longo (2007): o conjunto organizado de todos os conhecimentos associados ao desenvolvimento dos sistemas do míssil A-Darter (*know-why*) em condições de aplicá-los no desenvolvimento de novos produtos. Considerou-se também o modelo de TT fluxo horizontal ou externo, estabelecido contratualmente para a transferência da tecnologia desenvolvida pela empresa sul-africana Denel Dynamics para as empresas brasileiras participantes.

Sob a visão da empresa cedente, a tecnologia dos sistemas selecionados foi totalmente transferida, segundo condições acordadas, embora o prazo previsto inicialmente tenha sido postergado em mais de seis anos, devido a problemas com o desenvolvimento de alguns subsistemas. Os engenheiros da empresa afirmaram ter confiança de que os técnicos brasileiros adquiriram todas as habilidades necessárias para reprodução da tecnologia, bem como são capazes de desenvolver novos produtos partindo do conhecimento adquirido no processo de desenvolvimento.<sup>4</sup>

As entrevistas com os cessionários, principais interessados no processo, corroboraram o entendimento de que a tecnologia foi transferida dentro dos parâmetros acordados, como afirmou o representante da Avibras: “Sob o enfoque de prazos, metas e objeto, a tecnologia foi transferida e o objeto contratual foi entregue, atendendo ao que se esperava, que foi atingir um demonstrador de conceito do “motor foguete e ISD (*ignition safety device*)”.<sup>5</sup>

Para o critério de impacto no mercado e desenvolvimento econômico, só foi possível constatar resultados para a África do Sul, considerando que o país iniciou o processo de industrialização, sem a participação das empresas brasileiras. No lado sul-africano, já é possível identificar alguns impactos, principalmente no envolvimento das empresas fornecedoras para linha de produção do míssil. Conforme informado pelos engenheiros entrevistados, já são, aproximadamente, 140 empresas envolvidas, direta ou indiretamente, como fornecedoras de materiais ou prestadoras de serviço.

Os impactos políticos foram percebidos e tiveram efeitos práticos para a Denel. Segundo membros da sua diretoria, o projeto permitiu a projeção da empresa na América do Sul, abrindo oportunidades de mercado e parcerias, além de possibilitar maior confiança do Estado para o aporte de recursos em projetos desenvolvidos pela empresa.

Com relação ao critério de recompensa política, na condição definida por Bozeman (2000), a parceria com o Brasil demonstrou a capacidade da empresa em desenvolver projetos em conjunto com outros países, bem como aumentou a sua credibilidade em relação à transferência de tecnologia para novos parceiros.

Conforme relatos dos gerentes sul-africanos do programa, em relação aos critérios de capital científico, tecnológico e humano, os resultados foram muito positivos. Embora a previsão da atuação dos técnicos brasileiros na África do Sul fosse restrita ao recebimento da tecnologia transferida, houve intensa interação entre as equipes a obtenção de elevação de nível técnico para ambas. Os técnicos sul-africanos destacaram ainda que a boa interação entre os profissionais do projeto provocou o amadurecimento técnico das equipes e mudou sua forma de atuação em processos internos da Denel. Nas entrevistas, foi mencionada a elevação de nível percebida no processo de certificação, graças à padronização de procedimentos, assimilada no trabalho em conjunto com os técnicos do IFI do Brasil para certificação do míssil.<sup>6</sup>

### Dimensão — Meio de Transferência

Nesse ambiente buscou-se investigar a efetividade do veículo, processo ou forma pelo qual a tecnologia foi transferida, com base nos riscos assumidos. Para a investigação desse critério de eficácia, foram consultados representantes de todos os atores do processo.

O modelo adotado para o A-Darter, prevendo a divisão da equipe de técnicos em dois times, um atuando diretamente no desenvolvimento junto aos engenheiros da empresa desenvolvedora e outro reproduzindo os sistemas no Brasil, possui características dos sistemas de aprendizado passivo e ativo de Viotti (2001).

Nas entrevistas foi possível constatar a incidência de pontos positivos e negativos, peculiares de cada sistema. Como ponto positivo, foi destacado o ganho obtido com a participação ativa de alguns técnicos brasileiros no desenvolvimento do míssil na África do Sul, possibilitando a participação em todas as fases, incluindo a superação dos desafios tecnológicos do desenvolvimento. Segundo os engenheiros brasileiros e sul-africanos consultados, essa forma de atuação proporcionou a assimilação de todo co-

nhcimento envolvido na tecnologia dos sistemas selecionados do míssil, incluindo as limitações do processo de produção.

As entrevistas demonstraram que essa condição possibilitou uma interação maior entre as equipes e elevou o nível de confiança entre o corpo técnico do projeto. A confiança mútua na capacidade das equipes facilitou a transmissão dos conhecimentos e troca de experiências, além das expectativas iniciais, provocando, em algumas ocasiões, a troca de papéis entre os atores (cedente e cessionário). Foi destacado que os engenheiros brasileiros contribuíram decisivamente para a solução de problemas críticos no desenvolvimento do A-Darter, como na solução dos algoritmos do sistema de navegação do míssil.<sup>7</sup> Essa troca de papéis é apresentada como padrão de eficácia no modelo *Role Shifting Model para uma TT bem-sucedida* (Kundu, Bhar, and Pandurangan, 2015).

Em contrapartida, a forma escolhida para a comprovação da TT, mediante a reprodução dos sistemas selecionados no Brasil, que se assemelha ao processo de aprendizado passivo, onde são desenvolvidas apenas capacidades para absorção de tecnologias geradas, passíveis de serem aperfeiçoadas com a experiência de produção, não é uma unanimidade entre os militares participantes das forças aéreas, de ambos os países, que participaram do projeto. Segundo alguns desses militares, embora esse processo demonstrasse a capacidade de reprodução da tecnologia recebida (*know-how*), *ele não assegura o domínio pleno da tecnologia envolvida (know-why), nem garante a possibilidade de desenvolvimento autônomo de novos produtos, o que seria uma fragilidade desse modelo.*<sup>8</sup>

### Dimensão — Objeto da Transferência

Nessa dimensão foram investigados critérios de conhecimento científico, tecnologia física, artefato tecnológico, processo, know-how, compatibilidade e adequabilidade às expectativas dos recebedores da tecnologia, dentre outros.

Os participantes do projeto confirmaram o alcance dos requisitos estabelecidos para o míssil. Os quatro lançamentos foram bem-sucedidos e todos os requisitos de aceitação estabelecidos no início do programa foram atingidos ou superados (Jayme 2018). Ressalta-se também, conforme as entrevistas com os engenheiros, que houve mudanças de processos nas empresas de ambos os países.

Na África do Sul, além da já mencionada contribuição para a elevação de nível na certificação da Denel, o A-Darter teve papel importante no processo de inovação dentro da empresa. A tecnologia desenvolvida para o projeto está sendo transferida para aplicação em outros produtos que

apresentam melhorias tecnológicas significativas, consoante o conceito de inovação incremental. Como exemplo dessa transferência de tecnologia, destaca-se o projeto do míssil de longo alcance sul-africano Marlin, que teve o seu caminho de desenvolvimento reduzido pelos conhecimentos recebidos do A-Darter (Olivier 2018). No lado brasileiro, a Avibras confirmou a influência positiva nos métodos, processos, simulações e metodologia de ensaios em produtos da empresa, por conta da sua participação no Projeto A-Darter.<sup>9</sup>

Assim, as entrevistas demonstraram o transbordamento da tecnologia recebida para outros processos e produtos dentro das empresas, classificado como transferência de tecnologia interna. A Opto, por sua vez, apresentou um exemplo prático de *spin-off* do setor de defesa para o setor espacial: a transferência da tecnologia do sistema de alinhamento de lentes do míssil A-Darter para o alinhamento de lentes em câmeras de satélites (Bach, Cohendet, and Schenk 2002).

#### Dimensão — Receptor da Transferência

O foco dessa dimensão são os cessionários, as organizações, empresas e instituições que foram beneficiadas com a TT. A investigação foi conduzida focada nos critérios “*Out-the-door*”; impacto no mercado; desenvolvimento econômico; impactos políticos; custos de oportunidade; capital científico, tecnológico e humano; capacidade evolutiva da tecnologia.

Sobre o aspecto da saída da tecnologia do cedente para o cessionário (“*Out-the-door*”), as entrevistas demonstram uma convergência de entendimento em relação à efetividade desse critério. Os representantes da Denel e os representantes das empresas brasileiras foram uníssonos em afirmar que a transmissão do conhecimento e a respectiva absorção foi bem-sucedida.<sup>10</sup>

A ressalva apontada foi que devido às restrições financeiras do projeto que limitaram a quantidade de técnicos das empresas brasileiras, atuando no desenvolvimento na África do Sul, bem como as restrições operacionais e de infraestrutura das empresas, os esforços foram concentrados nos sistemas a serem reproduzidos no Brasil, considerados prioritários para a transferência de tecnologia: detecção e rastreamento de alvo; processamento de dados; navegação; detonador, motor foguete; atuadores e empuxo vetorado.

Para esses sistemas previamente selecionados e reproduzidos no Brasil, a tecnologia pode ser considerada transmitida em sua plenitude, com absorção de domínio completo e possibilidade de aplicá-la em novos produtos (Cysne 2005). Para demais áreas, não incluídas nos sistemas

priorizados, embora o conhecimento tenha sido disponibilizado, a absorção de domínio teria sido apenas parcial, uma vez que ainda não pode ser comprovada, mediante a sua aplicação no desenvolvimento de outros produtos.

Em termos de sucesso comercial, dentro dos critérios de “impacto no mercado” e “desenvolvimento econômico”, é importante destacar que, diferentemente da África do Sul, não existe previsão de início de um projeto para industrialização do A-Darter no Brasil, bem como não existe acordo comercial entre as empresas brasileiras para o fornecimento de sistemas ou produção em conjunto do míssil com a Denel. Nesse contexto, não é possível uma avaliação objetiva do sucesso comercial, com impacto no desenvolvimento econômico da região onde estão sediadas essas empresas. No entanto, se considerarmos a absorção da tecnologia e a possibilidade da sua aplicação em outros processos e produtos, pode-se avaliar que houve impacto positivo, ainda que de forma indireta.<sup>11</sup>

No critério de impactos políticos, as afirmações das empresas são coincidentes ao avaliar a participação no projeto como positiva para a sua imagem, pois demonstrou a capacidade dessas empresas em absorver tecnologias avançadas e participar de projetos multinacionais, habilitando-as para novos convites de participação em projetos semelhantes. Outro efeito indireto dessa participação, foi facilitar o acesso a financiamentos para projetos próprios, devido à credibilidade conquistada junto às agências financiadoras.

Ainda em relação ao critério impactos políticos, o representante da Avibras considera que no desenvolvimento de um míssil de 5ª geração, em que se incorporam novas tecnologias, há uma demanda de engenharia mais refinada para atender ao escopo proposto para a TT. Essa demanda refletiu positivamente na imagem da empresa que, ao ser contratada, buscou essa mão de obra qualificada nas melhores universidades e incentivou parcerias tecnológicas com outros centros e institutos de pesquisa.<sup>12</sup>

Segundo os critérios custos de oportunidade e capital científico, tecnológico e humano, constatou-se que para a reprodução dos sistemas do míssil no Brasil, houve a necessidade de aquisição de novos equipamentos e o desenvolvimento de novos processos que foram incorporados na capacidade produtiva das empresas. Os impactos positivos para o capital humano também foram ressaltados pelos entrevistados. Segundo seus relatos, os profissionais envolvidos com o desenvolvimento do A-Darter tiveram a oportunidade de capacitar-se com novas tecnologias complexas.<sup>13</sup>

## Dimensão — Ambiente da Demanda

Nessa dimensão foram analisados os critérios de custo da tecnologia e fator de risco, com foco na demanda do objeto transferido para o cessionário e mercado consumidor.

Na justificativa para a contratação, o Comaer já deixava evidente a demanda pela tecnologia de mísseis de 5ª geração, quando classificou a participação no projeto como uma oportunidade para a FAB e para a indústria de defesa nacional. O documento destaca que o Projeto A-Darter, além de representar vantagens operacionais em relação aos mísseis em operação na FAB, também poderia capacitar a indústria nacional na produção e na futura comercialização de mísseis de última geração (Franchitto and Rebouças 2009).

Segundo os entrevistados, corroborados por dados disponíveis de orçamentos de projetos semelhantes, os custos envolvidos no projeto são inferiores quando comparados a projetos de mísseis de tecnologia similar. Pode-se creditar o sucesso do desenvolvimento a baixo custo à similaridade de realidade econômica dos dois países, já familiarizados com os desafios de desenvolver grandes projetos com poucos recursos, apostando em soluções criativas como a utilização de sistemas de simulação para comprovação de parâmetros, reduzindo a necessidade de utilização de um maior número de mísseis reais.

Quanto à avaliação dos riscos identificados e assumidos, o estudo de viabilidade apontou riscos elevados para o engajamento do Brasil nesse projeto. Dentre os principais destacam-se a condição de instabilidade política e econômica do país cedente da tecnologia e a insegurança derivada do fato de a tecnologia não estar desenvolvida. Determinadas áreas de tecnologia não estavam maduras ou avançadas o suficiente, aumentando os riscos e causando impactos no cronograma, como exemplo, os problemas enfrentados com o sistema de detecção, responsável por diversos atrasos no desenvolvimento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil e a África do Sul possuem muitas semelhanças em relação aos desafios para o seu desenvolvimento. Além de uma história política recente conturbada, ambos sofrem com dificuldades econômicas para investimentos em produtos de defesa, em face da carência de atendimento às necessidades básicas da sua população nas áreas de saúde, educação, habitação, segurança etc.

Nesse contexto, é necessário entender o desafio de se desenvolver um produto de tecnologia complexa, de acesso restrito e estratégico para a pro-

jeção dos dois países. A parceria ocorreu quando os países iniciaram um processo de aproximação no qual a África do Sul não possuía todos os recursos necessários para continuar com o seu projeto de um míssil de 5ª geração e o Brasil buscava avançar no desenvolvimento tecnológico da sua indústria de defesa e parceiros que lhe possibilitassem acesso a novas tecnologias.

O estudo de viabilidade apontou riscos elevados para o engajamento do Brasil nesse projeto, além das dificuldades econômicas frente à necessidade de suporte financeiro regular durante o projeto, e incertezas sobre a capacidade de engajamento da indústria brasileira em um projeto de alta complexidade e longa duração.

Ao longo da pesquisa, foi possível identificar a estrutura de TT planejada para o A-Darter, composta por duas equipes espelho, uma atuando diretamente no país de origem da tecnologia, com a possibilidade de participação direta no desenvolvimento dessa tecnologia, e outra no país receptor, reproduzindo os sistemas já desenvolvidos.

Essa estrutura é convergente com o Modelo de Eficácia Contingente de Transferência de Tecnologia, devido à ênfase dada ao ambiente individual do cedente e do cessionário, bem como do ambiente maior que os envolve. Uma peculiaridade dessa estrutura é permitir um fluxo de transferência de tecnologia nos dois sentidos, tanto no sentido vertical com a equipe que participou do desenvolvimento na África do Sul, como no horizontal com a equipe reproduzindo os sistemas no Brasil.

Esse modelo peculiar apresentou a vantagem de possibilitar a assimilação e o domínio da tecnologia transferida, devido à participação ativa dos engenheiros brasileiros no desenvolvimento. Em contrapartida, percebeu-se que a reprodução dos sistemas no Brasil não se mostrou totalmente efetiva como forma de comprovar a TT e a assimilação plena referente aos sistemas reproduzidos.

É possível concluir que na visão dos agentes participantes, o projeto alcançou seus objetivos iniciais, além de ter proporcionado uma oportunidade de acesso a novas tecnologias que poderão ser incorporadas a outros processos e novos produtos das empresas envolvidas. Ainda que tenham ocorrido percalços no desenvolvimento, e que o processo de industrialização do A-Darter no Brasil não tenha se confirmado devido a entraves econômicos e políticos relacionados à situação da Mectron junto à Odebrecht, a pesquisa mostra que todos os requisitos técnicos foram atingidos, resultando num míssil com performance operacional no mesmo padrão dos melhores da sua categoria, disponíveis no mercado.

Em resumo, o processo de transferência de tecnologia no Projeto A-Darter apresenta indicativos de que foi bem sucedido em seus critérios técnicos, entretanto, a falta de um projeto nacional de industrialização do

míssil compromete uma avaliação mais profunda da efetividade desses resultados, bem como de suas consequências políticas e estratégicas para o Brasil. Por outro lado, há evidências de que os conhecimentos e experiência adquiridos no âmbito do A-Darter possam influenciar outros projetos misilísticos no país, tais como o do Míssil Antinavio de Superfície (Mansup), o Míssil de Cruzeiro de Longo Alcance do Brasil (Miclá-BR) e outros. Nesse contexto mais amplo, sugerem-se novas pesquisas que poderão lançar luz sobre a real medida da relevância da experiência do A-Darter para esses outros projetos.

Poucos são os países capazes de desenvolver sistemas complexos de defesa como um míssil de 5ª geração. Assim, constata-se que a parceria Brasil — África do Sul, para o desenvolvimento do A-Darter, representou uma oportunidade de avanço científico e tecnológico para as empresas participantes e que a estrutura de TT adotada mostrou-se adequada e obteve bons resultados, apesar de serem necessários ajustes para projetos futuros dessa magnitude, sobretudo em relação a maiores garantias de demanda pública e continuidade para etapas posteriores de industrialização.

## REFERÊNCIAS

Agência Força Aérea. 2019. *Evento marca encerramento do ciclo de desenvolvimento do projeto A-Darter*. [ww.fab.mil.br/noticias/mostra/34702/TECNOLOGIA%20-%20Evento%20marca%20encerramento%20do%20ciclo%20de%20desenvolvimento%20do%20projeto%20A-Darter](http://ww.fab.mil.br/noticias/mostra/34702/TECNOLOGIA%20-%20Evento%20marca%20encerramento%20do%20ciclo%20de%20desenvolvimento%20do%20projeto%20A-Darter).

Aguilar, S. L. C. 2013. “Atlântico Sul: As Relações do Brasil com os Países Africanos no Campo da Segurança e Defesa”. *Austral Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais* 2, no. 4. Porto Alegre.

Bach, L., P. Cohendet, and E. Schenk. 2002. “Technology transfer from European space programs: a dynamic view and comparison with other R&D projects”. *Journal of Technology Transfer* 27, no. 1.

Bozeman, B. 2000. “Technology transfer and public policy: a review of research and theory” *Research Policy* 29, no. 4–5.

Bozeman, B., H. Rimes, and J. Youtie. 2015. “The evolving state-of-the-art in technology transfer research: revisiting the contingent effectiveness model”. *Research Policy* 44.

Brasil. Ministério da Defesa. 2005. *Política de Defesa Nacional*. Brasília.

Brasil. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. 2006. *Apêndice V do contrato 001/DCTA-SDDP/2006, Transferência de tecnologia do Projeto A-Darter*. Brasília.

Brasil. Ministério das Relações Exteriores. 2010. *África do Sul*. <http://www.itamaraty.gov.br/temas/temas-politicos-e-relacoes-bilaterais/africa/africa-do-sul/pdf>

Cysne, M. R. F. P. 2005. “Transferência de tecnologia entre a universidade e a indústria”. *Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação* 10, no. 20. Florianópolis.

Deen, T. 2013. *África do Sul continua sendo a maior fábrica de armas do Sul*. Inter Press Service IPS/ONU. [www.ipsnoticias.net/portuguese/2013/12/ultimas-noticias/africa-do-sul-continua-sendo-a-maior-fabrica-de-armas-do-sul/](http://www.ipsnoticias.net/portuguese/2013/12/ultimas-noticias/africa-do-sul-continua-sendo-a-maior-fabrica-de-armas-do-sul/).

Flemes, D. 2010. “O Brasil na iniciativa BRIC: soft balancing numa ordem global em mudança?” *Revista Brasileira de Política Internacional* 53, no. 1. Brasília.

Franchitto, M., and C. A. Rebouças. 2009. *Relatório sobre Tecnologias do Programa A-Darter*. Pretória: [s. n.], 14 p. (Relatório Técnico n.º 01/GAC-AFS/2009).

Goldoni, L. R. F., and S. N. Ciribelli. 2016. “Relações do Brasil com África do Sul e Angola: esforços para a manutenção da Segurança no Atlântico Sul”. *Austral: Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais* 5, no. 9.

Jayme, J. 2018. *Míssil A-Darter conclui testes na África do Sul*. [www.fab.mil.br/noticias/mostra/32836/PODER%20AEROESPACIAL%20-%20M%C3%ADSSIL%20A-Darter%20conclui%20testes%20na%20%C3%81frica%20do%20Sul](http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/32836/PODER%20AEROESPACIAL%20-%20M%C3%ADSSIL%20A-Darter%20conclui%20testes%20na%20%C3%81frica%20do%20Sul).

Kundu, N., C. Bhar, and V. Pandurangan. 2015. “Development of framework for an integrated model for technology transfer”. *Indian Journal of Science and Technology* 8, no. 35.

Longo, W. P. 2007. *Conceitos básicos sobre ciência, tecnologia e inovação*. Rio de Janeiro. [www.waldimir.longo.nom.br/artigos/T6.doc](http://www.waldimir.longo.nom.br/artigos/T6.doc).

Mattos, F. P. 2015. “Relações Brasil-África do Sul: cooperação Sul-Sul e Multilateralismo”. In Seminário Internacional de Ciência Política: Estado e Democracia em Mudança no Século XXI. *Anais*. Porto Alegre: UFRGS.

Olivier, D. 2018. A-Darter program reaches maturity. *African Defense Review*. [www.africandefence.net/a-darter-programme-reaches-maturity/](http://www.africandefence.net/a-darter-programme-reaches-maturity/).

Paula, V. M. G. 2009. *Míssil MAA-1 Piranha*. [document.onl/documents/missil-maa-1-piranha-ufjf-2009-11-05-missil-maa-1-piranha-victor-magno.html](http://document.onl/documents/missil-maa-1-piranha-ufjf-2009-11-05-missil-maa-1-piranha-victor-magno.html).

Ramanathan, K. 2008. *An overview of technology transfer and technology transfer models*. [tto.boun.edu.tr/files/1383812118\\_An%20overview%20of%20TT%20and%20TT%20Models.pdf](http://tto.boun.edu.tr/files/1383812118_An%20overview%20of%20TT%20and%20TT%20Models.pdf)

Silva, P. F. 2011. “A Cooperação Internacional em Programas de produtos de defesa e seus atores: o caso Brasil e África do Sul no desenvolvimento do míssil A-Darter”. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Silva, P. F. 2015. “A política industrial de defesa no Brasil (1999-2014): intersetorialidade e dinâmica de seus principais atores”. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

Viotti, E. B. 2001. Ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável brasileiro. In *Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século*, edited by M. Bursztyn. São Paulo: Cortez.

## TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM PROJETOS MILITARES: UM ESTUDO DO PROJETO A-DARTER

### RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar a efetividade do modelo de transferência de tecnologia adotado no desenvolvimento do A-Darter, em relação aos objetivos estabelecidos para o projeto. A pesquisa foi conduzida utilizando a metodologia de estudo de caso e orientada a partir da revisão das definições e conceitos relativos à tríade composta por ciência, tecnologia e inovação, tomando como referência as categorias de dimensões e critérios de eficácia do Modelo de Transferência de Tecnologia Eficácia Contingente de Bozeman (2000). Na etapa de coleta de dados foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com oficiais das Forças Aéreas do Brasil e da África do Sul, bem como representantes civis das empresas contratadas para o desenvolvimento do A-Darter que atuaram nas diversas fases do projeto, em nível gerencial no Brasil e na África do Sul. O míssil, desenvolvido conforme os requisitos operacionais definidos pela Força Aérea Sul-Africana e pela Força Aérea Brasileira, ficou a cargo da empresa estatal sul-africana Denel, com a participação de especialistas do Comando da Aeronáutica e das empresas brasileiras Avibras, Mectron e Opto Defesa e Espaço, do grupo Akaer, atuando nos dois países, com a responsabilidade de assimilar toda a tecnologia e reproduzir os principais sistemas do míssil no Brasil. O Projeto A-Darter revelou a capacidade da indústria nacional, especialmente a base industrial de defesa, no desenvolvimento de sistemas bélicos de alta tecnologia. O modelo peculiar de transferência de tecnologia adotado, com desenvolvimento conjunto de um sistema complexo, incorporado com as tecnologias mais modernas disponíveis no mercado, foi o primeiro a ser empreendido nesse modelo.

**Palavras-chave:** Transferência de Tecnologia. Indústria de Defesa. Projeto A-Darter.

### ABSTRACT

The present paper aims to analyze the effectiveness of the technology transfer model adopted in the A-Darter development, in relation to the objectives established for the project. The research was conducted using the Case Study methodology and guided by the revision of definitions and concepts related to the triad composed of science, technology, and innovation, taking as a reference the categories of dimensions and efficiency criteria of the Technology Transfer Effectiveness Model Bozeman's contingent (2000). In the data collection stage, semi-structured interviews were conducted with officers from the Air Forces of Brazil and South Africa, as well as civil representatives of

the companies contracted for the development of A-Darter who worked in the various phases of the project, at a managerial level in Brazil and in South Africa. The missile, developed in accordance with the operational requirements defined by the South African Air Force and the Brazilian Air Force, oversaw the South African state company Denel, with the participation of specialists from the Air Force Command and Brazilian companies Avibras, Mectron and Opto Defense and Space, from the Akaer group, operating in both countries, with the responsibility of assimilate all the technology and reproduce the main missile systems in Brazil. The A-Darter Project indicated capacity of the national industry, especially the industrial defense base, in the development of high-tech weapons systems. The peculiar model of technology transfer, with the joint development of a complex system, incorporated with the most modern technologies available on the market, was the first to be undertaken in this format.

**Keywords:** Technology Transfer. Defense Industry. A-Darter Project.

## NOTAS

1. Embora todos os PAG referentes a esse projeto possuam grau de sigilo, somente foram analisados os aspectos referentes às estruturas contratuais que são de domínio público.
2. Enquanto no Brasil as aquisições de defesa são realizadas de forma descentralizada por Força Singular, na África do Sul a Armscor é a agência que centraliza as aquisições do Departamento de Defesa. Mais informações disponíveis em [www.armscor.co.za](http://www.armscor.co.za).
3. Termos Aditivos ao contrato com a Armscor (001/CTA-SDPP/2006) TA 04/2011.
4. Entrevista com Danie du Toit. Systems Engineer Project Assegai.
5. Entrevista com Marco Aurélio Almeida, engenheiro executivo de vendas da Avibras.
6. Entrevista com Japie Maré, gerente de programa de Denel Dynamics A-Darter.
7. Entrevista com Danie du Toit. Systems Engineer Project Assegai.
8. Cel da Força Aérea da África do Sul.
9. Marco Aurélio Almeida, Executivo de Vendas da Avibras.
10. Henrique Pazelli, da Opto Space & Defense e Marco Aurélio Almeida da Avibras.
11. Henrique Pazelli, Gerente de Projeto, Opto Space & Defense.
12. Marco Aurélio Almeida, engenheiro executivo de vendas da Avibras.
13. Marco Aurélio Almeida, da Avibras; e Henrique Pazelli, Gerente de Projeto da Opto Space & Defense.