

# ANAIS DO 13º SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA - FFLCH/USP - SP - 03 A 06 DE SETEMBRO DE 2012

## Geração de produtos agrometeorológicos a partir de imagens de satélite:

### o caso do sistema NAVPRO

Martha Delphino BAMBINI<sup>116</sup>, Jurandir ZULLO JR<sup>117</sup>, Júlio César Dalla Mora  
ESQUERDO<sup>118</sup>, João Francisco Gonçalves ANTUNES<sup>119</sup>

#### Introdução

Imagens vêm sendo utilizadas como fonte de informação e conhecimento desde as origens da Humanidade. Desde as pinturas rupestres, os desenhos, a arte renascentista, a fotografia, o cinema, a televisão até a atual tecnologia digital, as imagens vem sendo utilizadas pelos indivíduos para criar uma linguagem visual e facilitar a comunicação. A partir do século XX, várias linhas vêm estudando imagens e seu potencial como fonte de informação e, com o crescimento do conhecimento e das reflexões acerca da imagem e sua relação com a realidade por ela representada, vem aumentando também sua utilização como fonte de informação na pesquisa científica em vários campos de estudo.

Desde meados da década de 1990, a disponibilização de vários tipos de imagens digitais vem se intensificando, geradas por diferentes tipos de artefatos (como microscópios, equipamentos médicos, radares e satélites), acompanhada pela evolução tecnológica dos meios e métodos para processar e extrair informações e conhecimentos a elas associados- no entanto, em uma proporção menos intensa do que a sua produção.

Mirzoeff (1999), utilizando a abordagem de “cultura visual”, destaca a necessidade de se interpretar a globalização da experiência visual da sociedade pós-moderna. A cultura visual, segundo o autor, se refere a eventos visuais nos quais o indivíduo procura informação,

---

116 Mestre em Política Científica e Tecnológica, Analista da Embrapa Informática Agropecuária.  
Endereço: Av. André Tosello, 209 – Cidade Universitária Zeferino Vaz – Barão Geraldo – Campinas/SP.  
13083-970. tel:19-32115700 martha@cnptia.embrapa.br

117 . Doutor em Engenharia da Computação e Automação, Pesquisador do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – CEPAGRI da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Endereço: Cidade Universitária Zeferino Vaz - Distrito de Barão de Geraldo - 13083-970 - Campinas/ S.P. Tel: 19 3521-2461. jurandir@cpa.unicamp.br

118 . Doutor em Engenharia Agrícola, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária.  
julio@cnptia.embrapa.br

119 . Mestre em Engenharia Agrícola, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária.  
joaof@cnptia.embrapa.br

significado ou prazer por intermédio da interface de tecnologias visuais, considerados por ele aparatos projetados para observar, realçar ou aumentar visão humana.

Lévy (1993) já apontava que a interface digital alarga o campo do visível, seja por intermédio de imagens geradas por telescópios, raios X ou microscópios; permite ver modelos abstratos de modelos físicos, extrair dados numéricos, atuando como importante complemento das simulações, com importante papel no desenvolvimento de pesquisas científicas em vários campos. O conceito de e-Science (HEY et al, 2009) descreve um crescente alinhamento entre a Tecnologia de Informação e o desenvolvimento científico, com a utilização de diferentes métodos científicos para coletar ou gerar diferentes tipos de dados e informações. Este novo modo de “fazer ciência” envolve a captura destes dados – entre eles, muitas imagens de coisas que nossos olhos não veem – que são gerados por equipamentos tecnológicos ou por intermédio de simulações computacionais. Estes dados devem ser armazenados, posteriormente processados por softwares a fim de extrair informações, que também necessitam ser arquivadas digitalmente.

Os satélites são aparatos projetados para aumentar a visão humana, permitindo-nos chegar a lugares distantes como o espaço sideral, que se tornaram viáveis com o avanço da tecnologia espacial, a partir dos anos 1960. Estas imagens vêm sendo utilizadas para a geração de conhecimentos científico de forma mais intensa a partir das décadas de 1970/80. A partir de 1970, verificou-se uma intensa evolução da infraestrutura de satélites disponível em nível mundial e global, bem como o crescimento do conhecimento e habilidades de processamento computacional destas imagens. Na década de 1990 este processo se fortaleceu ainda mais com a consolidação da infraestrutura de comunicação da Internet.

Este artigo pretende promover uma reflexão sobre uma ação colaborativa desenvolvida para possibilitar a rápida geração de informação e conhecimentos agrometeorológicos a partir de imagens de satélites NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*), utilizando-se de atividades automatizadas de processamento. O software NAVPRO foi um dos ativos de conhecimento gerados por intermédio desta experiência e seu desenvolvimento e aplicação serão descritos ao longo deste trabalho, bem como os processos de compartilhamento e geração de informações e conhecimento desenvolvidos nesta experiência, envolvendo ações de automatização, associadas da ação humana.

## **1. Perspectivas teóricas**

Esta seção descreve brevemente os conceitos e processos associados à geração e gestão de conhecimentos no contexto atual, bem como a evolução histórica, infraestrutura e aspectos institucionais envolvendo a geração de conhecimentos a partir de imagens de satélite.

### **1.1 Conhecimento: Dimensões, TICs e Processos de Conversão**

Uma intensa revolução tecnológica marcou as décadas de 1980 e 1990, calcada na indústria de computadores, na microeletrônica, no desenvolvimento de software, no surgimento da Internet e nos telefones móveis. Alguns aspectos marcam este novo contexto: redução do custo de armazenamento, processamento e transmissão de dados e informação; redução de custos de *hardware*, acompanhados da elevação de sua capacidade de processamento; a habilidade de criar, transformar, utilizar e proteger ativos de conhecimento para a ser uma vantagem competitiva das empresas; maiores oportunidades e meios para compartilhar informação e conhecimento entre organizações (ATKINSON, 2004).

Nesta nova economia existe uma transformação do processo de geração de conhecimentos, influenciado pelas novas possibilidades de processamento computacional de dados; de busca de informações pela Internet; pelo aumento da velocidade de difusão de novos conhecimentos e pela promoção de formas colaborativas de trabalho suportadas por computador. O conhecimento é dinâmico, criado a partir de interações entre indivíduos e organizações; é específico ao contexto e depende de uma relação particular de tempo e espaço; está essencialmente vinculado à ação humana. Alguns autores destacam que ainda não se possui amplo entendimento de como as organizações e seus profissionais criam e gerenciam dinamicamente o conhecimento (NONAKA et al, 2000; TEECE, 2000).

A análise da literatura evidencia uma clara tendência à estruturação e aumento da complexidade na conversão de dados, para informação, gerando conhecimento e , eventualmente, sabedoria.

A fim de entender a natureza do processo de criação de conhecimento, é necessário reconhecer a complementariedade destas duas dimensões do conhecimento – tácita e explícita - tendo em vista que o conhecimento é criado por intermédio de interações destas duas dimensões, essenciais ao processo. O **conhecimento tácito** é altamente

peçoal e difícil de formalizar e compartilhar; está enraizado nas ações e experiências de um indivíduo como suas emoções, seus valores ou ideais. Pode ser decomposto em uma **dimensão técnica**, envolvendo capacidade informal, habilidades, e *know how*, e uma **dimensão cognitiva** relacionada a modelos mentais, crenças e percepções, refletindo a nossa imagem da realidade e nossa visão de futuro. A natureza subjetiva e intuitiva do conhecimento tácito dificulta o processamento ou transmissão deste tipo de conhecimento. O **conhecimento codificado**, por sua vez, é estruturado, facilitando seu compartilhamento. Pode ser expresso em linguagem formal e sistemática e compartilhado na forma de dados, fórmulas científicas, especificações e manuais; pode facilmente processado em um computador, transmitido eletronicamente ou armazenado em um banco de dados.

Não há dúvida de que as Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs transformaram fundamentalmente o papel do conhecimento na economia, aumentando tanto os incentivos quanto as possibilidades de codificação do conhecimento, aumentando o estoque de conhecimento disponível, tanto conhecimento explícito quanto ou conhecimento tácito que pode ser codificado. O modelo dinâmico de criação de conhecimento proposto por Nonaka et al (2000) envolve a conjugação de três elementos principais: o **processo de conversão do conhecimento** tácito e do conhecimento explícito chamado pelos autores de SECI; o **contexto compartilhado** para a criação de conhecimento, chamado de *Ba* (que pode ser traduzido como lugar); os **ativos de conhecimento**: entradas, saídas e moderadores do processo de criação de conhecimento. Segundo este modelo, o conhecimento é criado por intermédio de interações entre os indivíduos ou entre indivíduos e seu contexto. Neste processo interagem as dimensões micro e macro – o indivíduo (micro) influencia e é influenciado pelo meio (macro). Os autores apontam que uma organização cria conhecimento por intermédio de interações entre o conhecimento tácito e o explícito, por intermédio de um processo que chamam de “conversão do conhecimento” (SECI).

São **quatro os modos de conversão**: Socialização (do conhecimento tácito para tácito); Externalização (do conhecimento tácito para o explícito); Combinação (do conhecimento explícito para explícito); e Internalização (do conhecimento explícito para tácito).

A **socialização** é um processo de compartilhamento de experiências visando à criação de novos conhecimentos tácitos. A **externalização** envolve a articulação do conhecimento tácito em conhecimento explícito, utilizando-se de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses ou modelos. Dentre os quatro modos de conversão do conhecimento, a **externalização** é um processo-chave para a criação do conhecimento, tendo em vista que implica na criação de conceitos novos e explícitos a partir do conhecimento tácito. A **combinação** é o processo de conversão de conhecimento explícito em conjuntos mais complexos e sistemáticos de conhecimento explícito, reconfigurados através de processos de classificação, de acréscimo, de edição, de combinação, de categorização e processamento visando gerar novos conhecimentos. A **internalização** se refere ao processo de incorporação do conhecimento explícito ao conhecimento tácito. Para que o conhecimento explícito se torne tácito, é necessário o compartilhamento experiências e de modelos mentais, de forma a incorporar o conhecimento tácito na cultura da organização.

O conhecimento é gerado por intermédio de cada um dos quatro modos de conversão (SECI), e o conhecimento gerado interage na espiral de criação de conhecimento, conforme a Figura 1.



Figura 1: Processo SECI e a espiral do conhecimento. (Nonaka et al , 2000)

Vale à pena notar que o movimento em torno dos quatro modos de conversão forma uma espiral e não um círculo. Na espiral a interação entre conhecimento tácito e codificado se amplifica. O novo conhecimento gerado aciona uma nova espiral, que se expande pelas organizações envolvidas. Esta espiral ocorre intra e inter organizações,

envolvendo interações entre indivíduos e conhecimentos oriundos de empresas, universidades, clientes e etc.

## **1.2. Imagens de satélite e suas informações derivadas: história e aspectos institucionais**

Sensoriamento remoto é a ciência de se obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno a partir da análise de dados adquiridos utilizando-se um aparato distante do foco do estudo executado. Satélites, por intermédio de sensores e antenas, ampliam o escopo da visão humana, gerando imagens digitais representativas da emissão e reflexão de energia eletromagnética por parte da superfície terrestre através de *pixels*. Um pixel é o menor elemento de imagem, ao qual se pode atribuir uma cor, que, no caso das imagens de satélite são diferentes níveis de cinza, correspondendo a cada banda espectral). O manuseio apropriado das bandas espectrais e das rotinas de processamento digital dos dados contidos nas imagens de satélite possibilita a extração de uma ampla gama de informações ambientais a partir destas imagens.

O avanço das atividades de sensoriamento remoto a partir de imagens de satélite, envolveu a combinação dos avanços tecnológicos gerados por programas governamentais de exploração do espaço (principalmente os Governos da então União Soviética e dos Estados Unidos), pela evolução das tecnologias de captação de imagens e das técnicas computacionais para processamento e armazenamento de dados.

Na década de 1950, com o fim da Segunda Guerra Mundial, o mundo se dividiu em dois blocos que tentavam conquistar aliados às suas ideologias. Mesmo sem uma guerra real, o poderio militar de ambas as nações foi posto à prova, através de uma busca por supremacia tecnológica envolvendo a conquista do espaço, aliada sempre a objetivos militares (COSTA FILHO, 2002). O primeiro satélite artificial foi lançado em 1957, pela então União Soviética, com vários objetivos científicos, entre eles, o estudo das propriedades da superfície terrestre com vista à preparação do primeiro voo espacial tripulado, também da União Soviética<sup>120</sup>.

No contexto geopolítico da Guerra Fria, questões como a geoestratégia e a mudança técnica reforçaram-se mutuamente, com a convergência de interesses de Estado,

---

120 Os satélites seguintes, da série Sputnik, levaram animais ao espaço entre 1957 e 1960. Em 1961, a União Soviética lançou a nave Vostok I e Yuri Gagarin foi o primeiro homem a viajar pelo espaço.

militares, científicos e meteorológicos, possibilitando o desenvolvimento de ações de monitoramento, reconhecimento e iniciativas de cálculo de previsões do tempo.

Os satélites meteorológicos, representados inicialmente pela série TIROS em 1960, permitiam a análise de padrões de cobertura de nuvens e imagens indistintas da superfície terrestre. Este satélite, mantido pela *National Oceanic Atmospheric Administration* - NOAA, operava em órbita héliossíncrona, circular, quase polar, com altura média de 850 km. Apesar do satélite TIROS-1 ter sido lançado com fins experimentais seus resultados preliminares foram bem recebidos pelos meteorologistas, e seus dados foram utilizados para complementar dados terrestres (KAMPER, 2004). Os satélites meteorológicos possuem duas vantagens principais: cobertura global e grande resolução temporal, adequando-se ao estudo de fenômenos ambientais, analisando grandes áreas, com pequeno nível de detalhamento.

A segunda geração de satélites meteorológicos foi iniciada em 1970, com o satélite ITOS-1, equipado com um radiômetro que adquiria medidas diurnas e noturnas da superfície da Terra, com transmissão de dados em tempo real. Em dezembro de 1970, foi lançada uma segunda espaçonave desta série, chamada de NOAA-1 (KAMPER, 2004). A terceira geração de sistemas operacionais de satélites meteorológicos foi lançada entre 1978 e 1981, representada pela série TIROS-N e NOAA- A a D<sup>121</sup>, com novo sistema operacional e novos instrumentos como o radiômetro de alta resolução AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) que adquire imagens diurnas e noturnas nas faixas do visível e do infravermelho. Os dados coletados podem ser armazenados a bordo ou transmitidos a várias estações de recepção espalhadas ao redor do globo. Foram lançados vários satélites subsequentes, ainda da série TIROS-N, identificados como NOAA - E a M, com novos instrumentos e maiores dimensões, que vêm coletando dados globais de cobertura de nuvens, coberturas da superfície terrestre (como gelo, neve e vegetação), temperaturas de superfície atmosférica e da superfície do mar , aerossóis e distribuição de ozônio.

É importante ressaltar que as atividades espaciais e o uso dos dados delas derivados, envolve um arranjo institucional do qual participam o Estado, como agente promotor e financiador da política espacial, e um ator específico a ele vinculado que coordena estas

---

121 Os satélites NOAA são designados por letras em sua construção e por números depois de lançados.

ações, em geral uma agência espacial (COSTA FILHO, 2002). A Política Espacial de um país está fortemente associada ao seu nível de desenvolvimento tecnológico, aliado a um forte setor industrial do setor e uma infraestrutura de apoio disponível (laboratórios, centros de pesquisa, plataformas de lançamento), o que faz com que poucos países tenham podido se aventurar no desenvolvimento de ações deste teor.

No caso dos Estados Unidos, as atividades espaciais são coordenadas pelo *National Space Council* - NSC do qual participam a agência espacial americana, a NASA, criada em 1958, e a NOAA. Um centro espacial da NASA é responsável pela construção, integração e lançamento dos satélites NOAA; a Força Aérea Americana fornece o veículo lançador; o controle operacional das espaçonaves fica a cargo da NOAA, uma vez que estas tenham sido satisfatoriamente verificadas pela NASA (KAMPEL, 2002).

No Brasil, as atividades espaciais começaram a ser institucionalizadas em 1961 com a criação de um grupo para organizar a Comissão Nacional de Atividades Espaciais – CNAE, que foi efetivamente formada em 1964. Na década de 1970, esta comissão se transformou no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, que veio ampliar significativamente as atividades de pesquisa científica e tecnológica de natureza civil relacionada ao setor aeroespacial (COSTA FILHO, 2002) envolvendo, dentre outras atividades, as plataformas de coletas de dados. O Centro de Tecnologia Aeronáutica – CTA é responsável pela vertente militar da pesquisa no setor, envolvendo bases de lançamento, veículos lançadores e foguetes.

Uma característica importante das pesquisa envolvendo imagens de satélite e que os cientistas dependem de arranjos governamentais, militares e tecnológicos para obter os dados para efetuar análises de fenômenos terrestres.

Tendo em vista que cada tipo de imagem de satélite utilizada em sensoriamento remoto envolve ferramentas de processamento (software) diferenciadas e competências específicas a serem desenvolvidas pelas equipes de trabalho, torna-se necessário que as equipes de pesquisa selecionem criteriosamente os tipos de imagens a ser processadas, considerando seu problema de estudo. Esta seleção deve considerar a melhor combinação de vários fatores como: resolução espacial e resolução temporal das imagens disponíveis e continuidade do programa espacial escolhido (questão esta totalmente fora do controle do instituto de pesquisa que utiliza imagens de um dado tipo



de satélite); e a escolha efetuada irá definir quais competências que devem ser adquiridas e disponibilizadas para os grupos de pesquisa.

## **2. Metodologia**

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa utilizando-se de estudo de caso (YIN, 2010). A abordagem foi descritiva, visando buscar explicações para o fenômeno da geração de conhecimentos a partir de imagens de satélite, em um contexto de uso intensivo de Tecnologia de Informação e Comunicação – TICs. As fontes de evidência selecionadas foram: documentais, registros em arquivos e realização de entrevistas semi-estruturadas com pesquisadores envolvidos na experiência.

## **3. Resultados e discussão**

### **3.1 Descrição do caso de estudo e a plataforma *Ba formada***

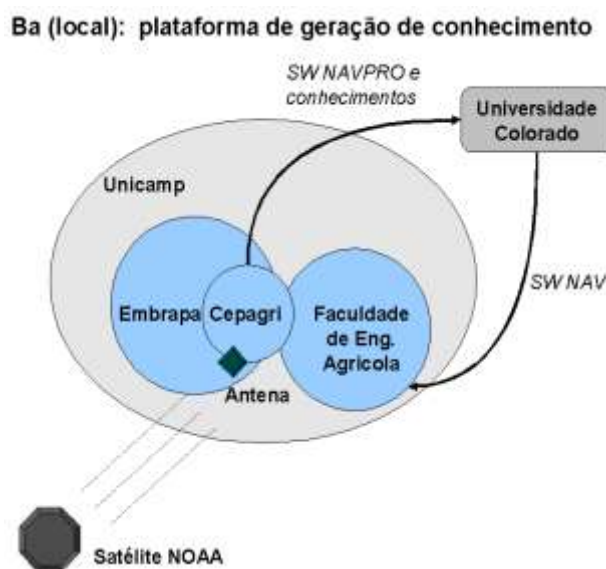
Apesar de ciência multidisciplinar, a Agrometeorologia possui um escopo bem definido: envolve a aplicação de competências meteorológicas relevantes para auxiliar os produtores agrícolas a fazer um uso eficiente dos recursos físicos disponíveis a fim de promover melhorias na produção – tanto em quantidade como qualidade – e também o uso sustentável da terra (MAVI e TUPPER, 2004).

O caso de estudo envolve um arranjo colaborativo formado para viabilizar o processamento automático e o armazenamento de imagens geradas pelos satélites NOAA 12, 14, 15, 16, 18 e 19, geradas pelo sensor AVHRR e captadas por uma antena de posse do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – CEPAGRI, vinculado à Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

O CEPAGRI/ Unicamp está localizado nas dependências da Embrapa Informática Agropecuária, uma unidade de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, que tem por missão gerar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologia de informação para a sustentabilidade da agricultura. Por sua vez, a Embrapa Informática Agropecuária está localizada em Campinas/SP, dentro do campus da Unicamp. Ao seu lado se localiza a Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri, da Unicamp.

Estas três instituições participaram de uma ação colaborativa, conjuntamente com a Universidade do Colorado (Estados Unidos), por intermédio de seu Centro de Pesquisa em Astrodinâmica. Este arranjo está representado pela Figura 2.

A descrição deste arranjo físico representa um *Ba*, uma plataforma de geração de conhecimento que, na concepção descrita por Nonaka et al (2000), pode ser vista como um espaço compartilhado para relações emergentes. Neste caso temos um espaço físico (o campus da Unicamp e as dependências da Embrapa Informática Agropecuária), espaços virtuais (como *websites* e *e-mails* para interação com a Universidade do Colorado), e mentais envolvendo o compartilhamento de ideias, experiências, conhecimentos e de um problema de pesquisa entre os membros da equipe de pesquisa. Em linhas gerais, o *Ba* é uma representação da plataforma que proporciona o avanço de conhecimento individuais e coletivos.



**Figura 2 – Esquema representativo do compartilhamento de infraestrutura física**

As imagens do CEPAGRI/ Unicamp são armazenadas em meios digitais desde 1995, sendo recebidas 10 imagens diárias, que, em 2005, representavam dois terabytes de dados (ESQUERDO et al, 2006). Entre 1995 e 2005, as imagens disponíveis vinham sendo processadas de forma individualizada, manual e descontínua, por alunos de pós-graduação da Feagri/ Unicamp, à qual se vinculam os pesquisadores do CEPAGRI como professores e orientadores de alunos. Estes alunos, sob a orientação de pesquisadores do CEPAGRI, selecionavam as séries de imagens a serem utilizadas em suas pesquisas, conforme os problemas de pesquisa nos quais trabalhavam e efetuavam seu processamento de forma manual,

gerando análises que viriam a compor seus trabalhos de dissertação ou teses de doutoramento. O processamento manual, além de demorado, estava sujeito a imprecisões associadas às limitações cognitivas e visuais dos indivíduos seja em diferenças de interpretação, de visualização ou por cansaço físico, apresentando também alto índice de variabilidade dos resultados gerados.

Dois projetos de pós-graduação, um de mestrado (de um pesquisador da Embrapa) e outro de doutorado, iniciados em 2003 na Feagri, sob a orientação de um pesquisador do CEPAGRI/Unicamp, tinham como meta o processamento de um grande conjunto de imagens NOAA e, neste sentido, foram investigadas possibilidades para o processamento totalmente automático deste tipo de imagem. Destes projetos, resultou o software NAVPRO, que buscou automatizar por completo o processamento das imagens AVHRR/NOAA. A demanda por analisar séries históricas aumentou a urgência por automatização, tendo em vista que o processamento manual de grande quantidade de imagens seria lento e custoso.

As atividades de processamento de imagens de satélite envolvem, inicialmente, etapas de preparação da imagem captada pelo sensor, considerando algumas fontes de ruídos e imprecisões associadas ao processo como variações nos eixos de movimentação da plataforma orbital no momento da sua passagem pela região a ser analisada. Assim, no trabalho de mestrado (ANTUNES, 2005) e no de doutorado (ESQUERDO, 2007) foi avaliado o uso do pacote computacional NAV (NAVigation), desenvolvido por uma equipe do Centro de Pesquisa em Astrodinâmica da Universidade do Colorado a fim de automatizar as atividades de processamento e correção das imagens AVHRR/NOAA utilizadas, envolvendo: a conversão de formato do arquivo de imagem, a calibração radiométrica e o seu georreferenciamento preciso. Além disso, foram adicionados a este pacote, comandos para a geração de seis tipos de produtos agrometeorológicos na forma de imagens digitais.

Foi desenvolvido desta maneira o sistema informatizado NAVPRO, descrito em Esquerdo et al (2006). Uma vez desenvolvido o sistema NAVPRO, foi necessário organizar uma base de dados para armazenar as imagens brutas, recebidas pela antena do CEPAGRI. Um pesquisador, que à época era doutorando da Unicamp, aprovado em concurso público, passou a integrar a equipe de pesquisa da Embrapa Informática Agropecuária em 2008, e organizou a referida base de dados em cooperação com o Cepagri/ Unicamp.

Assim, esta experiência se caracteriza pela existência de um espaço físico compartilhado que pode ser considerando um *Ba*, uma plataforma de geração de conhecimentos e interações presenciais e virtuais. Além do espaço, foram compartilhados equipamentos de hardware (antena, sensores, computadores); de ativos intangíveis, como softwares e competências. A

próxima seção descreve e analisa os processos de conversão do conhecimento desenvolvidos no âmbito desta experiência.

### **3.2 Geração de informações agrometeorológicas a partir das imagens AVHRR/NOAA**

O estudo deste caso busca não apenas analisar o processo de automatização mas também em explorar o processo de compartilhamento de conhecimentos tácitos e codificados entre os indivíduos envolvidos. Alguns dos ativos de conhecimento gerados no âmbito deste arranjo colaborativo, mapeados neste trabalho, foram:

- **Conhecimentos codificados:** Metodologia de análise computacional de imagens AVHRR-NOAA; Software NAVPRO; Base de dados de imagens AVHRR-NOAA; Publicações científicas, manuais e outros documentos; 6 tipos de produtos agrometeorológicos na forma de imagens digitais : NDVI, albedo de superfície, temperatura de superfície, máscara de nuvens, e outros dois produtos para visualização (Preto e Branco e colorido).

- **Conhecimentos tácitos:** habilidades na utilização de softwares do conjunto NAV para análise computacional de imagens AVHRR-NOAA; habilidades na utilização do programa NAVPRO; Habilidades e conhecimentos associados a agronomia, a desenvolvimento de softwares de processamento de imagens orbitais, experiência em processamento manual de imagens de satélite e expertise em análise de cobertura e uso da terra utilizando-se de imagens de satélite, entre outros.

Ressalta-se que esta experiência evidencia a ação humana no desenvolvimento de um processo para tratamento e extração de informações a partir de imagens de satélite e sua implementação em um algoritmo, a partir outros pré existentes, desenvolvidos anteriormente pela equipe da Universidade do Colorado. No que se refere ao processo de desenvolvimento de software, esta é uma atividade que envolve a busca de soluções computacionais para problemas complexos baseadas na experiência prévia de analistas de sistemas, representada pelo conjunto de seus conhecimentos tácitos em relação às linguagens de programação e às soluções já encontradas para problemas correlacionados. Neste contexto, pode-se dizer que o software NAVPRO foi gerado com base na *expertise* da equipe desenvolvedora e na experiência anterior da Universidade do Colorado.

A geração de informações utilizando-se este novo processo – computacional - obteve resultados com maior qualidade, reprodutibilidade e precisão, eliminando os ruídos do processamento manual (como subjetividades de interpretação e limitações cognitivas).

Após a implementação do processamento computadorizado, a ação humana assume um papel mais estratégico e complexo, visando dar sentido às imagens processadas a fim de gerar interpretações, análises e conhecimentos sobre os fenômenos estudados. A agregação de outras fontes de dados, às imagens de satélite processadas permite investigar relações de causalidade entre diferentes variáveis estudadas e afim de propor ações para intervir sobre situações e propor novos direcionamentos, como é o caso de políticas públicas ou estratégias mercadológicas. Desta forma, revela-se um aumento da complexidade da ação humana na geração de conhecimento, em um processo de combinação de conhecimentos codificados (oriundos das imagens processadas) gerando novos conhecimentos codificados mais complexos na forma de estudos, relatórios ou novas imagens e representações de fenômenos estudados.

Por exemplo, a extração automática de informações espectrais a partir de séries históricas e a geração de gráficos analíticos de seu comportamento, a serem interpretados por especialistas em agronomia, permite a geração de informações mais sofisticadas. O ser humano, ao criar sentidos e significados a partir de sua interpretação dos produtos agrometeorológicos, gera conhecimentos mais complexos e estratégicos.

#### **4. Conclusões e comentários finais**

A análise desta experiência evidencia a influência da plataforma *Ba*, envolvendo espaços físico e virtual compartilhados entre os atores envolvidos no arranjo estudado. Destaca também o importante papel da atividade humana na geração de conhecimentos, tanto no desenvolvimento na concepção de métodos e algoritmos para automatizar atividades mecânicas e também em atividades analíticas e relacionais. A partir da desoneração do ser humano das atividades operacionais de processamento surge a necessidade de se desenvolver novas competências e habilidades, associadas à interpretação destas imagens e à sua associação com outros tipos de dados, informações e conhecimentos. Este processo permite aumentar a compreensão humana sobre diversos fenômenos visando gerar conhecimentos mais refinados, estratégicos e complexos. Em relação ao processo computacional de extração de informações de imagens, a evolução de algoritmos e métodos permite melhorar a qualidade dos resultados gerados e adaptar os processos a novos tipos de problemas de pesquisa.

## 5. Referências

- ANTUNES, J. F. G. Aplicação de lógica *fuzzy* para estimativa de área plantada da cultura de soja utilizando imagens AVHRR-NOAA, 2005. 91p. Dissertação. (Faculdade de Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- COSTA FILHO, E. J. *Política Espacial Brasileira*. Rio de Janeiro: Revan, 2002.192 p.
- ESQUERDO, J.C.D. Utilização de perfis multi-temporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná. 2007. 169 p. Tese. (Faculdade de Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- ESQUERDO, J.C.D. , ANTUNES, J.F.G., BALDWIN, D.G., EMERY, W.J. An automatic system for a AVHRR land surface product generation. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 27, No. 18, 20 Sept. 2006, 3925-3943.
- HEY, T. TANSLEY,S. TOLLE , K. Jim Gray on eScience:A Transformed Scientific Method. In: HEY,T. TANSLEY,S. TOLLE , K *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery*. United States of America: Microsoft Corporation 2009. pp.xviii-xxxi.
- KAMPEL, M. Características gerais dos Satélites NOAA: Histórico, Instrumentos e Comunicação de Dados. In: FERREIRA, N. J. (org) *Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROS-N*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 271p.
- LÉVY, P. *As Tecnologias da Inteligência*. Rio de Janeiro; ed. 34, 1997.208p.
- MAVI, H.S., TUPPER, G. J. Agrometeorology. Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture. United States of America: The Haworth Press Inc., 2004. 364 p.
- MIRZOEFF, N. An Introduction to Visual Culture. London: Routledge, 1999. 271 p.
- NONAKA, I. TOYAMA, R. KONNO, N. SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. *Long Range Planning* 33, 2000.pp. 5-34.
- OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. The Knowledge-based Economy. Paris: OECD, 1996. 46p.
- TEECE, D. Strategies for Managing Knowledge Assets: the Role of Firm Structure and Industrial Context. *Log Range Planning*, Volume 33, Issue 1, 1 February 2000, Pages 35–54.
- YIN, R. K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248p.