

João Viane Soares

**Trajatória de Acumulação de Capacidades Tecnológicas: O caso da Coordenação-Geral
de Observação da Terra do INPE (1970 – 2010)**

Coordenador Acadêmico: Paulo Negreiros Figueiredo

Orientador do TCC: Paulo Negreiros Figueiredo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso MBA em Ciência, Tecnologia e Inovação de Pós-Graduação *lato sensu*, Nível de Especialização, do Programa FGV in company, requisito para a obtenção do título de Especialista.

Turma INPE

São José dos Campos – São Paulo

2010

O Trabalho de Conclusão de Curso

Trajatória de Acumulação de Capacidades Tecnológicas: O caso da Coordenação-Geral de Observação da Terra do INPE (1970 – 2010)

Elaborado por João Viane Soares e aprovado pela coordenação acadêmica, foi aceito como pré-requisito para conclusão do Curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Ciência, Tecnologia e Inovação, Nível de Especialização, do Programa FGV in company

Data da aprovação: _____ de _____ de _____

Prof. Paulo N. Figueiredo – Coordenador Acadêmico

Prof. Paulo N. Figueiredo – Orientador do TCC

Resumo

Trata-se nesta monografia de examinar a evolução da capacidade tecnológica em observação da Terra do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, a cargo da Coordenação-Geral de Observação da Terra, OBT, considerando suas atribuições regimentais e os macroprocessos de sua cadeia de valor. Também se trata de refletir sobre as lacunas identificadas de capacidade e os riscos de retração por conta do enfraquecimento do capital humano (numa perspectiva de grande número de aposentadorias nos próximos anos). Documentar a capacidade tecnológica e suas lacunas é importante para gerar insumos para planos de ações estratégicas que visem mantê-la e avançar.

Como métrica para situar a capacidade tecnológica e identificar as lacunas para as capacidades inovadoras mais avançadas, baseou-se nas contribuições de Figueiredo (2004, 2006, 2009), que sugere um modelo alternativo para desenho e implementação de estudos empíricos a partir da perspectiva da taxa de aprendizagem tecnológica, com métricas associadas à sua operacionalização. Entende-se ser este modelo adequado e adaptável para situar a acumulação da capacidade de observar a Terra por meio dos satélites orbitais, dado que saímos da condição de meros operadores para um estágio protagonista com vários produtos inovadores em uso no Brasil e no exterior e da produção de técnicas e processos competitivos.

A OBT atingiu níveis de capacidades inovadores em toda a sua cadeia de valor, incluindo todos os processos de comunicação de dados solo-bordo (entre controle de Terra e Satélite) e de transformação de sinais codificados em imagens, além do conhecimento para transformar imagens em informação temática e de desenvolver as ferramentas necessárias a essa transformação, disponibilizando-as aos usuários. O estudo permitiu identificar lacunas importantes para a fronteira e apontar que há um risco real de redução da capacidade em setores cruciais como o de transformação de dados brutos codificados dos satélites em imagens e para a conversão da imagem em informação temática, em função do declínio potencial do capital humano. Diante das evidências de que não se poderá avançar na fronteira se não houver uma ação emergencial para reposição e qualificação de RH, foram apresentados insumos para ações estratégicas entre os quais consta a necessidade de recrutamento das competências individuais necessárias aos processos centrais em observação da Terra.

Palavras-chave: Observação da Terra, capacidade tecnológica, macroprocessos.

Sumário

Resumo

1. Introdução.....	5
2. Justificativa.....	8
3. Base Conceitual.....	9
4. Metodologia.....	13
5. Acumulação da capacidade tecnológica em observação da Terra.....	15
5.1. Recepção, processamento, estocagem e distribuição de imagens de satélites.....	16
5.2. Processamento Digital de Imagens e Geoinformação.....	24
5.3. Sensoriamento Remoto da Terra por satélites ópticos.....	30
5.4. Sensoriamento Remoto da Terra por radares imageadores.....	36
6. Exame crítico do processo de acumulação das Capacidades Tecnológicas da OBT.....	41
6.1. Níveis acumulados de capacidade em Recepção, processamento, estocagem e distribuição de imagens de satélites.....	43
6.2. Níveis acumulados de capacidade em Processamento Digital de Imagens e Geoinformação.....	44
6.3. Níveis acumulados de capacidade em Sensoriamento Remoto da Terra por satélites ópticos.....	45
6.4. Níveis acumulados de capacidade em Sensoriamento Remoto da Terra por radares imageadores.....	46
7. Proposta de ações estratégicas para manutenção e ampliação da Capacidade Tecnológica da OBT.....	47
8. Conclusões.....	49
9. Recomendações para a OBT e para o INPE.....	52
10. Referências bibliográficas.....	54

1. Introdução

A área de observação da Terra do INPE vive um enorme dilema que, de resto, se estende a todas as outras áreas do INPE. Ao mesmo tempo em que experimenta um crescente aumento de suas responsabilidades para responder os desafios demandados pela sociedade brasileira (como, por exemplo, construção de satélites, previsão do tempo, monitoramento de desastres naturais, monitoramento em tempo real de queimadas em todo o país, previsão de intensidade de raios e riscos para a transmissão de energia, monitoramento ambiental da Amazônia, flutuações do clima espacial e sua influência nas telecomunicações), o INPE viu seus quadros envelhecerem, sem a contrapartida de reposição e oxigenação necessárias. Este dilema pode ser apreciado em detalhes no documento intitulado “Versão Final do Estudo Análise de Processos e Políticas de Recursos Humanos”, da Coordenação de Planejamento e Acompanhamento do INPE (INPE.CPA, 2007), que é um dos documentos de suporte do Plano Diretor 2007-2011 do Instituto (INPE, 2007). Em termos quantitativos, em 1990 o INPE possuía cerca de 1700 empregados e hoje somos apenas 1100. Por outro lado, o ambiente de C&T e as redes de relacionamento mudaram e o conhecimento e as competências necessárias estão nelas distribuídos. Ademais o marco legal para facilitar a inovação compartilhada entre Instituições de Ciência e Tecnologia, ICTs, e a indústria está se instalando no país e abre novas possibilidades.

Relevante neste contexto, para destacar a visibilidade do instituto, é a notícia de que o INPE foi mais uma vez ranqueado, pelo segundo ano consecutivo, entre 50 centros de P&D mais importantes do mundo pelo “Cybermetrics Lab” (a notícia completa pode ser vista no link http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2254). No Brasil, O INPE é seguido pela EMBRAPA na 114ª posição. O “Cybermetrics Lab” se dedica à análise quantitativa do conteúdo na Internet, especialmente os relacionados com os processos de geração e comunicação de conhecimentos acadêmicos.

Portanto, para o futuro da instituição, ações estratégicas devem incluir tanto uma sólida política de reposição e qualificação de pessoal quanto à gestão do trabalho em redes e da inovação. As unidades do INPE terão que ser capazes de lidar com o desafio de cumprir sua parte da missão do Instituto, com demandas cada vez maiores da sociedade, num cenário como colocado acima de perda e envelhecimento de seus quadros de um lado (se não houver um tratamento político adequado), e de oportunidades de usar redes e o conhecimento distribuído como componentes centrais de inovação, no contexto do programa espacial.

O gráfico da Figura 1 apresenta o quadro das previsões de aposentadoria do INPE, para cada uma de suas unidades até 2016. A fonte é o documento de suporte do planejamento estratégico do INPE (INPE.CPA, 2007), na página 43. Pode-se constatar uma situação comprometedora. Trata-se também de uma enorme contradição, posto que o INPE seja uma das 50 instituições de pesquisa mais visíveis do mundo, como visto anteriormente. As boas práticas de gestão ensinam que parte muito importante da capacidade tecnológica de uma instituição está no seu conhecimento tácito e que só se transfere no trabalho cotidiano compartilhado entre colaboradores mais experientes e os novos. Para a OBT, como já adiantado acima, a situação não é menos dramática; nada menos que 83 colaboradores do quadro de 143 servidores ativos podem deixar o Instituto nos próximos seis (6) anos, ou seja, quase 60% do total. Na Figura 1 as cinco setas ressaltam as cinco grandes coordenações finalísticas do Instituto, entre a elas a OBT (à direita). Os serviços administrativos do INPE estão na coordenação de administração, CAD.

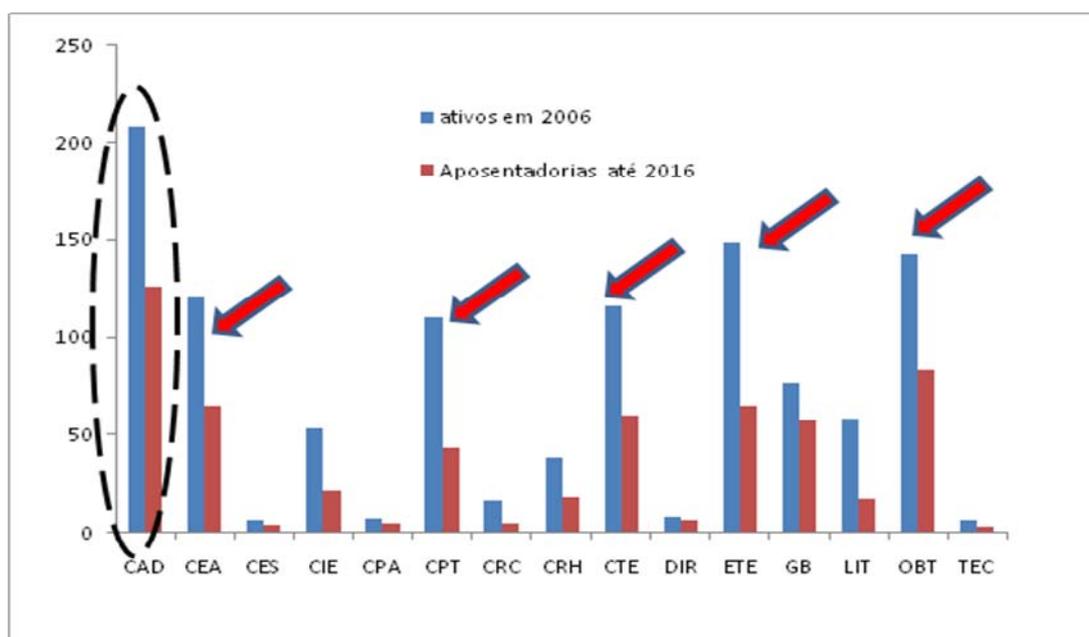


Figura 1 – Servidores ativos em 2006 e previsão de aposentadorias até 2016 para todas as unidades do INPE.

Neste contexto, o problema central desta monografia é o de inventariar a capacidade tecnológica em observação da Terra no INPE, mostrando que níveis de capacidade estão estabelecidos e como neles se chegou. São também identificadas lacunas em relação à fronteira em cada um dos macroprocessos, como base para insumos de suporte para as decisões estratégicas dos próximos anos.

Documentar a trajetória evolutiva da capacidade tecnológica em observação da Terra do INPE é um passo fundamental para mostrar que se trata de um ativo cognitivo singular para a instituição e para o país e para definir com clareza suas lacunas, fornecendo insumos para que a instituição se planeje visando sustentar sua liderança na área. A gestão deve atentar para a necessidade de assegurar tanto a excelência interna como a capacidade de trabalho em redes, reconhecendo, fomentando e usando o conhecimento distribuído e as oportunidades de inovação. Trata-se, portanto, de um problema de definição estratégica sobre a capacidade tecnológica do INPE em observação da Terra na continuidade de seu trabalho.

O INPE tem uma história de sucesso na construção da capacidade de observar a Terra a partir dos sensores remotos de satélites, com posicionamento estratégico coerente com as grandes demandas nacionais, capacidade reconhecida dentro e fora do país como de excelência. Mas hoje os desafios são enormes e a competência interna atual se mostra próxima do esgotamento e dá sinais de insuficiência para os próximos anos. Pretende-se fornecer insumos para contribuir para o debate de questões importantes para a estratégia do INPE, como as que seguem: Como a capacidade tecnológica em observação da Terra se consolidou? Quais são as lacunas? Quais são os riscos de descontinuidade em face da eminente perda de massa crítica? Que precisamos fazer para manutenção da liderança do INPE em observação da Terra? Como fomentar e utilizar o conhecimento distribuído das redes de relacionamento em observação da Terra para gerar e gerir inovação? Como usar o novo marco legal de incentivo ao desenvolvimento compartilhado entre Instituições Públicas de Pesquisa, IPPs, e a iniciativa privada?

A Seção 2 apresenta justificativa e a seção 3 a base conceitual usada. A metodologia adotada para descrever a trajetória a acumulação da capacidade tecnológica em observação da Terra está na seção 4. Na Seção 5, será descrita a acumulação (e seus marcos) da capacidade tecnológica em observação da Terra. Na Seção 6 é feita uma análise crítica das capacidades acumuladas e suas lacunas. Na Seção 7 são listadas propostas de ações estratégicas considerando as “lacunas”, as ameaças para a capacidade com a potencial redução do capital humano. As conclusões estão reunidas na Seção 8 e as recomendações na Seção 9. Na seção 10 estão as referências bibliográficas.

2. Justificativa.

O termo Observação da Terra (OBT), aqui usado, engloba conceitualmente todas as técnicas, pesquisas, e aplicações usadas para observar a Terra a partir do espaço, por sensores remotos embarcados em satélites. A OBT é também uma das grandes unidades do Instituto, com 143 funcionários, além de cerca de 100 outros colaboradores entre bolsistas, estudantes e terceirizados. Informações mais detalhadas sobre suas atribuições e relatórios anuais de atividades podem ser acessadas na página oficial da unidade (www.obt.inpe.br).

A capacidade de observar a Terra a partir dos sensores remotos de satélites do INPE, reconhecida dentro e fora do país como de excelência, foi construída ao longo de mais de 40 com posicionamento estratégico responsivo às grandes demandas nacionais. Documentar de forma coerente a construção da capacidade tecnológica, com uma métrica consistente e capaz de delinear resultados de excelência e de inovação e de apontar lacunas, deve ser a base para as ações estratégicas e definição sobre a gestão de um novo ciclo de desenvolvimento.

Sendo o INPE uma instituição singular atuando no setor muito específico com base de conhecimento muita própria às aplicações espaciais, é também esperado que estudos elaborados sobre sua capacidade tecnológica e métricas de construção e acumulação contribuam para o campo de estudo do processo de acumulação de capacidades tecnológicas em Instituições Públicas de Pesquisa. Em suma, espera-se que o trabalho tenha relevância tanto para o INPE como para o campo de estudo de Capacidade Tecnológica em IPPs.

Dessa forma, este estudo pretende tanto gerar insumos para definições de gestão para o INPE/OBT nos próximos anos, como contribuir para reflexões sobre métricas adequadas para descrever a acumulação da capacidade tecnológica, para realizar desde atividades de produção ou operação e/ou atividades para inovar modificando tecnologias ou sistemas existentes.

Hoje, em face de um expressivo número potencial de aposentadorias sem a necessária reposição, num mundo em rápida e constante transformação, os desafios são enormes e há consenso de que o capital humano atual se mostra próxima do esgotamento. Este estudo pretende contribuir para o debate em torno de questões importantes como: Qual é a capacidade tecnológica da OBT na sua cadeia de valor? Quais são as lacunas existentes? Que esforço será necessário para manutenção da liderança do INPE em observação da Terra?

3. Base conceitual

Como visto na introdução, trata-se nesta monografia da descrição e acumulação da capacidade tecnológica da OBT, da métrica usada para descrevê-la e da identificação de lacunas para a fronteira. Também é objeto desta monografia, gerar insumos para um plano de ações para superá-las e evitar descontinuidade em produtos e processo importantes. Para tanto, é realizado um exame preliminar da capacidade e de suas lacunas, confrontadas as ameaças sobre um de seus principais componentes, o capital humano, como resultado do envelhecimento da instituição com grande número de aposentadorias previstas para os próximos anos.

Assim, o conceito mais relevante para o exame desta monografia é o de capacidade tecnológica. Figueiredo (2004, 2006, 2009), considera a capacidade tecnológica como o estoque de recursos mostrados na Figura 2.

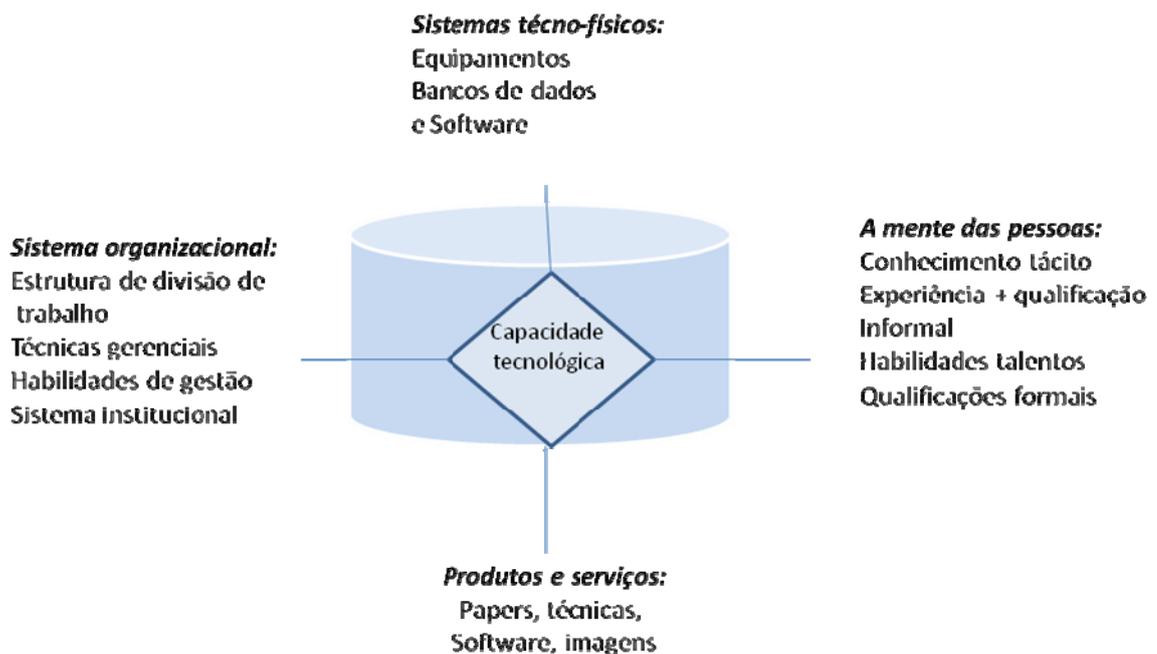


Figura 2 Componentes nos quais reside a capacidade tecnológica (adaptado de Figueiredo, 2009)

Para Figueiredo (2009) o saber tecnológico está pelo menos em quatro componentes:

- 1) o capital físico, que inclui a infra-estrutura, as bases de dados, o software, os laboratórios,
- 2) o capital organizacional que envolve as rotinas organizacionais, os procedimentos administrativos, a gestão das carreiras, as habilidades da organização na realização de suas atividades;
- 3) o capital humano, composto das habilidades individuais, do conhecimento

tácito, da educação formal e aprendizagem e, 4) produtos e serviços, que é o resultado das outras componentes, mas que expressam parte da capacidade tecnológica da empresa. Este autor enfatiza que, no contexto dos países em desenvolvimento, os componentes críticos da capacidade tecnológica estão no eixo horizontal: recursos humanos (capital humano) e sistemas organizacionais e gerenciais (capital organizacional), pois estes dois componentes têm elevado grau de especificidade e de propriedade tácita e é com base neles que tecnologias são assimiladas, alteradas, aprimoradas e até transformadas em outras novas.

Segundo este autor, é preciso fazer a distinção entre capacidade para operar e produzir da capacidade para inovar. A primeira se refere à capacidade que uma empresa tem para realizar de forma independente atividades de uso ou operação de tecnologias e de sistemas de produção existentes e a segunda a capacidade para modificar ou criar novas tecnologias e sistemas. Nessas duas categorias existem graus do básico ao avançado. É possível que uma empresa tenha capacidade avançada para operar e nenhuma capacidade para inovar. Figueiredo (2009) ensina ainda que é preciso primeiro desenvolver capacidade tecnológica para operar tecnologia importada para que depois, com a expansão cumulativa da capacidade, se possa modificar e/ou criar novas tecnologias. Ou seja, a função de crescimento cumulativo da capacidade tecnológica de uma organização é contínua.

Ainda Figueiredo (2009) resume algumas das propriedades adicionais das capacidades tecnológicas: 1) costuma ser amplamente difusa na corporação; 2) tem forte dimensão tácita e intrínseca o que a torna difícil de ser copiada, 3) o sistema organizacional é fundamental ao facilitar a incorporação do conhecimento tácito em novos processos organizacionais e de produção, e 4) é necessário fazer a distinção entre capacidades para usar ou operar e capacidades para inovar.

Figueiredo (2004, 2009) apresentam um modelo para facilitar o entendimento da trajetória de acumulação de capacidade tecnológica. Este modelo é o da chamada “escada tecnológica” em que na dimensão vertical aparece a complexidade de uma tecnologia específica em seu eixo esquerdo (por exemplo, automobilística) e os tipos de capacidade (e seus níveis) no seu eixo direito, com o tempo no eixo horizontal, dando a idéia de dinâmica de acumulação, do tempo que se leva para mover-se ao longo da trajetória e do avanço da fronteira em todos os níveis tanto para capacidades de operação/produção como inovadoras. O autor argumenta que este modelo alternativo deve ser usado para evidenciar capacidade tecnológica em países emergentes. Métricas de propriedade intelectual como quantidade de patentes depositadas nos EUA, são mais apropriadas para aferir a capacidade tecnológica de empresas nas economias

dos países desenvolvidos e não capturam bem as capacidades tecnológicas nos países em desenvolvimento.

Para uma instituição como o INPE e uma unidade como a OBT, com missão, atribuições e cadeia de valor específicas, considera-se ser adequado utilizar o modelo conceitual alternativo do autor supracitado como base para uma métrica de aferição de sua capacidade tecnológica. Ao mesmo tempo em que esta métrica permite identificar as capacidades básicas e inovadoras atuais da OBT, ela permite situar no tempo a progressão tipo “escada acima” através dos níveis mais sofisticados tanto para capacidade de uso/operação como para capacidades inovadoras.

A construção cumulativa de capacidade tecnológica é muito importante para uma instituição pública de P&D como o INPE. É desse ativo cognitivo que vem o desempenho e a efetividade da instituição, na medida em que a melhoria da qualidade de processos e produtos está intrinsecamente associada a este acúmulo de capacidade tanto para operar tecnologias existentes como para gerar novas tecnologias. É este ativo que faz do INPE a instituição que é com sua enorme visibilidade tanto nacional quanto internacional, como já descrito. Medir a capacidade e sua defasagem em relação às capacidades de fronteira gera insumos para elaboração de um plano de ações para acelerar o seu avanço e evitar descontinuidades e ou até mesmo perda de capacidade (derivada negativa) na trajetória dinâmica.

O sistema físico do INPE é tipicamente o de uma instituição de pesquisa de ponta (computadores, auditórios, laboratórios, bancos e centro de dados), mas sua evolução também é importante como componente da capacidade e por vezes serve para explicar decisões e mudanças de trajetória no desenvolvimento do INPE e suas unidades. Os produtos e serviços da OBT são publicações científicas e técnicas, metodologias, software de domínio público e código aberto, cursos de formação e imagens de satélites distribuídas. Os produtos da unidade OBT não resultam em depósito de patentes; apenas registros de software na antiga SEPIN/MCT.

Outro conceito usado neste trabalho como reflexão para identificação de insumos para planos de ação é o de posicionamento estratégico. O INPE, na elaboração de seu último Plano Diretor (INPE, 2007), identificou cenários para os dez próximos anos relativos à evolução da ciência, tecnologia e inovação nas áreas espacial e do ambiente terrestre no Brasil. O resultado desse exercício serviu de base para a definição de trajetórias para o Instituto nos próximos dez anos e de seu posicionamento frente às alternativas colocadas. Na oportunidade, identificou-se que a OBT deve estar posicionada para: 1) Apoiar o Programa Nacional de Atividades Espaciais, PNAE; 2) Apoiar o planejamento do país para enfrentamento de

mudanças climáticas globais; 3) Apoiar atividades de contingência relacionadas a desastres ambientais naturais; 4) Apoiar o desenvolvimento do agronegócio, energias renováveis, silvicultura, prospecção de recursos geológicos; 5) Apoiar evolução da cadeia produtiva espacial do Brasil; 6) Atuar na construção do valor institucional e do relacionamento com outras áreas do INPE; 7) Atuar na construção do relacionamento com o estado; 8) Atuar na construção de redes e parcerias; 9) Apoiar as atividades de defesa e segurança e, 10) Apoiar políticas sociais em saúde, desenvolvimento urbano, meio ambiente e segurança pública.

Os objetivos e ações estratégicas do Plano Diretor do Instituto é que devem orientar o trabalho do INPE e de suas unidades e, assim, a capacidade tecnológica da unidade de Observação da Terra deve estar num estágio no mínimo suficiente para cumprir suas atribuições à luz de seu posicionamento estratégico. O trabalho também se vale dos conceitos sobre mapeamento de processos oferecidos por Magarão (2009). De acordo com essa autora, os macroprocessos de uma entidade são as grandes funções tecnológicas ou processos que constituem sua cadeia de valor e são determinantes para a sua organização gerencial, para cumprir sua missão e realizar sua visão, com seus serviços singulares. No caso do INPE e de suas unidades, poder-se-ia expandir o conceito de singularidade para englobar produtos que não existiriam sem a sua demanda. Isso é comum para muitas firmas em que o conhecimento especializado e os produtos “multitecnológicos” acabam por empurrá-las para além de suas especialidades (Brusoni et al (2001)).

Também úteis para este estudo foram os ensinamentos sobre liderança, clima organizacional e motivação de Cavalcanti *et al.* (2009), os vários exemplos sobre oportunidades e necessidade de avançar no trabalho em redes, os conceitos de inovação e das oportunidades que ressurgem com uma nova política setorial e um novo marco legal estabelecido através das Leis de Inovação e do Bem. Todos os ensinamentos do curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPPs contribuíram, em algum grau, para formar a base conceitual que permeia este estudo.

Não é possível conceituar todos os termos técnicos relativos à observação da Terra por satélites, e tal conceituação é desnecessária à luz do problema que se pretende examinar, que é a construção e acumulação da capacidade tecnológica da OBT até o seu estágio atual e discutir as implicações para os próximos anos, associando-o ao capital humano que hoje é visto de forma unânime no Instituto como o componente mais crítico (envelhecimento, aposentadorias, perda de conhecimento tácito), como mostrado na Introdução deste trabalho.

4. Metodologia

Este trabalho foca na descrição e acumulação da capacidade tecnológica da OBT e uma análise de perspectiva para os próximos anos. Para tanto, usou-se de toda a informação e conceitos técnicos disponíveis nos documentos da OBT e de suas divisões que retratam, muitas vezes de forma fragmentada, seu desenvolvimento ao longo de seus 40 anos de existência. Buscou-se também suporte na documentação disponível no Currículo Lattes dos cientistas da área.

Será usado como referência conceitual o modelo alternativo proposto em Figueiredo (2006, 2009), em que sugere separar as capacidades básicas das capacidades inovadoras, para aferir o grau de capacidade atingido considerando sua acumulação, com seus avanços, práticas de gestão, associações em rede, necessidade e uso do conhecimento distribuído em parceiros externos.

Para o propósito deste trabalho e facilitar a descrição, entende-se que faz sentido considerar os macroprocessos (ou grandes funções tecnológicas) da cadeia de valor OBT para sistematizar e situar a trajetória de acumulação da capacidade tecnológica da OBT, que são quatro: 1) Recepção, processamento e distribuição de dados de satélites; 2) Processamento Digital de Imagens e Geoinformação; 3) Sensoriamento Remoto da Terra por satélites óticos, e 4) Sensoriamento remoto da Terra por imagens de radar. A razão para esta segmentação é a constatação unânime entre os colegas da unidade que a taxa de acumulação da capacidade da OBT tem sido desigual segundo a complexidade de funções e processos e da própria fronteira do conhecimento, assim como as lacunas de capacidade também são assimétricas. Ressalve-se que hoje para tentar o mais próximo possível da fronteira tecnológica, a OBT se vale de forma crescente da especialização existente no mercado para desenvolvimento conjunto, ou seja, o trabalho do INPE não está (e nem pode mais estar) necessariamente confinado internamente.

Serão usadas as capacidades operacionais e as capacidades inovadoras, como referência, tanto para avaliar a situação de hoje como para situá-las ao longo de seu desenvolvimento. Na identificação das lacunas para a condição de fronteira, as novas linhas de P&D em observação da Terra são também consideradas.

Para Figueiredo (2004, 2009), aferir a capacidade tecnológica com base no número de patentes depositadas, nem sempre é um bom indicador nos países emergentes, se usado isoladamente. Uma razão a mais para justificar a adoção do modelo proposto por Figueiredo (2009) é o fato de que a OBT mesmo não gerando patentes tem produtos inovadores de software e processos usados por milhares de usuários.

Em resumo, para análise da capacidade tecnológica da OBT, o modelo adaptado para caracterização e trajetória de aprendizagem e acumulação foi inspirado nas contribuições de Figueiredo (2004, 2006, 2009). Foram usadas informações muitas vezes fragmentadas contidas nas páginas oficiais da Internet da OBT e de suas divisões, de uma busca bibliográfica da produção científica da área desde seus primórdios, facilitada pela publicação online do Currículo Lattes (<http://lattes.cnpq.br>) dos cientistas e tecnologistas da área e, finalmente, resultantes de entrevistas com colegas seniores suas três divisões.

A seção 6 apresenta um exame da capacidade tecnológica acumulada da OBT, enfatizando as lacunas, discutindo perspectivas para os próximos anos com enfoque no capital humano em face dos riscos associados à perda por aposentadoria e envelhecimento do instituto, gerando insumos para serem considerados nos próximos planos de ação estratégica da OBT e do próprio instituto. A pertinência do posicionamento estratégico do INPE (INPE, 2007) no contexto da responsabilidade e atribuições da OBT, é também levada em conta nesse exame. Ela é aferida através de uma pesquisa realizada eletronicamente na OBT, em que os respondentes atribuíram grau de um (1) a quatro (4) para a relevância relativa de cada um dos itens de posicionamento estratégico introduzidos na seção anterior, do menor para o maior grau, na ordem.

No exame das lacunas de capacidade e dos riscos de descontinuidade para reflexão e insumos para um plano de ações estratégico, como explicitado no parágrafo anterior, maior ênfase será no eixo horizontal da capacidade tecnológica e principalmente no capital humano, e em menor escala no seu sistema gerencial e sistema físico. Figueiredo (2009) sustenta ser esta dimensão mais importante para países emergentes, já que sistemas físicos podem ser adquiridos. O INPE tem, para muitas de suas funções como as de observação da terra, no seu capital humano o diferencial de capacidade tecnológica, com sua experiência acumulada, qualificação formal, conhecimentos das rotinas gerenciais e seu conhecimento tácito. No caso do INPE o capital humano condiciona o modelo de gestão. Ressalte-se que para grandes processos como os de previsão de tempo e de integração e testes de satélites, a atualização da estrutura de computação e tecnologia da informação (O INPE acaba de adquirir por R\$50 milhões um supercomputador CRAY para previsão de tempo que é o mais rápido do mundo no momento) e dos laboratórios de simulação do funcionamento das condições de órbita do satélite assumem importância muito maior, portanto aqui o sistema físico condiciona de forma mais evidente a capacidade tecnológica.

5. Trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas em observação da Terra por satélites.

A área de Observação da Terra, abreviada como OBT, (www.obt.inpe.br) é uma das mais antigas do INPE. Começou suas atividades no final da década de 60 com a análise dos dados de aeronaves (câmeras fotográficas, sensores imageadores, radar, etc.) e começou a se desenvolver de forma rápida e com densidade a partir de 1973. Naquele ano o INPE inaugurou a Estação de Recepção de Imagens de Satélites de Cuiabá, fazendo com que o Brasil se tornasse o primeiro país do mundo, fora da América do Norte, a receber imagens dos satélites americanos da série LANDSAT.

A OBT foi criada com a missão de liderar a P&D para o uso de Sensoriamento Remoto e Geoinformática, para aplicações no conhecimento do território e do mar continental brasileiro. A sua cadeia de valor pode ser caracterizada por quatro macroprocessos (com base nos conceitos oferecidos em Magarão, 2009): 1) Recepção e distribuição de dados de satélites de observação da Terra; 2) Processamento Digital de imagens e Informações Geográficas, e 3) Sensoriamento Remoto da terra por satélites óticos e, 4) Sensoriamento remoto da terra por satélites de microondas (radares imageadores).

A OBT foi organizada essencialmente em três divisões: Divisão de Geração de Imagens (ver em www.dgi.inpe.br); Divisão de Processamento de Imagens (ver www.dpi.inpe.br) e Divisão de Sensoriamento Remoto (ver www.dsr.inpe.br). Sempre houve forte interação entre as várias divisões nos seus processos, atividades e resultados. Além disso, é responsável gerencialmente por três (3) programas transversais: 1) Espaço e Sociedade, que coordena ações estratégicas na área de saúde e outros benefícios sociais, 2) Segmento solo, para ações de atualização e manutenção dos sistemas de antenas de recepção e, 3) programa Amazônia, que trata das ações e demandas do estado pelo monitoramento da Amazônia.

Ocorreram, na história do INPE e em particular na da OBT, algumas mudanças nas escolhas de desenvolvimento e priorização de linhas de P&D, em alguns casos alterando a estrutura gerencial e da divisão de trabalho, criando e desfazendo equipes. Estas mudanças foram determinadas por políticas setoriais e no nível micro (pressões internas por grupos com interesses específicos). Assim, em meio a tensões e condicionantes externas mutantes, a instituição cresceu, amadureceu (e viu seus quadros envelhecerem), com enorme visibilidade na sociedade, sempre atenta às suas demandas, que muitas vezes interferiram em seus rumos. Como ressalva Figueiredo (2009), o desenvolvimento nunca é linear e contínuo no tempo.

Fatores não controlados que alteram trajetórias são comuns como explica Ritto (2009), quando defende que os sistemas são “caórdicos”, em alusão a tese de que sempre há caos no percurso por tensões internas e externas, que de certa forma orientam rumos e decisões.

Praticamente logo após o seu estabelecimento a OBT inaugurou, em 1972, um curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, ao nível de mestrado, para criar massa crítica e vetores de disseminação desta tecnologia e suas aplicações no país. Em 1998 iniciou a formação de Doutorado. Em 2008 atingiu o conceito de excelência seis (6) pela CAPES, o que valida o grau de produtividade da OBT e de seu corpo docente.

Muitos foram os investimentos realizados pelo Instituto para dotar a OBT de capital humano com expertise em toda a sua cadeia de valor, ao longo de sua consolidação. Hoje a unidade agrega perto de 250 colaboradores, entre pesquisadores, tecnologistas, gestores, terceirizados e estudantes. Políticas setoriais como o III PBDCT (Salles-Filho, 2003), que incentivavam a qualificação de RH em cursos de pós-graduação, foram bem aproveitadas para formar pesquisadores em bons centros no exterior. O mesmo vale para infra-estrutura, no nível da encontrada nos países desenvolvidos.

Na seqüência é apresentada a acumulação da capacidade tecnológica da OBT até o presente. Com o propósito de facilitar a compreensão, como exposto na Seção anterior, a descrição é feita separadamente para cada um dos quatro macroprocessos da cadeia de valor da OBT. Usando o modelo de métricas alternativas de Figueiredo (2006, 2009) para medir capacidade tecnológica, foram caracterizadas as funções da capacidade como operacionais (em níveis básico e renovado, Níveis 1 e 2) ou inovadoras (básico, intermediário e avançado (Níveis 3, 4 e 5). Não há separação, neste trabalho, em atividades de gestão, produtos e processos. Na ordem em que são descritas, por macroprocesso ou função tecnológica, tem-se:

- 5.1. Recepção, processamento e distribuição de dados de satélites de observação da Terra;
- 5.2. Processamento Digital de Imagens e Geoinformação;
- 5.3. Sensoriamento Remoto da Terra por satélites ópticos;
- 5.4. Sensoriamento Remoto da Terra por satélites de radares imageadores.

5.1. Recepção, processamento e distribuição de dados de satélites de Observação da Terra.

O macroprocesso de recepção e distribuição de imagens engloba todas as etapas entre aquisição da imagem de satélite pela Estação de Recepção e a entrega das imagens ao usuário

final. Do ponto de vista gerencial, estes processos estão diretamente alocados no Centro de Dados de Sensoriamento Remoto da Divisão de Geração de Imagens. Entretanto as outras divisões da área também apóiam na contratação de serviços e desenvolvimentos específicos realizados fora do Instituto e na gestão dos contratos. Na tabela 1 está o modelo proposto que permite identificar e medir a capacidade da OBT de executar diferentes atividades de recepção, processamento e distribuição de imagens de satélites da OBT ao longo da trajetória, inspirado em Figueiredo (2006), caracterizando as funções entre operacionais (nos níveis básicos e avançados), e inovadoras (nos graus básico, intermediário e avançado). A métrica proposta abaixo, válida para as quatro funções tecnológicas ou macroprocessos estudadas, é uma métrica de referência, com níveis de capacidade não necessariamente foram alcançados, mas que a OBT adota como a fronteira ideal, ou seja, onde poderia e gostaria de estar hoje com seu potencial plenamente realizado. Isto confere à métrica um caráter “*ad hoc*”, baseado na experiência de 40 anos dessa unidade. Na seqüência são descritas e contextualizadas em sua trajetória histórica enfatizando o desenvolvimento das competências e dos arranjos de gestão. Na tabela 1 (e nas que seguem), o capital humano sempre inclui analistas de C&T de nível médio para serviços administrativos e técnicos ou tecnólogos em secretariado, e por isso não são especificados para os vários níveis de capacidade.

Tabela 1. Capacidades operacionais e inovadoras em Recepção, processamento, armazenamento e distribuição de dados de satélite.

Níveis de CT	Atividades que ilustram o nível de capacidade tecnológica
Nível 5 Inovador avançado	Desenvolvimento de estações de recepção e processamento de fronteira, fomentando e usando redes de conhecimento específico, tanto para sensores ópticos como para radares. Capital humano inclui engenheiros de desenvolvimento com formação em ciências da computação, cartografia, geografia, engenharia eletrônica e telecomunicações, com expertise em processamento de sinais, técnicos em informática com experiência em Linux, técnicos em eletrônica/telecomunicações.
Nível 4 Inovador Intermediário	Ampliação da capacidade de processamento das estações e gerencial para suportar operação 24x7 e repatriação de dados das estações internacionais, “escalabilidade” superior a 2 PB, “downtime” inferior a 20 minutos anuais. Grupo de engenheiros de desenvolvimento e consultores incluindo cientistas

	de computação e sistemas de informação, engenheiros cartógrafos, Engenheiros eletricitas/eletrônicos e técnicos de informática com experiência em Linux, eletrônica/telecomunicações.
Nível 3 Inovador básico	<p>P&D com soluções inovadoras para estações para múltiplos satélites, em parceria com a indústria do setor espacial.</p> <p>Melhoria do sistema técnico-físico, com rede VPN entre estações e centro de dados.</p> <p>Capacidade de distribuição de imagens de satélites através de catálogo e Internet e controle de qualidade em todos os produtos disseminados.</p> <p>Grupo de engenheiros de desenvolvimento e consultores incluindo cientistas de computação, engenheiros cartógrafos, Engenheiros eletricitas/eletrônicos, técnicos em informática, e eletrônica/telecomunicações.</p>
Nível 2 Operacional renovado	<p>Capacidade de Produção de imagens em diferentes tipos de mídias, formatos e escalas.</p> <p>Grupo de desenvolvimento e técnicos para funções operacionais.</p> <p>Serviço de Atendimento ao Usuário com customização de pedidos.</p> <p>Capacidade de gerar produtos com processamento em níveis mais avançados.</p> <p>Capacidade de recuperação de dados históricos. Unificação de catálogos de famílias de satélites com opção de seleção de áreas de interesse.</p> <p>Capital humano inclui Engenheiros eletricitas/eletrônicos, engenheiros/cientistas de computação, técnicos em eletrônica/telecomunicações, técnicos de formação diversa com capacidade para operar laboratório fotográfico.</p>
Nível 1 Operacional básico	Operação básica de recepção e processamento de dados de satélite. Sistema técnico físico “Black Box” adquirido no exterior. Capital humano formado por Engenheiros eletricitas/eletrônicos e técnicos em eletrônica/telecomunicações e técnicos operadores de laboratórios fotográficos.

Em 1973, o INPE inaugurou a Estação de Recepção e Gravação de dados de satélites de sensoriamento remoto na cidade de Cuiabá-MT, com o que iniciou a recepção dos dados do satélite americano LANDSAT-1, de órbita polar, primeiro de uma família de oito (8) satélites, através da operação básica dos equipamentos adquiridos nos EUA para esse fim.

Após recepção os dados eram gravados em fitas de alta densidade e enviados pelo correio aéreo para a cidade de Cachoeira Paulista-SP, para processamento e geração analógica das imagens por revelação fotográfica. O tempo de entrega das imagens para os usuários era de aproximadamente 60 dias.

Todo o sistema físico foi adquirido no exterior; o grupo de operadores começava a obter qualificações e incorporar conhecimento; e o sistema de gestão é então criado como um Departamento de Geração de Imagens (mais tarde Divisão), que incorporaria talentos para também atuar mais tarde no desenvolvimento de estações de recepção, integrando sistemas e desenvolvendo rotinas de software para transformar trens de bits codificados e enviados pelos transmissores dos satélites, em imagens como percebidas visualmente. Essa mesma sistemática se repetiu para os satélites que se seguiram da série LANDSAT. Na métrica proposta, esta capacidade é caracterizada como operacional básica (Nível 1) com simples operação de recepção, processamento e distribuição.

Em 1984 é lançado o satélite LANDSAT-5, um engenho espacial que ainda opera (e fornece imagens continuamente sobre o Brasil) de forma eficiente depois de 26 anos. Com ele surge a diversificação dos produtos digitais e analógicos em diferentes tipos de mídias e escalas. Pensando em alavancar benefícios maiores para a sociedade, A DGI cria um serviço de Atendimento ao Usuário, ATUS, que intensificou o contato com os usuários entendendo suas necessidades e criando pedidos customizados e dando suporte para solução de dúvidas técnicas.

O Brasil cria o programa MECB (Missão Completa Espacial Brasileira) no início da década de 1980, com missão de desenvolver o ciclo completo do desenvolvimento e lançamento de satélites por lançadores nacionais. Visando autonomia em recepção e imagens de satélite para a MECB, engenheiros de áreas como eletrônica e computação da OBT/DGI são enviados para a França, colaborando e se capacitando no projeto do satélite francês SPOT. Entretanto, no seu retorno o grupo se desarticula posto que o horizonte de desenvolvimento dos satélites se alonga e se mostra indefinido por conta de orçamentos insuficientes (períodos de inflação alta e crises financeiras recorrentes). Não havia de fato uma estratégia gerencial em torno de capacidades que o INPE deveria assegurar neste segmento. Os salários também eram muito pouco competitivos em relação ao mercado da indústria aeronáutica de São José dos Campos e região. Mesmo assim, surgiram neste período várias melhorias “in house” na operação dos sistemas de processamento de imagens; as imagens passaram a ter correção tanto radiométrica quanto geométrica. Este é o estágio em atingido o nível de capacidade operacional renovado (Nível 2).

O Brasil assina um acordo com a China em 1983 para o desenvolvimento conjunto de satélites. Este seria um marco que mudaria toda a trajetória tecnológica do Instituto e influenciaria fortemente a da OBT. Com o lançamento do primeiro satélite desenvolvido com a China, o “China Brazil Earth Resources Satellite”, CBERS-1, em 1998, adquirimos no exterior uma nova *estação (quase uma nova Black Box, explicação adiante)* que continha um sistema de armazenamento, com uma biblioteca de fitas robotizada com 800 GB de capacidade, de desempenho e complexidade superiores aos das primeiras estações do início da década de 1970. A compra no exterior se dá em razão de não termos atingido capacidade própria de desenvolvimento internamente com o desaparecimento do grupo de desenvolvimento no início dos anos 90. Entretanto, a empresa vencedora da licitação, subcontrata, por exigência contratual, uma firma brasileira que tinha nos seus quadros engenheiros do antigo grupo de desenvolvimento da DGI, portanto já com alguma bagagem intrínseca, para acompanhar o desenvolvimento como forma de aprendizagem e também para desenvolver parte do sistema. Softwares de processamento de sinais brutos de satélites imageadores nunca são produtos de prateleira porque cada satélite tem diferentes sensores, sistemas de controle, taxas de dados, e algoritmos de segurança específicos de compressão e codificação de bits e comunicação com a Terra. Em geral os donos de satélite mantêm para si a codificação de suas interfaces solo-bordo.

Até esta fase as imagens eram comercializadas e entregues aos usuários em *Compact Disk, CD*. Os sistemas de recepção dos satélites CBERS e LANDSAT eram capazes de processar apenas um tipo de satélite e havia dois catálogos de imagens, sendo um para cada satélite.

Embora tenha ocorrido melhoria na infra-estrutura, o conhecimento tácito, as habilidades, as qualificações formais se concentravam em poucas pessoas da DGI. O sistema de gestão tinha grande inércia e predominava a visão de que bastaria sermos meros operadores de sistemas de processamento comprados no exterior. Entretanto o sistema encomendado no exterior para o CBERS-1, além de caro, apresentou desempenho técnico e manutenção aquém do esperado. Com o lançamento CBERS-2 em 2003 e a criação do Centro de Dados de Sensoriamento Remoto, que passa a ser o foco da Divisão de Geração de Imagens, a capacidade inovadora em nível básico (Nível 3) é atingida. A OBT contrata e fomenta o desenvolvimento das novas estações de processamento no Brasil em licitação vencida pela firma brasileira que participara do desenvolvimento da estação do CBERS-1. Foi uma oportunidade de parceria bem aproveitada com perspectiva de desenvolvimento continuado para dar suporte a futuras missões do programa espacial brasileiro. Essa estratégia

resultou em sucesso rápido com um projeto pensado para um sistema distribuído baseado em computadores pessoais (PCs) de baixo custo, operando em LINUX. O CDSR passa então a operar com um layout de processamento totalmente distribuído inovador. Assim passa a operar uma estação para múltiplos satélites capaz de processar imagens dos satélites das famílias CBERS e LANDSAT e de quaisquer outros de interface aberta. O resultado é então um processador proprietário nacional, inovador, com inúmeras vantagens: 1) Código fonte aberto; 2) Uso da arquitetura compatível com IBM-PC; 3) Uso de softwares livres (Linux, MySQL, PHP, Apache, GCC, entre outros) e, 4) Custo de desenvolvimento e hardware significativamente reduzido. Em síntese, a OBT acumulou capacidades até o Nível 3, com boa experiência acumulada na operação de terminais de processamento e inovação nos processos e ganho de capacidade como o sistema distribuído.

Outra decisão gerencial, que também mudaria substancialmente nossa forma de trabalhar, foi a adoção pelo INPE, com aval do MCT, da política de dados gratuitos como bens públicos, a partir da qual a OBT passou a distribuir as imagens CBERS e LANDSAT através da Internet. Até então catálogo de imagens não era unificado e era aberto apenas para a comunidade interna. Após a abertura do catálogo CBERS sem custos para a comunidade de usuários brasileiros, houve a necessidade da melhoria do sistema técnico-físico com aquisição de novos computadores, “arrays” de discos com maior capacidade e velocidade de acesso e de uma biblioteca de fitas robotizada com até 90 TB de capacidade e com a tecnologia de armazenamento de dados hierárquicos. Essa melhoria da infra-estrutura possibilitou a recuperação, o processamento e a disponibilização das imagens históricas dos satélites LANDSAT adquiridas desde 1973 para toda sociedade brasileira, um acervo de enorme valor. O catálogo de imagens foi unificado e os usuários podiam selecionar imagens adquiridas desde 1973 de quatro satélites distintos: LANDSAT (1, 2 e 3) e CBERS-2. Com isso o Centro de Dados da OBT passou a distribuir aproximadamente cerca de 150.000 imagens por ano, com o tempo de disponibilização das imagens (aos usuários) menor que 9 minutos; um desempenho notável que caracteriza um “benchmarking” de nível mundial. Compare-se este número ao do mercado comercial dos satélites LANDSAT que, em seus melhores anos distribuía da ordem de 20.000 imagens, em todo o mundo.

Diante do sucesso do caso brasileiro, outras agências passaram a repensar suas políticas de dados e o “United States Geological Survey”, USGS (operador dos satélites ópticos americanos como o LANDSAT), também adotou a política de dados de bens públicos para suas imagens de satélite. Barbara Ryan (comunicação pessoal), então diretora do USGS,

usou o exemplo do INPE para convencer o governo americano nessa decisão. Hoje o USGS distribui gratuitamente 350.000 imagens LANDSAT anualmente.

O Nível 3, se caracteriza pela acumulação de capacidade em operação, processamento distribuído, rede privada (VPN dedicada) entre Cuiabá (estação de recepção) e Cachoeira Paulista (Centro de Dados), com a expansão da biblioteca de fitas robotizada, a aquisição de mais discos rígidos, migração do corpo técnico de atendimento ao usuário para processos de controle de qualidade das imagens antes de sua disponibilidade no catálogo. Há controvérsias decorrentes de questões conceituais: o sistema de processamento distribuído para múltiplos satélites (chamado Estação MS3) é inovador, de baixo custo e sem equivalente no mundo (e assim estaríamos na fronteira), mas pelo conceito de mercado o INPE seria hoje o único “cliente e usuário”. O INPE já instalou uma estação MS3 nas Ilhas Canárias (Maspalomas, Espanha) e vai levá-la a vários países africanos após o lançamento do CBERS-3 em 2011. Aqui então é preciso ressaltar que este Nível só foi atingido com a incorporação de uma firma com consultores especializados.

Com a distribuição das imagens gratuitas através do catálogo unificado de imagens, o CDSR distribuiu mais de 310.000 imagens em 2008. No final de 2009 o CDSR atingiu a 1.000.000 de imagens distribuídas para todo o mundo e se tornou o maior distribuidor de imagens de satélites do mundo, com o tempo de entrega das imagens em menos de 5 minutos para 55% dos pedidos

Para alcançar a capacidade inovadora intermediária o sistema técnico-físico deve ser continuamente expandido e atualizado e o Centro de Dados de Sensoriamento Remoto deve ser dotado de rotinas gerenciais e de recursos humanos que garantam a operação 24x7 (24 horas por dia e 7 dias por semana), para atender a crescente demanda nacional e internacional. Com a inclusão de sistemas de recepção e gravação de dados de satélites em países da África e de outros continentes, o CDSR deve prover solução para repatriar os dados recebidos nas estações internacionais com eficiência, eficácia e segurança; o sistema de armazenamento dos dados deve utilizar tecnologias de armazenamento em discos rígidos, com escalabilidade superior a 2 PB (dois Petabytes, ou 2 bilhões de Gigabytes), com o uso de tecnologias WORM (dados armazenados risco de perda). O CDSR deve ainda prover um sistema de alta disponibilidade com a utilização de diferentes linhas de conexão com a Internet, *downtime* inferior a 20 minutos por ano e um plano de *Disaster and Recovery*. O tempo de entrega das imagens deverá ser inferior a 2 minutos para 95% dos pedidos feitos através do catálogo do CDSR (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>) e 1.000.000 de imagens de satélites solicitadas e distribuídas por ano. Para alcançar este nível, o capital humano dedicado precisará incluir uma

equipe de engenheiros de desenvolvimento em sistemas de informação para automatização e controle das diversas funções do ciclo Recepção-Distribuição e aumentar seu efetivo de técnicos nas funções operacionais de controle de qualidade, programação de passagens e operação de antenas, para possibilitar gerenciamento com revezamento em turnos de trabalho.

Em 2008 o INPE adquiriu um novo sistema “caixa preta” de recepção, gravação e distribuição de dados para os satélites ENVISAT, ERS-1 e ERS-2, que são satélites de radar enquanto os demais satélites recebidos pelo INPE são óticos. Nesse segmento teremos que percorrer um caminho de aprendizado (e de trabalho em redes) para atingirmos níveis adequados de auto-suficiência e capacidade de inovação. Vale notar assim que nossa capacidade de operar sistemas fechados se ampliou ao longo do tempo, na medida em o número e tipo de satélites recebidos aumentou e se diversificou.

Assim, estabelece-se que o nível inovador avançado de capacidade tecnológica em recepção e distribuição de imagens de satélite será buscado com uma estratégia de gestão sólida para agregar e treinar novos talentos no capital humano incluindo cientistas de computação, engenheiros eletrônicos/eletrônicos, geógrafos e cartógrafos, tanto para sensores óticos quanto para radar, de gestão do trabalho em rede, prospecção e atração do conhecimento distribuído em consultores e firmas para vencer todo o ciclo recepção-distribuição para todas as classes de sensores, inclusive aqueles com os quais ainda não trabalhamos: óticos de alta resolução, hiper-espectrais e radares.

Resumindo, a OBT está hoje no nível de capacidade inovadora básica neste macroprocesso. Ocorreram mudanças de rumos de gestão, falta de estratégia de valorização do desenvolvimento continuado e salários pouco competitivos, o que resultou em evasão de funcionários. Já se escreveu que o desenvolvimento de capacidades tecnológicas nunca é linear ou contínuo no tempo e que os sistemas são “caórdicos”, mas é interessante notar que nesta função (ou macroprocesso) inovou-se no processamento distribuído com alto desempenho (“benchmarking” mundial) em taxa de processamento, distribuição e tempo de resposta aos usuários.

O INPE deve investir em recursos humanos para possibilitar a administração e operação do Centro de Dados em níveis de classe mundial. Com as novas contratações, o conhecimento codificado, as rotinas e os procedimentos seriam transmitidos e processos de aprendizagem estabelecidos em suas técnicas e em sua gestão. Para atingirmos os níveis mais avançados em capacidades inovadoras serão necessários investimentos no sistema físico e a recomposição de RH e de parceiros externos agregando continuamente o conhecimento distribuído.

5.2. Processamento Digital de Imagens e Geoinformações.

Na tabela 2 está o modelo proposto que permite identificar e medir a capacidade da OBT de executar diferentes atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em técnicas e software de Processamento Digital de Imagens (PDI) e Geoinformação. Na seqüência, sua trajetória de acumulação é descrita.

Tabela 2. Capacidades operacionais e inovadoras em Processamento Digital de Imagens e Ciência da Geoinformação.

Níveis de CT	Atividades que ilustram o nível de capacidade tecnológica
Nível 5 Inovador Avançado	Indução e parceria com desenvolvedores de código aberto e com firmas externas brasileiras para desenvolvimento compartilhado de produtos inovadores, melhoria contínua de interface. Capital humano com engenheiros e cientistas de computação, engenheiros eletricitas/eletrônicos, cartógrafos, estatísticos, matemáticos. Capital humano também inclui colaboradores de departamentos universitários e IPPs, firmas especializadas.
Nível 4 Inovador Intermediário	Disponibilidade de software como bens públicos criando grande comunidade de usuários. Desenvolvimento de produtos software de código aberto para desenvolvedores de soluções customizadas. Capital humano com engenheiros e cientistas de computação, engenheiros eletricitas/eletrônicos, cartógrafos, estatísticos, matemáticos. Também inclui firmas especializadas em desenvolvimento de software.
Nível 3 Inovador básico	Gestão, projeto, gerenciamento, desenvolvimento de software e hardware para PDI e geoinformação, incluindo diversas rotinas/funções especializadas disponíveis no mercado e presentes nos sistemas comerciais. Inclui serviços de manutenção e de atendimento ao usuário Expertise inclui engenheiros e cientistas de várias áreas: cartografia, eletricitista e afins e ciência e engenharia da computação, assistentes de serviços administrativos e de secretariado
Nível 2 Operacional renovado	Início do desenvolvimento de software de Processamento Digital de Imagens com foco no “aprender-fazendo”, criação de rotinas próprias, criação de uma divisão específica.

	Expertise com engenheiros e cientistas de computação, engenheiros eletricitas/eletrônicos.
Nível 1 Operacional básico	Ferramentas e competências básicas para operação de um sistema de software tipo <i>black box</i> com poucas funções. Expertise com engenheiros e cientistas de computação, engenheiros eletricitas/eletrônicos.

O desenvolvimento da capacidade tecnológica em P, D & I em técnicas e software de Processamento Digital de Imagens e de Geoinformação para aplicações em Observação da Terra, é também marcado por uma trajetória de mudanças de escolhas tecnológicas e estratégias, adaptação a políticas setoriais da área de informática e de diretrizes institucionais conflitantes. A trajetória descrita abaixo resulta de informações fragmentadas contidas em www.dpi.inpe.br, de entrevista com ex-chefes de departamento e de consulta bibliográfica a vários trabalhos científicos (Câmara et al., 1996, Souza et. Al., 1990, Câmara e Fonseca, 2007, Escada, 2010).

Em 1974, o INPE adquiriu seu primeiro sistema dedicado de processamento de (Figura 3). Tecnologia no estado da arte da época (prêmio de Inovação da “General Electric”), o I-100 era controlado por um PDP/11-45, com 128 KB de memória e memória de vídeo de 512 x 512 "pixels". Nada que se possa comparar aos computadores pessoais de hoje em desempenho e capacidade de processamento gráfica, mas, por muito tempo, foi o único sistema de processamento digital de imagens de satélite em operação no País.

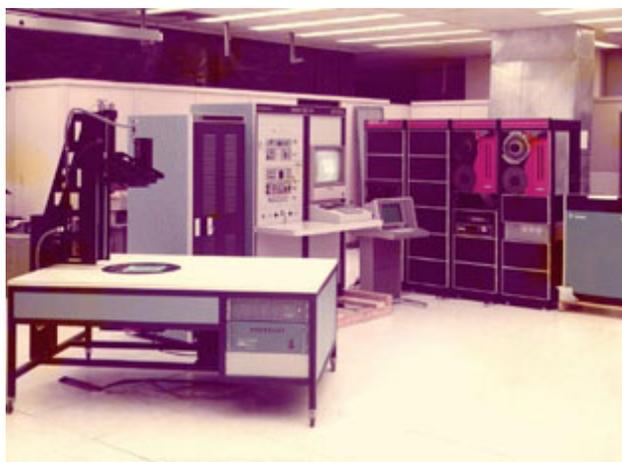


Figura 3 – General Electric IMAGE-100, em operação no INPE em 1974.

O IMAGE-100 trazia um mínimo de funções de processamento de imagens, o que motivou a montagem de equipe de desenvolvimento, com talentos alocados no então Departamento de Informática, para desenvolver e introduzir algoritmos como filtragem, análise de agrupamentos, classificação e georreferenciamento de imagens de satélites.

Neste período, de 1974 a 1984, pode-se sustentar que o INPE adquiriu capacidade tecnológica em Processamento Digital de Imagens apenas nos níveis de rotina, básico, com simples capacidade de operação (Nível 1), e operacional renovado (Nível 2) em que foram incorporados algoritmos de filtragem, classificação e registro de imagens, por uma equipe de colaboradores que compartilhavam seu tempo com vários projetos do Instituto, sem uma gestão unificada para este fim. A existência de um único sistema compartilhado com outras equipes de pesquisa e aplicação foi um fator limitante para o desenvolvimento e disponibilização das novas técnicas. Em 1979 grupo de Ciência da Computação que atuava no desenvolvimento das rotinas de tratamento de imagens, passa a ficar alojado no recém construído Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais que também abrigava o I-100. Outros grupos compartilhavam o mesmo sistema para desenvolvimento de visualização de imagens de satélites meteorológicos.

Um evento determinante do futuro se dá em 1981, quando a Secretaria Especial de Informática (SEI), com base nos instrumentos legais de então, consulta o INPE sobre a possibilidade de desenvolver sistemas para processamento de imagens compatíveis com os da IBM, com base em tecnologia nacional de minicomputadores. Este pedido acelerou o processo em curso no INPE de formalizar a gestão para essas funções. O Diretor da época apoiou a organização interna das equipes e estimulou a criação de uma empresa – ENGESPACO – que seria um braço industrial e comercial para os produtos do INPE (Freitas; Escada, 2009, pág. 165). Percebe-se aí uma visão de inovação, que mais tarde se perderia pelas mudanças contínuas da tecnologia de informática, falta de escala, e mudança nos modelos institucional e de gestão e marco legal.

Em 1984 é finalmente criado na Coordenação de Observação da Terra, o Departamento de Processamento de Imagens, DPI, (mais tarde divisão), formada por técnicos em software e hardware com origem em diferentes unidades do INPE. O objetivo era sistematizar e dar um gerenciamento formal ao desenvolvimento das práticas de processamento de imagens (e mais tarde também Ciência da Geoinformação). O DPI, além do desenvolvimento de tecnologia, deveria estabelecer um programa de pesquisa e formação de pessoal, e projetos cooperativos com universidades e instituições públicas ou privadas. A combinação multidisciplinar entre engenheiros e analistas de software com pesquisadores do

Departamento de Sensoriamento Remoto de diferentes formações (geólogos, geógrafos, engenheiros agrônomos, engenheiros florestais, urbanistas, oceanógrafos, biólogos e ecólogos), asseguraria o desenvolvimento da funcionalidade em processamento de imagens com base, desde sua concepção, ou seja, com requisitos desenhados em conjunto com usuários potenciais que eram ao mesmo tempo os testadores das rotinas computacionais que eram desenvolvidas. Um aspecto forte da criação deste departamento era a perspectiva do desenvolvimento autônomo, ideal do modelo estratégico de P&D do INPE desde sua criação e em linha o modelo de substituição de importação vigente no estado.

Os algoritmos do I-100 passam então a ser adaptados pra um minicomputador nacional, um CISCO (Freitas; Escada 2010, pág. 175) e na seqüência para o primeiro microcomputador pessoal adquirido pelo INPE, um IBM-PC.

Entre 1986 e 1992, surge como principal resultado tecnológico o desenvolvimento do Sistema de Tratamento de Imagens, SITIM e do Sistema de Informações Geográficas, SGI (Figura 4), integrando imagens a mapas. O sistema operacional era MS-DOS, e o hardware agregava uma placa gráfica desenvolvida pelo grupo de hardware (e comercializada pela ENGESPACO). A base era então um PC, acoplado a uma Unidade de Visualização, UAI, que vinha em desenvolvimento desde a década anterior para as imagens meteorológicas (Souza et al., 1990). Os dois sistemas passaram a operar de forma integrada, dando origem ao que veio a ser conhecido como sistema SITIM/SGI. Este equipamento foi utilizado por 150 universidades e institutos de pesquisa até 1994.



Figura 4 – Sistemas SITIM e SGI. Inovação do final da década de 1980.

O período de 1984 a 1992 marca assim o primeiro estágio das capacidades tecnológicas inovadoras, Nível 3, com projeto, desenvolvimento de software e hardware para aplicações geográficas, que foram comercializados pela indústria para universidades e institutos de pesquisa. O capital humano aqui inclui cientistas e tecnologistas oriundos de

áreas como engenharia elétrica e afins e cientistas/engenheiros de computação. Interessante notar como, há 25 anos, a ideologia, o modelo de gestão suportado em práticas de aprender fazendo (“learning by doing”) e o do desenvolvimento estratégico da capacidade, alavancou P&D e Inovação em técnicas de Processamento de Imagens e Geoinformação, associando o instituto à indústria, que pode ser modelo para a retomada das iniciativas de inovação de agora com o novo marco legal e dos instrumentos de política setorial do estado brasileiro (Fundos setoriais, FINEP e outros).

O início dos anos 90 marca o fim da reserva de mercado e a abertura comercial. A tecnologia muda, o hardware e interfaces gráficas evoluem e a equipe do DPI revisa o projeto SITIM. A equipe de hardware perde sua função e migra para software (ou para outras áreas do INPE e mais tarde alguns deixam o Instituto). Em 1991, tem início o desenvolvimento do SPRING combinando idéias de "campos" e "objetos geográficos", antecipando em quase 10 anos a implementação de soluções semelhantes em sistemas comerciais (Câmara et. al, 2007). São feitas iniciativas de licenciamento para empresas como a IBM, mas o mercado se revela frágil. A partir de 1996, o software foi liberado via Internet. Desde o início de sua disponibilização na WEB até hoje, O SPRING já foi obtido por mais de 140000 usuários no mundo inteiro (em agosto de 2010 atingiu o recorde de 2160 novos cadastros num único mês). Além do Português, possui versões em Inglês, Espanhol e Francês.

Do início do desenvolvimento do SPRING em 1991 ao final da década, marca o estágio em atingimos o nível intermediário de capacidades inovadoras, Nível 4. Este período é caracterizado por P&D e Inovação com a integração das funcionalidades de tratamento de imagens e de informações geográficas para estações UNIX e posteriormente microcomputadores com o sistema WINDOWS, com redução de custos tanto para o INPE como para os usuários, ampliando o mercado. A infra-estrutura se modernizava, e condicionantes externas interferiam na gestão e na estratégia da OBT (como de resto em outras áreas do Instituto). Uma delas foi o plano de carreiras de C&T, valorizando a titulação em Pós-Graduação para efeito de remuneração, o que fez com que grande parte dos colaboradores se afastasse de suas atividades para se titular. Muitos jamais voltariam a ser programadores senão de rotinas de pesquisa, após concluírem sua pós-graduação. Há, portanto, uma redução do número de desenvolvedores, mas o capital humano não muda em relação aos perfis dos profissionais que o compõem.

A disciplina de Geoinformação seguia em processo de mudança acelerada como apontam Câmara e Fonseca, (2007). Em particular o surgimento de Sistemas de Gerenciamento de Bases de Dados “objeto-relacionais”, que além da construção de bancos de

dados geográficos, facilitava o gerenciamento tanto dos atributos como das geometrias de dados espaciais. Esta integração permitiu a transição dos sistemas monolíticos (com suas centenas de funções) para uma geração de aplicativos geográficos pequenos voltados para atender necessidades específicas e customizadas.

Um esforço adicional e paralelo foi o de disseminar os produtos atraindo os potenciais usuários desta tecnologia e ainda oferecer condições para formá-los e treiná-los no uso de SIGs. Desta forma, segundo Câmara (1996), a equação proposta para atingir os resultados esperados estaria expressa da seguinte forma: “resultados_SIG = software + metodologia + qualificação de usuário”. Certamente esta equação retroalimenta a inovação do INPE: quanto mais usuários maior e melhor a justificativa para continuarmos avançando.

Mais tarde, em 2000, a OBT iniciou o desenvolvimento da *TerraLib*, biblioteca de funções de código aberto para suportar aplicações inovadoras em Geoprocessamento (www.dpi.inpe.br/Terralib). A *TerraLib* desenvolveu-se com ênfase no uso de SGBD para armazenar todos os tipos de dados geográficos e código aberto, com a visão de que quanto maior a comunidade de desenvolvedores, mais rapidamente “bugs” são descobertos, tratados e eliminados (Câmara e Fonseca, 2007). A visão é a de fazer com que a *TerraLib* seja o LINUX dos SIGs, rompendo o paradigma tecnológico atual do mundo geográfico: ambientes de desenvolvimento de aplicativos geográficos baseados em sistemas proprietários.

Este novo *modus-operandi* já incorpora a gestão baseada no conhecimento especializado necessário que já não mais se encontra apenas no INPE, mas distribuído em outros departamentos universitários, em firmas incubadas em universidades e outros institutos de pesquisa e em pequenas empresas de “software” voltadas para atender setores de alta complexidade, como no caso do espacial. A OBT atua como núcleo de referência e de liderança e como instrumento de desenvolvimento a partir de um orçamento consolidado no Programa Nacional de Atividades Espaciais. Essa condição tem garantido capacidade de contratação de serviços de ampliação da capacidade da biblioteca *TerraLib* e seus derivados, fomentando e consolidando parcerias. Já são vários produtos derivados da tecnologia *TerraLib* que estão no mercado: *TerraView*, *TerraSaude*, *TerraCrime*, *TerraAmazon* e *TerraME* (www.dpi.inpe.br). Assim, estamos entrando hoje na fase avançada do nível de capacidades inovadoras para a tecnologia de Geoinformação, o Nível 5. Ela se faz com forte aporte da rede de desenvolvedores de código aberto, ao mesmo tempo em que o núcleo de base da biblioteca *TerraLib* continua sendo fomentado através de contratos específicos com firmas que já possuem know-how estabelecido neste campo. Ao atingir este nível da fronteira, o capital humano inclui engenheiros/cientistas de computação, eletricitas e afins,

matemáticos e estatísticos, tanto do INPE, como distribuídos em departamentos universitários e IPPs e m firmas parceiras.

O SPRING, com seus mais de 140.000 usuários, continua em desenvolvimento com novas interfaces e funções. O desenvolvimento é também realizado em parceria com firmas nacionais através de contratos gerenciados pelas equipes da OBT/DPI, na linha do que encontra, por exemplo, em Dantas e Bell, (2006, 2009), as chamadas redes de conhecimento. Para facilitar e acelerar ainda mais o seu desenvolvimento, o SPRING será disponibilizado também como código aberto em futuro próximo.

O percurso adotado desde o início pelo INPE neste processo, com mudanças de percurso e com condicionantes externas variáveis, resultou no nível avançado de capacidades inovadoras; alguns produtos estão no mercado (comercializados no início e gratuitos hoje, agregando valor na ponta das aplicações) e se tornaram o paradigma mundial ao combinar funções de extração de informações em imagens de satélites e de integração a bancos de dados geográficos.

5.3. Sensoriamento Remoto por Satélites Ópticos

Na tabela 3 está o modelo proposto para identificar e medir a capacidade da OBT de executar atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em informações de Sensores Remotos Ópticos para diferentes aplicações temáticas. Na seqüência, é descrita sua trajetória de desenvolvimento.

Tabela 3. Capacidades básicas (operacionais) e inovadoras em Sensoriamento Remoto da por Satélites ópticos.

Níveis de CT	Atividades que ilustram o nível de Capacidade Tecnológica
Nível 5 Inovador avançado	<p>P&D competitiva com produtividade científica e tecnológica comparável a média internacional nas suas áreas de atuação.</p> <p>Capacidade de participação/definição/especificação completa de missões de Sensoriamento Remoto orbital.</p> <p>Capacidade de associação com outros setores do estado ou da iniciativa privada para geração de produtos inovadores compartilhados de fronteira.</p> <p>Capacidade de resposta em todas as tecnologias de fronteira em Sensoriamento Remoto Ótico, incluindo alta resolução espacial e espectral.</p> <p>Capacidade de formação de RH em cursos <i>stricto</i> e <i>lato sensu</i>.</p>

	Capital humano com cientistas de várias áreas: geólogos, geógrafos, agrônomos, engenheiros florestais e agrícolas, engenheiros ambientais, físicos, ecólogos, biólogos, oceanógrafos e urbanistas
Nível 4 Inovador Intermediário	P&D competitiva com produtividade comparada à média nacional. Capacidade de associação com outros setores da instituição para projetos e desenvolvimento de produtos e/ou processos inovadores. Capacidade de formação de RH em cursos <i>stricto</i> e <i>lato sensu</i> . Capital humano com cientistas e tecnologistas de várias áreas: geólogos, geógrafos, agrônomos, engenheiros florestais e agrícolas, físicos, ecólogos, biólogos, oceanógrafos e urbanistas.
Nível 3 Inovador básico	Desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto “benchmarking” mundial para uso do estado e/ou da sociedade. Capacidade de formação de RH em cursos <i>stricto</i> e <i>lato sensu</i> . Capital humano com cientistas e tecnologistas de várias áreas: geólogos, geógrafos, agrônomos, engenheiros florestais e agrícolas, físicos, ecólogos, biólogos, oceanógrafos e urbanistas
Nível 2 Operacional renovado	Gestão para agregar valor aplicativo ao conhecimento das técnicas de sensoriamento remoto orbital. Início da capacidade de formação de RH em nível de pós-graduação. Capital humano com cientistas e tecnologistas de várias áreas: geólogos, geógrafos, agrônomos, engenheiros florestais e agrícolas, físicos, ecólogos, biólogos, oceanógrafos e urbanistas
Nível 1 Operacional básico	Capacidade de fotointerpretação de produtos obtidos por câmeras fotográficas e outros sensores remotos instalados em aeronaves. Gerenciamento de processos de aprendizagem no exterior, nas propriedades físicas e interpretação das imagens de satélites ópticos. Capital humano com cientistas e tecnologistas de várias áreas: geólogos, geógrafos, agrônomos, engenheiros florestais e agrícolas, físicos, ecólogos, biólogos, oceanógrafos e urbanistas

Em 1969, com a criação do projeto SERE, inspirado nas aplicações da tecnologia espacial que inspiravam os projetos da NASA, o INPE deu início às atividades de observação da Terra por satélites de sensoriamento remoto. Esta fase envolveu a capacitação de recursos humanos nos Estados Unidos para realizar missões de mapeamento dos recursos naturais do

território brasileiro a partir de fotos aéreas e dados dos satélites LANDSAT. Em 1970, foi realizada a primeira missão de sensoriamento remoto no Brasil com sensores óticos, cujo objetivo era detectar a ferrugem nos cafezais em MG. O período de 1969 a 1974 é caracterizado como aquele em que foram contratados RH em várias disciplinas das geociências, que passam por programas de aprendizagem da tecnologia de observação remota da Terra por Sensoriamento Remoto Óptico. As aplicações estavam no mapeamento dos recursos naturais renováveis e não-renováveis. Houve investimentos para capacitação no uso da tecnologia disponível para aquele momento. Na métrica desenhada, este período é o estágio básico das capacidades operacionais, Nível 1.

Em 1972, para sustentar o desenvolvimento de massa crítica, o INPE criou o programa de pós-graduação em Sensoriamento Remoto, ao nível de mestrado. Em 1974, imagens LANDSAT começaram a ser utilizadas para mapear o desmatamento na Amazônia (Tardim et al., 1980). Em 1978, foi realizado o primeiro Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, no qual foi apresentado o primeiro trabalho sobre o desmatamento na região amazônica a partir de imagens de satélite. Com a recepção direta de dados de satélite numa estação própria, a aquisição de um sistema de processamento de imagens (I-100) e a capacitação no seu uso, a OBT atingiu nesta década o Nível 2 (operacional renovado) das capacidades aplicações de imagens de sensores óticos multiespectrais (com bandas espectrais no visível, infravermelho próximo e infravermelho média (0,4 a 2,5 μm). Seus pesquisadores publicavam tanto na literatura nacional quanto internacional (de forma tímida) e já havia orientação para as demandas da sociedade (segurança alimentar, monitoramento de mudanças de cobertura do terreno, como desmatamento, entre outras). Na Figura 5 é ilustrada uma das primeiras matérias da revista Veja citando o uso de satélites para mapeamento do desmatamento na Amazônia, em 1978.

Nas décadas seguintes o INPE passou a receber, armazenar e distribuir dados orbitais de séries de satélites ambientais e meteorológicos americanos e europeus. A relevância do INPE, e, por conseguinte da OBT, no suporte ao debate das questões ambientais tornou-se cada vez maior. Nesta linha de benefícios sociais com ênfase ambiental, podem ser citados, entre outros, o Projeto Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, (www.obt.inpe.br/prodes) lançado em 1988, o projeto de Detecção de Queimadas e Monitoramento da Mata Atlântica iniciado em 1990, o Projeto Mapeamento e previsão da safra da cana-de-açúcar, (www.dsr.inpe.br/mapdsr) em 2003, o sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real, (www.obt.inpe.br/deter) e o Mapeamento da Sensibilidade Ambiental ao Óleo, e o Projeto Balanço de Carbono nos Reservatórios de FURNAS Centrais

Elétricas, www.dsr.inpe.br, ambos em 2004. Todos esses projetos são inovadores nos seus processos combinando conhecimento especializado e técnicas de geoinformação (PRODES, CANASAT, SOS Mata Atlântica) e integração de tecnologias múltiplas (balanço de carbono com geosensores e tecnologia espacial, projeto Furnas). Existem muitos outros exemplos de processos inovadores como o cruzamento de imagens e campos de interesse geofísico usados por clientes como a Vale do Rio Doce, Petrobrás e outros. Em 1985, a OBT amplia sua formação de RH e passa a oferecer cursos internacionais de especialização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (Pós-Graduação *lato sensu*, hoje em sua 22ª edição).



Figura 5 – Matéria da revista *Veja* de 1978 sobre apresentação do primeiro trabalho utilizando imagens de satélite no mapeamento do desmatamento da Amazônia durante o primeiro Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.

Cabe mencionar a atuação da OBT no programa *Earth Observation System* da NASA, quando vários pesquisadores participaram de projetos para a definição de carga útil dos

sensores óticos dos satélites “Terra” e “Acqua”, da calibração e desenvolvimento dos produtos processados com significado de medidas físicas. Posteriormente, houve também a participação da OBT na concepção e implementação do projeto internacional liderado pela NASA “Large Scale Biosphere Atmosphere”, LBA (1996-2007), que resultaria no maior progresso sobre o conhecimento científico do funcionamento da Amazônia como entidade regional. A grande maioria dos pesquisadores e tecnólogos titulou-se ao nível de doutoramento dentro e fora do país. O Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, organizado pela OBT mostra contínuo crescimento da comunidade brasileira. O último, em sua 14ª edição, contou com mais de 1600 inscritos sendo quase 200 estrangeiros. Seus anais somam mais de 8000 páginas e mais de 1000 trabalhos publicados (ver em www.dsr.inpe.br/sbsr2009/). Pode-se caracterizar o período de 1990 a 2010 como a fase em que a OBT atingiu os Níveis 3 e 4 das Capacidades Inovadoras (básico e intermediário) em processos para extração de informações de sensores óticos e suas aplicações. Alguns produtos, como o PRODES (técnicas sistematizadas para mapeamento de desmatamento da Amazônia) associados ao inovador *TerraAmazon* (gestão de dados geográficos com funções customizadas para detecção de desmatamento, desenvolvido a partir da nossa biblioteca *TerraLib*, através de parceria externa) se tornaram “benchmarking” mundial e estão hoje sendo transferidos através da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) para países tropicais interessados em monitorar seus ecossistemas florestais. Em artigo na prestigiosa *Science*, KINTISCH (2007) afirma que sistema de monitoramento do INPE (OBT) é a inveja do mundo.

O programa de pós-graduação em Sensoriamento Remoto atingiu o conceito 6 da CAPES em 2007, incluindo o nível de Doutorado, mostrando sua excelência conquistada ao longo de 38 anos.

Resumindo, a partir da contratação de graduados em geociências e áreas correlatas, foi feito um esforço consistente de aprendizagem em Observação da Terra por Sensoriamento Remoto Óptico. Esta capacitação básica possibilitou um avanço para a geração de conhecimento especializado em áreas temáticas com o domínio de soluções integradas na extração rotineira de informações de dados de satélites. Neste esforço a interdisciplinaridade já é valorizada, com uma diversidade de competências individuais imprescindíveis para resolver problemas complexos. A produção competitiva de trabalhos científicos revisados por pares é um resultado satisfatório. Também importante tem sido a associação com grandes empresas estatais e privadas para pesquisa conjunta (por exemplo, Vale do Rio Doce, Petrobrás e EMBRAPA), a participação em redes de pesquisa nacionais e internacionais, a

capacidade de competir para editais de Institutos de pesquisa nacionais e o grande número de projetos temáticos aprovados e executados. Um dado importante é que mais de 50% dos pesquisadores com bolsa de produtividade de pesquisa do CNPq para o que contribui mantermos uma Pós-Graduação com conceito elevado (6).

Nossa contribuição para o desafio do desenvolvimento sustentável inclui nossos programas de satélites de observação da Terra e suas aplicações. A OBT quer continuar a dar respostas importantes em áreas como energia, agricultura, ecossistemas, saúde, segurança, gestão de cidades e planejamento territorial, incorporando processos inovadores à economia. Para atingir graus mais avançados de capacidade neste segmento, a OBT deve se aliar a outras áreas do INPE para ser capaz de definir/especificar/operar/acompanhar projetos de missões de satélites orbitais de Sensoriamento Remoto e de se aliar à indústria para o desenvolvimento de sensores ópticos e produtos aplicativos. Produtos e processos como o sistema operacional de monitoramento por satélites e o *TerraAmazon*, sem equivalente mundial, ainda são em pequeno número. Sendo trabalhos científicos produtos centrais, a produtividade deve atingir níveis iguais aos da média mundial nas áreas do conhecimento em que a OBT está inserida (os relatórios anuais de produção científica da OBT estão em www.obt.inpe.br).

Repetindo os macroprocessos anteriores, neste segmento envelhecimento dos quadros de carreira também preocupa. A maioria do pessoal da carreira de C&T que aqui atua tem 30 anos ou mais de INPE e poderia se aposentar nos próximos anos. A retração do capital de RH aponta para a necessidade de convencimento das autoridades do estado brasileiro sobre a necessidade de reposição urgente de novos talentos treinados para atuar no núcleo das redes lideradas pelo INPE, com dados sobre como a retração do capital humano pode afetar a capacidade tecnológica desta unidade (do INPE). O capital humano para todos os níveis inovadores desta função tecnológica é fundamentalmente multidisciplinar incluindo cientistas e pesquisadores de várias áreas das geociências, geografia, ciências agrárias (agrônomos, engenheiros florestais, engenheiros agrícolas e ambientais) física, ecologia, biologia, oceanografia e planejamento urbano.

Um exemplo de inovação em observação da Terra, inserida no posicionamento estratégico da OBT em mudanças globais e energia, é a instrumentação integrada para medir fluxos de gases de efeito estufa em reservatórios. No início da década de 1980, o pequeno grupo de oceanografia da OBT/DSR implementou pioneiramente no Brasil a instrumentação oceanográfica, desenvolvendo e lançando bóias meteoceanográficas no mar. Já na década de 1990, pesquisadores e engenheiros do INPE, em parceria com a Universidade do Vale do Paraíba, desenvolveram uma bóia que para monitoramento hidrológico em geral e que pode

ser fundeada e instrumentada para medidas meteoceanográficas. São medidas de observação da Terra “in situ”, e os dados gerados pelos instrumentos das bóias são automaticamente enviados para “transponders” a bordo dos satélites (como os da série CBERS e dos Satélites de Coleta de Dados (SCD) desenvolvidos pelo INPE) e então enviados de volta para uma estação de recepção de dados em Cachoeira Paulista, onde são tratados, armazenados e disponibilizados aos usuários. Esta tecnologia foi transferida para uma empresa do setor espacial e vem sendo continuamente aprimorada. O Sistema Integrado de Monitoração Ambiental - SIMA – como hoje é chamado, é assim um produto conjunto de hardware e software desenhado para a coleta de dados e a monitoração em tempo real de sistemas hidrológicos. Este sistema é também usado na medição de gases de efeito estufa em reservatórios (detalhes e publicações podem ser em <http://www.dsr.inpe.br/projetofurnas/>). Trata-se de um exemplo de produto multitecnológico que agrega conhecimento específico distribuído entre várias organizações de pesquisa, academia e indústria. Na sequência uma foto ilustrativa do equipamento em instalação em reservatório de uma usina hidroelétrica.



Figura 6 – O sistema SIMA em operação em reservatório de usina hidroelétrica.

5.4. Sensoriamento Remoto da Terra por radares Imageadores

Em comparação aos satélites ópticos, cujas imagens se parecem com fotografias digitais, os radares imageadores possuem atributos muito diferentes. Numa analogia simples, os satélites óticos apontam para o nadir e “fotografam” a Terra a partir do espaço captando a luz do sol refletida (visível e infravermelho), enquanto os radares imageadores, apontados em visada lateral, produzem e enviam uma onda eletromagnética (na faixa das microondas, ondas

de rádio também usadas em telecomunicações). Parte da energia é refletida pelos alvos da superfície terrestre de volta para a antena do radar e transformada em imagens através de um processamento muito mais complexo que o dos sensores óticos. Estes sistemas são desenhados para aplicações tanto oceânicas quanto continentais e suas especificações ótimas para uma ou outra aplicação são bastante diferentes. Hoje são conduzidas atividades de P&D usando radares para diferentes aplicações e a OBT recebe dados de satélites radares imageadores para monitoramento oceânico. Como vantagem em relação aos Sensores Óticos, os radares podem obter imagens mesmo na presença de nuvens (a atmosfera é transparente em microondas) e como são ativos podem obter imagens também a noite. Na seqüência, é proposta a métrica e os níveis de capacidade para esta função (Tabela 4).

Tabela 4. Capacidades básicas (operacionais) e inovadoras em Sensoriamento Remoto por sensores de radar.

Níveis de CT	Atividades que ilustram os níveis de capacidade
Nível 5 Inovador Avançado	Desenvolvimento de técnicas de detecção por radar na fronteira do conhecimento incluindo polarimetria e interferometria Capacidade de gerar processadores de imagens a partir de dados brutos dos sinais de microondas. Capacidade de formação de RH em cursos <i>stricto e lato sensu</i> . Capital humano inclui consultores, engenheiros eletricitas/eletrônicos, engenheiros/cientistas de computação, estatísticos, geógrafos, engenheiros florestais e agrícolas, oceanógrafos, ecólogos, biólogos.
Nível 4 Inovador Intermediário	P&D competitiva com produtividade científica comparável ou superior a média internacional Capacidade de associação com outros setores do estado ou da iniciativa privada para geração de produtos inovadores compartilhados, incluindo software especializado para tratamento de imagens de radar. Capacidade de formação de RH em cursos <i>stricto e lato sensu</i> . Capital humano inclui engenheiros eletricitas/eletrônicos, engenheiros/cientistas de computação, estatísticos, geógrafos, engenheiros florestais e agrícolas, oceanógrafos, ecólogos, biólogos.
Nível 3 Inovador	P&D competitiva em técnicas de extração de informações de imagens radar, com produtividade comparada à média nacional,

básico	Capacidade de formação de RH em cursos <i>stricto e lato sensu</i> . Capital humano inclui engenheiros eletricitas/eletrônicos, engenheiros/cientistas de computação, estatísticos, oceanógrafos, engenheiros florestais e agrícolas
Nível 2 Operacional renovado	Capacidade análise crítica para responder a anúncios de oportunidade e participar de experimentos internacionais. Capital humano inclui oceanógrafos, engenheiros florestais e agrícolas, engenheiros cartógrafos e geógrafos
Nível 1 Operacional básico	Conhecimento básico da física do sensoriamento remoto por microondas para observação da Terra, para compreensão dos aspectos geométricos e das características dos alvos na sua detecção por microondas Capital humano inclui oceanógrafos, engenheiros florestais, engenheiros cartógrafos e geógrafos

O INPE sempre foi também pioneiro no país da área de observação da Terra por radares imageadores orbitais. No início da década de 1990, passou a receber as imagens dos satélites da Agência Espacial Européia, ERS-1 e depois ERS-2 (<http://earth.esa.int/ers/satconc>), que operavam em configuração ótima para aplicações oceanográficas (banda C, apontamento da antena a 23°). As imagens, então comerciais, foram pouco usadas mesmo internamente, pois não havia capacitação para o seu uso e não foi criado um programa de aprendizagem abrangente como o que fora estabelecido para os satélites ópticos. Não havia uma gestão orientadora e poucos pesquisadores se aventuravam neste campo. Entretanto, algumas iniciativas de alto nível ocorreram e começavam a ser incentivadas como estratégicas. Ainda na década de 1990, foram estabelecidos programas de cooperação internacional com o Centro Canadense de Sensoriamento Remoto com o qual desenvolvemos vários experimentos com intercâmbio de pesquisadores: SAREX, ADRO e GlobeSAR (ver, por exemplo, Paradella et al., 1998). Em 1988 pesquisadores do INPE foram selecionados pela NASA de forma competitiva (seleção de propostas de pesquisa) para fazer parte do time do experimento “Shuttle Imaging Radar-C”, terceiro experimento com radares imageadores completos em várias bandas e polarizações, levados a bordo do Ônibus Espacial americano. Este experimento durou quase uma década entre sua preparação e os últimos trabalhos publicados com seus resultados (Soares et. Al., 1997, Saatchi et al., 1997, Yanasse et al., 1997, Saatchi et al, 2007), com reuniões de avaliação anuais nos EUA e Europa que foram um enorme aprendizado para o grupo do INPE participante. Lançado em 1992, o

satélite Japonês JERS-1 (que seria seguido pelo JERS-2) produz mosaicos de todo o mundo em banda L e 37° de apontamento que são as configurações mais adequadas ao monitoramento continental, em especial florestas. Com isto, vários pesquisadores brasileiros (do INPE/OBT em especial) desenvolvem pesquisas em mapeamento de desflorestamento, biomassa e mapeamento da inundação em várzeas florestadas (Ver, por exemplo, Novo et al. 1996, Santos et al, 2006, Saatchi et al. 2007).

Pode-se considerar que na primeira metade da década de 1990, atingimos, ainda que com um grupo pouco numeroso, as capacidades operacionais nos níveis básico (Nível 1) e renovado (Nível 2), com cooperação internacional, publicações significativas em qualidade e com a capacidade de interpretar imagens e de, tecnicamente realizar classificações especializadas com base em rotinas estatísticas diferentes das dos sensores ópticos (ver, por exemplo, Dutra e Huber, 1999). Algumas funções básicas foram também incorporadas ao software SPRING como correção para representação em pixels regulares e georreferenciamento com mapas. Ressalte-se que o SPRING como programa de processamento digital de imagens continua sendo, fundamentalmente, um software para tratamento de imagens óticas.

Desde meados da década de 1990, foram criados os cursos de Sensores Remotos de Radar na Pós-Graduação em Sensoriamento da OBT. Várias dissertações e teses têm sido desenvolvidas como foco nas aplicações dos radares imageadores orbitais. Foram também desenvolvidas algumas rotinas para várias aplicações em desmatamento e biomassa, geologia, hidrologia. Hoje seguimos com pesquisa com os dados do satélite polarimétrico em banda L ALOS/PALSAR (também da agência espacial japonesa, JAXA), para incorporar estas imagens diretamente nos sistemas operacionais de mapeamento do desflorestamento da Amazônia (DETER e PRODES).

Assim nossa experiência em desenvolver classificadores especiais para distribuições não gaussianas típicas das imagens de radar, capacidade de formação de pessoas em mestrado e doutorado, nosso nível de produção científica acima da média brasileira (mas abaixo da mundial) nos leva ao Nível 3 (nível inovador básico). O capital humano aqui já agrega engenheiros com experiência em processamento digital de imagens, com conhecimento específico de propriedades de imagens de radar e alguns especialistas em aplicações diversas em terra (engenheiros florestais, ecólogos) e ambientes aquáticos (geógrafos, físicos, oceanógrafos).

Finalmente o INPE inaugura, em 1999, Em Cachoeira Paulista, uma estação de recepção de dados de satélites dedicada ao monitoramento costeiro e marinho. Ligada à Rede

Temática de Monitoramento Ambiental Marinho, a Estação de Sensoriamento Remoto Marinho recebe, processa, armazena e distribuir imagens do satélite europeu ENVISAT (“ENVIronment SATellite” da “European Space Agency”, ESA, ver em www.envisat.esa.int) que serão utilizadas para monitorar a costa brasileira. A estação atende também a demandas da Petrobras, que até então dependia das imagens adquiridas e processadas em estações de recepção no exterior, com maior custo operacional e mais tempo para obter as imagens, com impacto sobre as operações em situações de contingência. Ou seja, neste contexto, passamos a ser um nó da rede de operações da PETROBRÁS e estamos em posição de desenvolver e inovar em produtos customizados para a PETROBRÁS e outros interessados. A Estação de Sensoriamento Remoto Marinho recebeu recursos na ordem de R\$ 7 milhões da Agência Nacional de Petróleo. As imagens captadas nesta estação são processadas em tempo quase real (processamento NRT, acrônimo para “Near Real Time”). Em 30 minutos após a passagem do satélite as imagens são enviadas à PETROBRÁS e usadas no seu monitoramento de possíveis derramamentos de óleo na superfície do mar. Aqui adquirimos tecnologia de última geração do exterior, incluindo treinamento para a sua operação, mas sem qualquer desenvolvimento local.

Assim, comparado ao desenvolvimento observado para os Sensores Ópticos, a OBT avançou menos na capacidade de imageamento por Radar. Já existe, entretanto, no Brasil uma empresa de ponta neste segmento que detêm a tecnologia de construção de radares imageadores de última geração operando a bordo de aeronaves, que também avançou muito na incorporação das imagens de radar para fins de mapeamento. É esperado que o INPE desenvolva no futuro satélites de radar com a participação desta e de outras empresas com capacidades complementares neste segmento. Os vazios cartográficos da Amazônia estão sendo mapeados com o auxílio da tecnologia desta empresa. O INPE tem defendido no PNAE que o Brasil não pode mais prescindir desta tecnologia para satélites.

Em resumo, não foi possível atingir capacidades inovadoras nesta função para além do Nível 3. As principais razões para este desempenho aquém do potencial são duas: os satélites radares recebidos nas estações do INPE eram de aplicações oceanográficas com um grupo de pesquisadores reduzido em número e escopo e faltou esforço de gestão com investimento mais consistente em aprendizagem. O capital humano necessário para avançar para os níveis mais elevados de inovação nesta função tecnológica deve incluir consultores, Engenheiros eletrônicos/eletrônicos, engenheiros/cientistas de computação, estatísticos e profissionais de diversas áreas de aplicação terrestres e oceanográficas.

6. Análise crítica do processo de acumulação de capacidade tecnológica da OBT.

O exame apresentado na Seção anterior retrata o aprendizado da OBT ao longo de sua trajetória, na construção de sua capacidade tecnológica, ao longo de 40 anos. O estudo mostra que os avanços foram consideráveis para a tecnologia de observação da Terra por Sensoriamento Remoto óptico, a menos dos sensores hiperespectrais e de alta resolução. Avançamos menos em conhecimento e tecnologia de radares imageadores. Assim existe um conjunto de processos de observação da Terra, alguns em novas áreas do conhecimento e novas tecnologias espaciais, para as quais o INPE ainda deve se desenvolver para continuar na liderança. A análise da trajetória e estágio atual da capacidade tecnológica da OBT confrontada aos desenvolvimentos mais recentes deste campo, evidência que será necessário estabelecer ações estratégicas para vencer uma série de lacunas e permanecer na fronteira nas capacidades inovadoras avançadas. Quando se confronta a trajetória de acumulação de capacidade tecnológica da OBT à evolução de seu capital humano é fácil perceber que existe um risco latente de retração em vários de seus processos. Ao mesmo tempo em que a área foi construindo sua reconhecida capacidade com pesquisa, desenvolvimento e processos e produtos inovadores, aumentando sempre sua capacidade de resposta às demandas da sociedade, não houve planejamento suficientemente e não se foi capaz de implantar estratégias para garantir a capacidade atual e para os novos desafios da observação da Terra. Como anteriormente apontado, a dicotomia entre responsabilidades e capital humano é também verdade para o conjunto das unidades do INPE. Um exemplo dramático é o a área de Engenharia e Tecnologias Espaciais que tem na sua agenda construir e lançar um satélite a cada ano até 2020 (um dos objetivos estratégicos centrais do Instituto) pode perder 50% de seu quadro até 2016.

Em adição a componente do capital humano, como base para estabelecer a capacidade tecnológica necessária para os próximos anos, identificar suas lacunas e gerar insumos para um plano de ações que levem em conta a trajetória que a OBT deve seguir nos próximos anos, o posicionamento estratégico da OBT (INPE, 2007) foi revisitado com a seguinte pergunta central: “O posicionamento estratégico continua pertinente e todos são pontos continuam relevantes?” Quarenta e oito colaboradores da OBT responderam questionário eletrônico atribuindo graus de um (1 - menor) a quatro (4 - maior) para a relevância relativa de cada tema de posicionamento: 1) Programa Nacional de Atividades Espaciais, PNAE; 2) Planejamento para enfrentamento de mudanças climáticas globais; 3) Atividades de

contingência relacionadas a desastres ambientais naturais; 4) Desenvolvimento do agronegócio, energias renováveis, silvicultura, prospecção de recursos geológicos; 5) Evolução da cadeia produtiva espacial do Brasil; 6) Construção do valor institucional e do relacionamento com outras áreas do INPE; 7) Construção do relacionamento com o estado; 8) Construção de redes e parcerias; 9) Atividades de defesa e segurança e, 10) Políticas sociais em saúde, desenvolvimento urbano, meio ambiente e segurança pública.

Na figura 7 está a síntese das respostas, em índices percentuais. Constata-se que o posicionamento estratégico continua importante para a OBT, no conjunto de seus temas. Destaca-se que Apoiar o Programa Nacional de Atividades Espaciais, PNAE, é visto pela área como de alta relevância para 80%, enquanto apoiar as atividades de defesa e segurança foi considerado de menor relevância para quase metade dos respondentes (40% contra 60% que o consideram de alta relevância). Como o posicionamento estratégico orienta os objetivos e ações da OBT, a gestão da unidade para os próximos anos deve considerar todos os temas no seu planejamento de Recursos Humanos, para manutenção e/ou ampliação de seu capital humano e de sua capacidade tecnológica.

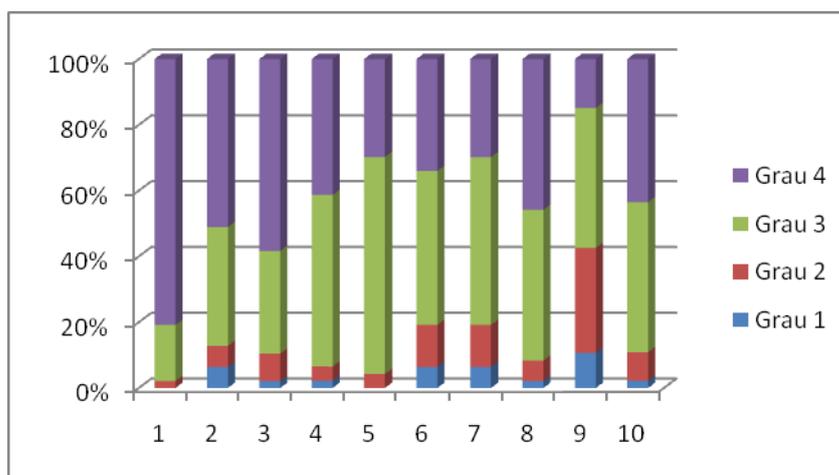


Figura 7 – Gráfico de colunas empilhadas de avaliação percentual do grau de relevância para as dez dimensões de posicionamento estratégico.

Na linha da análise da evolução e necessidades de capital humano e suas implicações para manutenção das capacidades tecnológicas da OBT, a figura 8 apresenta a distribuição etária dos colaboradores de carreira da OBT para as suas três divisões: Divisão de Sensoriamento Remoto, DSR, Divisão de Processamento de Imagens, DPI, e Divisão de Geração de Imagens, DGI. No eixo vertical está o número de colaboradores em cada classe de faixa de tempo na carreira, em classes com intervalo de 5 anos, atualizados para 2010. Esta representação sintética tem origem em informações contidas nas páginas oficiais das divisões.

Este quadro será usado na contextualização e análise das lacunas, para cada função tecnológica. O simples exame desta figura mostra, numa comparação alegórica com competições de revezamento, que são poucos os corredores para tomar o bastão.

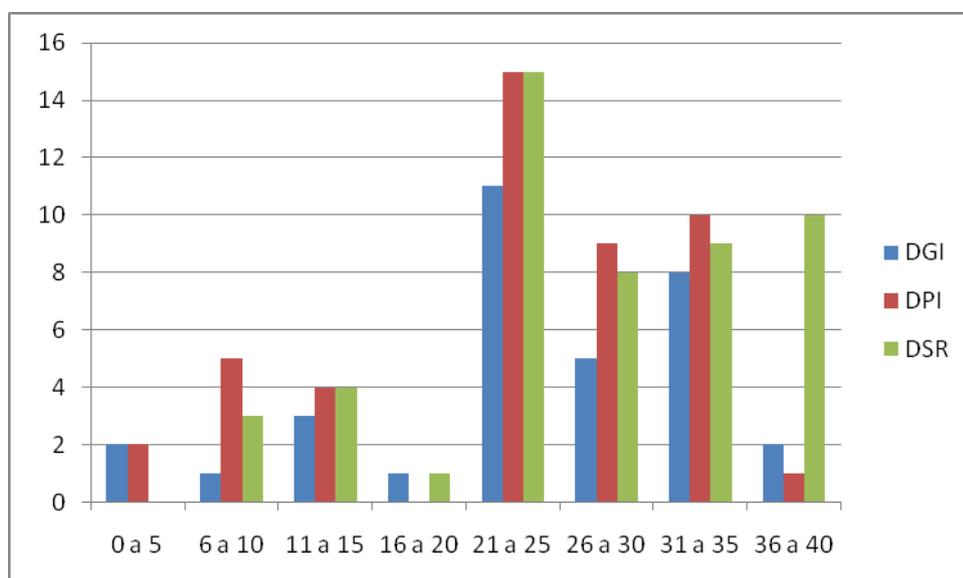


Figura 8. Número de funcionários de carreira das Divisões da OBT por classe de tempo de casa, em intervalos de 5 anos.

Para o propósito deste trabalho, o exame dos níveis acumulados e das lacunas de capacidade e dos riscos de descontinuidade tem maior enfoque no eixo horizontal da capacidade tecnológica, no capital humano e no sistema gerencial. Figueiredo (2009) sustenta ser esta dimensão mais importante para empresas e instituições tecnológicas de países emergentes, já que sistemas físicos podem ser adquiridos. O INPE tem, para muitas de suas funções, como as de observação da Terra, o seu capital humano como diferencial de capacidade tecnológica, com muita experiência acumulada, qualificação formal, seus conhecimentos das rotinas gerenciais e seu conhecimento tácito. Ao se enfatizar o capital humano como o maior fator de risco para a Capacidade Tecnológica da OBT, está-se assumindo que o DNA gerencial dessa unidade está intrinsecamente associado como parte do capital humano, e que modelos de gestão podem ser adaptados e adequados para diferentes situações de futuro. Entretanto, para o macroprocesso de Recepção, Processamento, Armazenamento e Distribuição de Imagens de satélites, o sistema físico é mais crítico e o mesmo será explicitado de forma apropriada.

6.1. Níveis acumulados de Capacidade Tecnológica no ciclo Recepção-Distribuição de Imagens.

Identificamos na Seção 5 que não atingimos os níveis de fronteira nesta capacidade. O sistema físico, o capital humano e gerencial são críticos para que se alcance e se mantenha nos níveis 4 e 5, garantindo tanto as funções operacionais quanto as de inovação. Embora esta função tecnológica seja transversal na OBT, a maior parte de seus processos e expertise estão alocados na Divisão de Geração de Imagens, DGI. A figura 8 mostra um padrão crítico de distribuição etária dos funcionários de carreira daquela divisão. Nada menos que 15 dos 33 funcionários possuem 25 anos ou mais de carreira. Até 2015, 16 deles podem se aposentar. A distribuição do quadro por classes de tempo revela novamente a situação de desequilíbrio; são 26 pessoas com mais de 20 anos em seus postos contra apenas 7 contratados nos últimos 20. Aqui são funções muito técnicas, práticas pouco documentadas, onde conhecimento tácito ganha mais importância e há risco de descontinuidade e de retrocesso para uma série de processos críticos desta capacidade. A situação é comprometedora tanto para vencer as lacunas para a fronteira das capacidades inovadoras (apontadas na Seção 5.1) como para manter as operacionais. Hoje a DGI conta com 7 engenheiros (podendo perder 5 até 2015) e 22 técnicos de operação (pode perder 10 nos próximos 5 anos), além de 4 analistas de gestão. Para avançar nos níveis 4 e 5 das capacidades inovadoras, o capital humano precisa incluir além de técnicos para operação em número suficiente para revezamento em turnos de trabalho para operação 24 horas/7 dias por semana, de engenheiros de desenvolvimento de áreas como cartografia, tecnologia da informação, eletrônica (e afins) tanto para sensores óticos quanto para radar, com expertise inclusive em processamento de sinais. O capital inclui a formação de parcerias estáveis para funções específicas, mas não há parceria de fato se não houver desenvolvimento compartilhado.

O sistema físico central da Capacidade Tecnológica do ciclo Recepção-Disponibilização de imagens aos usuários é o conjunto de antenas de recepção de imagens de Satélites e o Centro de Dados de Sensoriamento Remoto. Ambos requerem investimentos anuais vultosos de manutenção e ampliação (em ações orçamentárias do INPE sob responsabilidade de execução da OBT) e qualquer plano operacional futuro tem que levar esta necessidade em conta como insumo de entrada deste sistema específico.

6.2. Níveis acumulados de Capacidade Tecnológica em Processamento Digital de Imagens e Geoinformação.

Na estrutura de divisão de trabalho da OBT, a função tecnológica de Processamento Digital de Imagens e Geoinformação é de responsabilidade da Divisão de processamento de Imagens, DPI. Observa-se na Figura 8 acima que 20 de seus 46 funcionários de carreira

possuem 25 anos ou mais no quadros de carreira. Até 2015, dezesseis 16 deles podem se aposentar. A distribuição do quadro por classes de tempo revela outro ponto crítico; são 35 pessoas com mais de 20 anos em seus postos contra apenas 11 contratados nos últimos 20. A gestão dos processos de Processamento Digital de Imagens e Geoinformação (geotecnologias) já está orientada para uso das redes de conhecimento para desenvolvimento conjunto há pelo menos uma década com o estabelecimento de parcerias sólidas, como foi destacado na seção 5.2. Isto ocorreu muito em função da dinâmica de mudanças da tecnologia de informática aplicada ao desenvolvimento das geotecnologias, gerando inovação de enorme aceitação no mercado (usuários de técnicas e rotinas de observação da Terra). Sempre houve uma rápida adaptação às condições de contorno externas como as mudanças de hardware e sistemas operacionais, mudanças nas políticas setoriais e, sobretudo, com o aproveitamento necessário do conhecimento distribuído na academia e em empresas, uma rede sólida e parcerias que se tornaram cada vez mais fortes. Mas, para continuar líder e com capacidade de promover o desenvolvimento da rede, será necessário repor e qualificar novos quadros em suas carreiras. Qualquer plano de ação deve incluir entre suas ações estratégicas orientação para o trabalho em redes e para a inovação, agora com a sustentação de novo marco legal e de seus instrumentos (Lei de Inovação Tecnológica, Fundos setoriais, editais de suporte a inovação).

O capital humano necessário para manutenção desta capacidade na zona da fronteira tecnológica inclui engenheiros e cientistas de computação, engenheiros eletrônicos/eletrônicos, cartógrafos, estatísticos, matemáticos. Também inclui colaboradores de departamentos universitários e IPPs, consultores e firmas especializadas. A DPI deve manter um número mínimo de 30 engenheiros acima para se manter na fronteira e com capacidade para continuar inovando e formando RH tanto em cursos *stricto* quanto *latu sensu*.

6.3. Níveis acumulados de Capacidade Tecnológica em Sensoriamento Remoto Óptico

Mostrou-se, na Seção 5.3, que não se atingiu capacidades de fronteira em Sensoriamento Remoto por satélites óticos (atingimos os Níveis 3 e 4 para alguns processos, considerando a métrica proposta). Existem lacunas a serem superadas: novas tecnologias de dos sensores hiperespectrais e de alta resolução espacial, é preciso aumentar a produção científica e tecnológica de alto impacto e criar e fortalecer uma cultura de inovação para desenvolvimento compartilhado de produtos inovadores com a indústria do setor espacial.

Considerando o quadro de pessoal DSR, onde está maioria dos colaboradores responsáveis por PD&I em Sensoriamento Remoto de satélites óticos (compartilha a

responsabilidade do desenvolvimento de radares com a DPI), percebe-se de forma nítida que há risco de descontinuidade ao se verificar que nada menos que 27 dos 50 colaboradores possuem 25 anos ou mais de tempo de casa. Até 2015 estes 27 funcionários de carreira, em sua maioria Doutores, poderiam se aposentar. A distribuição do quadro por classes de tempo revela outro ponto crítico; são 42 pessoas com mais de 20 anos em seus postos contra apenas 8 contratados nos últimos vinte anos. Como e para quem transferir experiência e conhecimento tácito? Obviamente, existem inúmeras rotinas, trabalho, dissertações, teses, livros, trabalhos, anais e relatórios técnicos como informação codificada, mas há um comprometimento potencial muito sério na capacidade tecnológica para os próximos anos. É esperado que, para esta função tecnológica, a DSR possa manter um número mínimo de 30 pesquisadores/tecnologistas em diversas áreas de aplicação, incluindo biólogos, oceanógrafos, ecólogos, físicos, agrônomos, engenheiros florestais, geólogos e engenheiros ambientais.

6.4. Níveis acumulados de Capacidade Tecnológica em Sensoriamento Remoto por Radares

Em relação à Sensoriamento Remoto por satélites de radar (Seção 5.4), estamos ainda mais longe da fronteira da capacitação inovadora; atingimos o Nível 3 (inovador básico), formamos RH em nível de doutorado, desenvolvemos rotinas específicas para processamento de imagens de radar, publicamos boa ciência e participamos de experimentos relevantes, mas atuamos muito pouco em interferometria e polarimetria de radar. Portanto é necessário o fortalecimento da massa crítica com a contratação urgente de novos talentos e adequar o sistema gerencial criando um programa específico ou uma divisão dedicada.

O capital humano necessário para avançar para os níveis mais elevados de inovação nesta função tecnológica deve incluir consultores, engenheiros eletrônicos, engenheiros/cientistas de computação, estatísticos e profissionais de diversas áreas de aplicação terrestres e oceanográficas. Um grupo dedicado deveria ter cerca de 10 profissionais com perfis hoje alocados na Divisão de Sensoriamento Remoto e na Divisão de Processamento de Imagens (conhecimento em propriedades de imageamento e estatística das imagens radar, funções de processamento específicas para extração de informações das imagens. Haverá necessidade de gerenciamento para buscar projetos inovadores compartilhados com firmas nacionais, para desenvolvimento de sensores aerotransportados e seus processadores, como passo inicial para as tarefas de especificação, projeto e construção de satélites de radar no horizonte de uma década.

7. Proposta de ações estratégicas para manutenção e ampliação da Capacidade tecnológica da OBT

Na análise da seção anterior, o capital humano foi identificado como o fator crítico para a Capacidade Tecnológica da OBT. A situação leva a seguinte pergunta: como o posicionamento estratégico da OBT segue compatível com as trajetórias do INPE na próxima década (e além, se espera), quais são as ações estratégicas que devem compor o plano de ações da gestão da OBT para os próximos anos? Como insumos para uma reflexão mais cuidadosa para gestão, são propostas as seguintes ações estratégicas para a OBT, considerando o contexto discutido acima:

- 1) Para avançar nos processos de recepção a disponibilização de imagens as ações incluem:
 - i) apresentar uma plano para contratação emergencial (de curtíssimo prazo) visando evitar a descontinuidade de processos correntes, ii) mapear as competências individuais contextualizando-as na previsão de aposentadorias para um plano de reposição e de capacitação (de curto a médio prazo) estruturado, visando as capacidades inovadoras; iii) identificar oportunidades para continuar desenvolvendo produtos inovadores também para novos satélites de interesse do país, incluindo radares, trazendo a indústria para dentro da organização, à semelhança da estação de processamento distribuída; iv) recriar um grupo de desenvolvimento para orientar e liderar parcerias de desenvolvimento conjunto, v) continuar investindo na estrutura do sistema físico para estar sempre na fronteira em capacidade de recebimento e intercâmbio tanto de imagens processadas quanto de dados brutos.
- 2) Para avançar na capacidade Sensoriamento Remoto por de satélites óticos, as seguintes ações são relevantes: i) realizar uma análise crítica considerando as competências individuais (das pessoas) à luz de sua função nesta capacidade essencial da OBT, avaliando sua contribuição corrente e potencial, verificando eventuais necessidades de treinamento; ii) estabelecer programas de treinamento continuado em resposta a ação i; iii) identificar possíveis estoques de competências individuais para atuar nas lacunas de capacidade identificadas; iv) identificar oportunidades de inovação e incentivá-las; v) produzir um mapa de competências individuais atual e sua evolução no tempo considerando o quadro de previsão de aposentadorias para antecipar descontinuidades.
- 3) Para seguir avançando em Processamento Digital de Imagens e Geoinformação as ações também não se diferenciam muito das anteriores, mas tem suas especificidades: i) mapear as competências individuais situando-as no contexto de aposentadorias e ao mesmo tempo na disponibilidade e necessidade do conhecimento distribuído, para o plano de reposição;

- ii) criar um grupo de competência em algoritmos especializados para imagens de radar, trabalhando em conjunto com o grupo de pesquisa ou divisão em PD&I em radares imageadores; iii) continuar focando em inovação consolidando e fomentando novas parcerias para desenvolvimento compartilhado.
- 4) Finalmente, para avançar em PD&I em sensores radar: i) avaliar a criação de um programa ou de uma divisão específicos (ou ainda de um grupo orientado que seria a semente de uma futura divisão) com grupo mínimo e com metas de capacitação; ii) identificar possíveis parceiros na academia e na indústria nacional para ajudar no desenvolvimento compartilhado desta competência, iii) fomentar a cooperação com grupos de ponta nesta capacidade em várias aplicações como estimativa de biomassa florestal e modelos de terreno e medidas de deformação a partir de imagens interferométricas; iv) identificar o subgrupo mínimo para as várias linhas de PD&I neste segmento, incluindo software específico para informação temática de imagens de radar e, v) identificar oportunidades de inovação e implementá-las.

Um plano de ações estratégicas consistente deve incluir inovação como componente importante da agenda. Embora existam muitos exemplos já antigos de inovação na indústria e firmas de brasileiras e de países emergentes (Figueiredo (2009), IPEA (2009)), há pouco avanço de P&D das IPPs agregado à inovação tecnológica. Para o Brasil, o recente arcabouço legal e a política setorial para inovação surgem para mudar este quadro. Uma relevante análise sobre esse objeto pode ser encontrada em Matias-Pereira e Kruglianskas (2005). Estes autores oferecem uma discussão resultante de entrevistas com vários atores potenciais do processo (governo, academia, setor privado, congresso, juristas e pesquisadores) sobre se e como a nova Lei de Inovação poderá fomentar a criação de ambientes propícios à geração e absorção de inovações. Os autores concluíram que há contradições. Os gestores públicos se preocupam quanto a como controlar o tempo de seus profissionais e os produtos eventuais; parte dos pesquisadores teme que a pesquisa básica seja prejudicada, empresários estão mais interessados nos mecanismos de subvenção e renúncia tributária, juristas pedem maior clareza no marco legal. Parece claro que este arcabouço precisa ser ainda bastante experimentado para que seja possível identificar seus prós e contras e avançar. Por outro lado, nem sempre o financiamento de pesquisas e desenvolvimento para inovação garante sucesso; o risco de fracasso sempre é considerável. Um instituto como o INPE deve ter o balanço correto para que a gestão estratégica da inovação não implique em redução de sua capacidade de produzir pesquisa básica para avançar o conhecimento em seu domínio de atuação.

8. Conclusões

Este trabalho tratou da análise da trajetória de acumulação de capacidade tecnológica da Coordenação-Geral de Observação da Terra do INPE, OBT, considerando suas quatro grandes funções tecnológicas (os macroprocessos de sua cadeia de valor). Foi usado o esquema proposto por Figueiredo (2004, 2006, 2009) para estabelecer métricas para a capacidade tecnológica. A análise permite concluir que OBT avançou consideravelmente ao longo de 40 anos, atingindo níveis de capacidade inovadora, em maior ou menor grau, para todas as suas grandes funções. Foram identificadas e examinadas as lacunas e confrontadas ao capital humano da coordenação, em risco de retração, para gerar insumos para ações estratégicas visando manutenção e ampliação de sua capacidade tecnológica.

A tabela 5 apresenta de forma sintética os níveis de capacidade tecnológica atingidos para cada função tecnológica da OBT e as respectivas lacunas para o potencial considerado. Numa quarta coluna desta tabela são consideradas as prioridades de gestão. O capital humano será objeto das recomendações deste estudo, na próxima Seção. Na sequência a conclusão geral é especificada, com os principais marcos, para cada uma das funções,

Tabela 5. Níveis de Capacidade Tecnológica (CT) da OBT (atuais, lacunas e necessidades) e prioridades para gestão da OBT

<i>Função Tecnológica</i>	<i>Nível de CT</i>	<i>Lacunas e necessidades</i>	<i>Prioridade para gestão</i>
Ciclo Recepção-distribuição de imagens	3	Grupo de desenvolvimento com capacidade para atuar no desenvolvimento/operação de estações de todos os tipos de satélites, ópticos, radares e ambientais Sistema físico com escalabilidade e capacidade operacional para suportar operação de centro de dados de classe mundial (7 dias/24 horas)	Capital humano e sistema físico
PDI e Geoinformação	5	Manter capacidade de indução e desenvolvimento com conhecimento distribuído	Capital humano

SR Óptico	4	Criar capacidade sistemática de definir/participar de missões de satélites de observação da terra Ampliar desenvolvimento de produtos inovadores compartilhados inerentes às atividade espaciais	Capital humano
SR Radar	3	Desenvolvimento de software para tratamento de imagens radar Desenvolvimento de capacidade para as aplicações de fronteira como interferometria e polarimetria Capacidade para desenvolver produtos inovadores compartilhados com a indústria	Capital humano

1) Foi atingido o Nível 3 (Inovador básico) de capacidade tecnológica nas operações de Recepção, Processamento, Armazenamento e Distribuição de imagens de satélite. Foi desenvolvido um sistema de processamento distribuído de alto desempenho para múltiplos satélites que é “benchmarking” mundial, mas existem lacunas para a linha de fronteira; a OBT precisa ser capaz de desenvolver processadores para outros tipos de satélites, como radares e ambientais. O sistema físico, que requer investimento constante para manutenção das antenas e ampliação dos equipamentos do centro de dados, e o capital humano devem ser prioritários para a gestão nesta função.

2) Para a capacidade em Processamento Digital de Imagens e Geoinformação, atingimos a capacidade inovadora no Nível 5, com vários produtos no mercado. A constante busca de autonomia e a orientação de gestão em “aprender fazendo” foram fundamentais para o sucesso que se obteve neste macroprocesso. Será necessário continuar na estratégia atual de desenvolvimento em parceria com a indústria. O capital humano deve ser a ênfase de gestão.

3) Também se avançou para níveis inovadores (Nível 4, inovador intermediário) nas rotinas, técnicas e conhecimento para extração de informações de sensores ópticos de satélites.. Publicamos nos melhores periódicos nacionais e internacionais e desenvolvemos métodos operacionais resultantes de P&D que se tornaram referência mundial, como o sistema PRODES e o *TerraAmazon*. Temos que avançar com participação sistemática nas especificações, desenvolvimento e operações de missões espaciais, e na busca de inovação compartilhada com a indústria na área de sensores. O capital humano deve ser a prioridade de gestão para esta função.

4) Para capacidade tecnológica em Sensoriamento Remoto por Radares imageadores e suas aplicações, nada se avançou além do Nível (inovador básico), com um número reduzido de técnicas e processos assimilados pela comunidade de usuários. Esta área é mais recente e mais complexa. A prioridade de gestão nesta função é o capital humano e o sistema gerencial; será necessário criar um programa e mais tarde uma divisão com responsabilidade sobre esta função específica.

O trabalho também mostra que o tempo de maturidade é muito longo e permite entender que a taxa de acumulação não é linear. O desafio agora para a OBT é ser capaz de continuar na liderança vencendo as lacunas detectadas e incorporando novas habilidades num cenário cada vez mais complexo e de eminente retração do capital humano, em que será necessário implantar uma gestão adequada ao trabalho cooperativo e conhecimento distribuído, sem deixar de fortalecer a casa como núcleo líder em suas redes.

9. Recomendações para a OBT e para o INPE.

Usando os insumos deste trabalho como ponto de partida, recomenda-se que a OBT examine em profundidade sua capacidade tecnológica e suas lacunas, considerando suas funções tecnológicas e seu capital humano. Como contribuições para este exame e plano de ações resultante seguem minhas recomendações para cada uma das quatro grandes funções tecnológicas da OBT.

Para manter o atual nível de capacidade tecnológica no ciclo Recepção-Distribuição de imagens, A OBT/DGI precisa recompor seu capital humano com a contratação de 4-6 técnicos para funções operacionais de recepção de dados brutos (estações), (e outros 4-6 ao longo dos próximos 5 anos), considerando envelhecimento e necessidade de transferência de conhecimento tácito, e a necessidade de manter funções de controle de qualidade e operação na produção de imagens. Para avançar para os níveis avançados de capacidade inovadora será necessário formar uma equipe mínima de 5 a 7 cientistas de computação e de sistemas de informação, geógrafos, cartógrafos e engenheiros eletrônicos, a partir de recrutamento ou “joint appointments” com outros setores do INPE. Será também necessário ampliar a dotação orçamentária para modernização e manutenção das antenas (e equipamentos de ingestão e outros) e crescimento contínuo da capacidade do centro de dados (robôs, unidades de disco, computadores).

Para manter a capacidade de fronteira em Processamento Digital de Imagens e Geoinformação a OBT/DPI deve recompor seu RH em número de 2-3 engenheiros/cientistas de computação, e/ou de engenheiros eletrônicos, ao longo dos próximos 5 anos, para manter número mínimo de pesquisadores e tecnologistas atuantes em processamento digital de Imagens e Geoinformática, para pesquisa de novos métodos e funções e para incorporação no desenvolvimento continuado e compartilhado dos softwares de domínio público; Outros 3-4 profissionais (no perfil acima) devem ser agregados no desenvolvimento em software aberto com compartilhado com colegas de departamentos universitários e Instituições Públicas de pesquisa para aplicações customizadas. A OBT precisa também manter a capacidade de fomentar o desenvolvimento de firmas brasileiras para as geotecnologias sob sua liderança, a partir de alocações orçamentárias específicas.

Para manter a capacidade em Sensoriamento Remoto Óptico, a OBT/DSR precisa de imediata reposição imediata de quadros (4-6) em várias áreas do conhecimento, como físicos, engenheiros agrícolas, engenheiros agrônomos e florestais, engenheiros ambientais, para

manutenção da capacidade atual nos seus temas de posicionamento estratégico. Outros 3-4 profissionais, nos perfis acima, devem ser recrutados nos próximos 5 anos. Para atingir os níveis mais elevados de capacidade tecnológica, a gestão da OBT/DSR deve incentivar a participação do RH nas especificações, desenvolvimento e operações das missões dos satélites nacionais de observação da terra, promover projetos de inovação compartilhados com a indústria (por exemplo, de câmeras e sensores ópticos) e o setor de serviços que atua no segmento de aplicações de sensoriamento remoto orbital, e incentivar a pesquisa e o desenvolvimento das novas tecnologias de sensores hiperespectrais e de alta resolução espacial.

Para seguir em seu estágio atual a capacidade em Sensoriamento Remoto por radares, a OBT (DSR e DPI) precisa manter nesta função cerca de 8-10 engenheiros eletricitistas/eletrônicos, estatísticos, engenheiros agrícolas, ambientais, florestais, geólogos e oceanógrafos. Para avançar para os níveis mais altos de capacidade inovadora, a gestão da OBT deve criar um programa específico e posteriormente de uma divisão dedicada. Será necessário incentivar a incorporação das técnicas mais avançadas de sensoriamento remoto por radar e suas aplicações, como interferometria, polarimetria, e o desenvolvimento de software com as funcionalidades dos que existem no exterior, para disponibilizá-los aos usuários brasileiros, a exemplo do que é feito para as imagens dos sistemas ópticos.

Os sistemas gerenciais da OBT e do INPE, embora hoje adequados quanto à estrutura vertical de suas unidades e divisões e horizontal nos seus programas, devem estar muito atentos às mudanças contínuas de tecnologia, e à oferta cada vez maior de conhecimento compartilhado e os instrumentos e marcos legais para inovação. O sistema gerencial deve olhar de forma aguçada para o capital humano e a gestão do conhecimento para que o desenvolvimento das capacidades seja fomentado sempre com a visão da fronteira.

Embora a preocupação com capital humano permeie este trabalho, não se faz aqui um exame completo e profundo de como os vários processos das quatro grandes funções tecnológicas seriam afetadas com a retração do capital de RH em suas competências individuais. Assim, é recomendável que esta monografia seja usada apenas como um bom ponto de partida para um exame em detalhes.

Finalmente, para o INPE, recomenda-se que a direção do Instituto se utilize de estudos como este para todas as outras unidades, tanto como instrumento auxiliar no delineamento de ações estratégicas para manter e ampliar suas capacidades tecnológicas, manter e ampliar seu capital humano qualificado através da gestão por competências e da gestão do conhecimento,

quanto para suportar sua justificativa orçamentária e outras demandas ao MCT em relação ao seu capital humano, de gestão e do seu sistema físico.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUSONI, S.; PRENCIPE, A.; PAVITT, K. Knowledge specialization, organizational coupling, and the boundaries of the firm: why do firms know more than they make? **Administrative Science Quarterly**, v. 46, n. 4, p. 597-621, Dec., 2001.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.M., FREITAS, U.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS with object-oriented data modelling. **Computers and Graphics**, v. 15, n. 6, p. 13-22, 1996 (doi:10.1016/0097-8493(96)00008-8).
- CÂMARA, G; FONSECA, F. Information policies and open source software in developing countries. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n.1, p 121-132, 2007.
- CAVALCANTI, V.L.; CARPOLOBSKY, M., LUND, M., LAGO, R.A. **Liderança e motivação**. 3 ed. –Rio de Janeiro, FGV, 2009. 152 p.
- DANTAS, E.; BELL, M. The latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: the case of PETROBRÁS in Brazil. **Research Policy**, v.38, p. 829-844, 2009.
- DANTAS, E.; BELL, M. The development of firm-centred knowledge networks in emerging economies: the case of PETROBRÁS in the offshore oil innovation system in Brazil. In: DRUID Summer Conference, June 2006, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen: [s.n], 2006.
- DE NEGRI, J.A.; ARAÚJO, B.C.; MOREIRA, S.V. (edits). **Technological innovation in Brazilian and Mexican firms** – Brasília: Ipea, 2009. 364p.
- DUTRA, L. V.; HUBER, R. Feature extraction and selection for land use classification from ERS-1/2 InSar data. **International Journal Of Remote Sensing**, Londres, v. 20, n. 5, p. 993-1016, 1999.
- ESCADA, P.A.S. **Construção e usos sociais da pesquisa científica e tecnológica: um estudo de caso da Divisão de Processamento de Imagem do INPE**. 231 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Política) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2010.
- FIGUEIREDO, P. N. Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**. v. 3, n. 2, jul./ dez. 2004.
- FIGUEIREDO, P. N. Capacidade tecnológica e inovação em organizações de serviços intensivos em conhecimento: evidências de institutos de pesquisa em tecnologias da informação e da comunicação (TICs) no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**. v. 5, n. 2, Jul./dez. 2006.
- FIGUEIREDO, P. N. **Gestão por Competências e Gestão do Conhecimento**. São José dos Campos: FGV, 2009. Notas de aula do curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPP's. FGV in Company.
- FIGUEIREDO, P.N. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. Rio de Janeiro, LTC, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Coordenação de Planejamento Estratégico e Avaliação (INPE.CPA). **Versão final do estudo análise de processos e políticas de recursos humanos**. São José dos Campos, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Plano diretor do INPE 2007-2011**: planejamento estratégico do INPE: São José dos Campos, 2007. 38p. ISBN: 978-85-17-00034-8.

KINTISCH, E. Carbon emission: improved monitoring of rainforests helps pierce haze of deforestation. **Science**, v. 316, n. 5824, p. 536-537, 27 Apr. 2007. DOI: 10.1126/science.316.5824.536. Available in: (<www.sciencemag.org>). Access in: August. 8, 2010.

MAGARÃO, M. **Gestão de processos organizacionais: uma visão panorâmica & a importância da formação de uma equipe gestora do processo**. São José dos Campos: FGV, 2009. Notas de aula do curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPP's. FGV in Company.

MATIAS-PEREIRA, J.; KRUGLIANSKAS, I. Gestão de inovação: a Lei de Inovação Tecnológica como ferramenta de apoio às políticas industrial e tecnológica do Brasil. **Rae-Eletrônica** - v. 4, n. 2, Art. 18, jul./dez. 2005. Disponível em:

(www.rae.com.br/eletronica). Acesso em: 04 de agosto de 2010.

NOVO, E. M. L. M.; COSTA, M. P. F.; MANTOVANI, J. E.; RADARSAT: Exploratory survey on macrophyte biophysical parameter in tropical reservoirs. **International Journal of Remote Sensing**, Canada, v. 24, n. 4, p. 367-374, 1998.

PARADELLA, W. R.; SANTOS, A. R.; DALL'AGNOL, R.; PIETSCH, R. W.; SANT'ANNA, M. V. A Geological investigation based on airborne (SAREX) and spaceborne (RADARSAT-1) SAR integrated products in the Central Serra dos Carajás granite area, Brazil. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, Canada, v. 21, n. 4, p. 376-392, 1998.

RITTO, A.C.A. **Gestão de processos organizacionais: Tipos de processos e suas etapas & sistemas de gestão**. São José dos Campos: FGV, 2009. Notas de aula do curso de Pós-Graduação em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPP's. FGV in Company.

SAATCHI, SASAN; SOARES, J. V.; ALVES, D.S. Mapping deforestation and land use in Amazon using SIR-C imagery. **Remote Sensing of Environment**, USA, v. 59, n. 2, p. 191-202, 1997.

SAATCHI, SASAN; HOUGHTON, R A; ALVALÁ, R. C. S.; SOARES, J. V.; YU, YIFAN. Spatial distribution of aboveground live biomass in the Amazon Basin. **Global Change Biology**, USA, v. 13, p. 816-837, 2007.

SALLES FILHO, S. Política de ciência e tecnologia no III PBDCT (1980/85). **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 407-432, jul/dez 2003.

SANTOS, J. R.; ARAUJO, L.S.; KUPLICH, T.M.; FREITAS, C.C.; DUTRA, L.V.; SANT'ANNA, S.J.S.; GAMA, F. F. Tropical forest biomass and its relationship with P-Band SAR data. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, p. 37-42, 2006.

SOARES, J. V.; RENNÓ, C.D. ; FORMÁGGIO, A.R. ; YANASSE, C. C. F. ; FRERY, A. C. An investigation on the selection of texture features for crop discrimination using SAR imagery. **Remote Sensing of Environment**, USA, v. 59, n. 2, p. 234-237, 1997.

SOUZA, R.C.M.; CÂMARA, G.; ALVES, D.S. O desenvolvimento de sistemas de informação geográfica e de processamento digital de imagens no INPE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., maio, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1990. p.168-173. (INPE-7273-PRE/3193).

TARDIN, A.T. *et al.* **Subprojeto desmatamento:** convênio IBDF/CNPq - INPE. São José dos Campos: INPE, 1980. Relatório Técnico (INPE-1649-RPE/103).

YANASSE, C. C. F.; SANT'ANNA, S. J. S.; FRERY, A. C. ; RENNÓ, C.D.; SOARES, J. V.; LUCKMAN, A. J. SIR-C data dependence on tropical forest regeneration stages. **Remote Sensing of Environment**, USA, v. 59, n. 2, p. 180-190, 1997.