

Capítulo 2

**Infra-estrutura laboratorial,  
gerenciamento de  
laboratório e automação  
da informação**

Marino José Tedesco  
Adriana Delfino dos Santos  
Clésio Gianello  
Fábio Cesar da Silva  
Luiz Manoel Silva Cunha  
Roberto Hiroshi Higa  
Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruhá



## 1. Introdução

Grande parte dos laboratórios de análise de solos, de plantas e de fertilizantes existentes nas instituições governamentais cresceu a partir de instalações acanhadas e, em muitos casos, pouco apropriadas às finalidades propostas. Em várias regiões brasileiras, podem ocorrer vários problemas laboratoriais, como: baixa capacitação de recursos humanos, organização deficitária, infra-estrutura precária ou utilização de protocolos analíticos antigos, que não refletem o “estado da arte” dos métodos de análise. Essas deficiências podem comprometer a qualidade dos laudos emitidos em laboratórios.

Nos capítulos da parte 2 deste manual, são apresentados os métodos de análise (protocolos) de solos, plantas, fertilizantes e corretivos.

No presente capítulo, são apresentadas a organização da infra-estrutura e a informatização de processos no laboratório. Em geral, os laboratórios mais bem administrados têm procurado adotar soluções baratas e criativas, adquirir equipamentos e sistemas computadorizados, bem como elaborar e executar projetos.

O primeiro aspecto a ser abordado é a adequação da infra-estrutura dos laboratórios, onde são executados todos os serviços prestados aos usuários, considerando a organização física, o treinamento de pessoal, o uso adequado de equipamentos e tipos de análises realizadas. Depois de estabelecida a infra-estrutura adequada, são necessários a organização interna dos processos no laboratório, seu controle estatístico e procedimentos de automação da rotina para aumentar a produtividade de análises processadas por dia.

A gestão da informação no laboratório é atualmente muito importante, destacando-se um conjunto de técnicas que podem ser utilizadas para adotar um Sistema de Gerenciamento de Informações Laboratoriais (LIMS), o qual depende de um fluxo adequado de informações. Novas formas de armazenamento e disponibilização de informação são igualmente apresentadas. Existem também formas computacionais para verificar a consistência de resultados analíticos no laboratório. Esses são os sistemas especialistas utilizados por alguns laboratórios que participam da Rede Oficial dos Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Além disso, a própria Embrapa Informática Agropecuária tem investido muito no apoio ao gerenciamento do laboratório e na interpretação de laudos de análise.

Entretanto, não é suficiente investir em infra-estrutura física laboratorial. O investimento isolado em recursos físicos sem adequadas formação, capacitação e atualização dos recursos humanos não traz os resultados esperados.

## **2. Infra-estrutura laboratorial**

A infra-estrutura descrita neste trabalho é, normalmente, encontrada nos laboratórios autônomos ou integrantes de instituições de pesquisa e de ensino, bem como em cooperativas, com um fluxo de operações de médio porte (20 mil amostras de solo por ano e 2 mil amostras de plantas por ano), estando integrados a sistemas de controle de qualidade.

O principal objetivo desses laboratórios é a prestação de serviços, com ênfase na caracterização da fertilidade do solo e na análise foliar, tendo em vista a elaboração de recomendações de fertilizantes e corretivos da acidez. Desse modo, serão enfocados os principais aspectos do processo de geração da informação que são fontes usuais de erro (por exemplo, a qualidade da água destilada), a alocação de recursos humanos e os níveis de sensibilidade da medida nos aparelhos e em seus utensílios.

Deve existir também um organograma elaborado para toda a empresa, no qual o laboratório deve ser situado. Essa condição organizacional depende do tipo e da qualidade de gerenciamento das informações obtidas nos laboratórios, conforme abordado adiante.

No dimensionamento da infra-estrutura, devem ser consideradas a sazonalidade dos cultivos e a conseqüente variação na demanda por análises de laboratório; nesses períodos de subutilização dos equipamentos (em épocas fora do pico de demanda), podem-se utilizar esses equipamentos em trabalhos de pesquisa e na manutenção deles.

### **2.1 Organização de um laboratório**

O organograma usual de um laboratório deve apresentar claramente a estrutura do setor de laboratório e definir seus princípios de funcionamento (FERREIRA; GOMES, 1995), com informações simples

e resumidas. Os seguintes componentes devem fazer parte do planejamento do organograma funcional:

- Tipos de análises a serem feitas (solo, plantas, adubos, água, etc.).
- Objetivos (prestação de serviços e/ou pesquisa).
- Número de amostras a serem analisadas e sazonalidade das atividades.
- Origem dos recursos.
- Regime de trabalho dos funcionários.

A infra-estrutura básica do laboratório deve estar voltada para o atendimento das necessidades de processamento de um número mínimo de amostras previstas no período de pico de demanda. Um laboratório de análises de solos, plantas, fertilizantes e corretivos deve ter os seguintes “sítios” de trabalho, considerados no fluxograma lógico das operações laboratoriais:

- Recebimento de amostras (solo, plantas e fertilizantes).
- Preparo de amostras de solo (secagem, moagem e estoque).
- Preparo de amostras de plantas (secagem, moagem e estoque).
- Preparo de extratos de solo (extração, retirada de alíquotas, diluição, lavagem da vidraria).
- Digestão de amostras de plantas (pesagem, capela, mufla, diluição).
- Sala de aparelhos de medição (comum para solo e plantas).
- Escritório (preparo de laudos, conferência, expedição).

Alguns cuidados na infra-estrutura devem ser observados:

- A sala de preparo de solo deve ser isolada do laboratório, para evitar contaminação com poeira.
- Amostras, extratos e vidrarias devem “viajar” o mínimo possível pelo laboratório.
- A sala de aparelhos e o escritório devem ser climatizados e isolados do ruído das máquinas (agitadores, lavadores, etc.).
- Os gases ( $N_2O$ , ar comprimido e acetileno) devem ficar em local próximo dos aparelhos (e não na mesma sala).
- A água destilada deve estar disponível nos pontos de demanda, por encanamento de PVC.

- Amostras analisadas devem ser estocadas por um período mínimo de três meses, para o caso de eventual repetição de análises.

Por exemplo, o laboratório de análises de solos e plantas da UFRGS pode analisar, em época de pico de demanda, até 4 mil amostras de solo por mês, determinando pH, índice SMP, teor de argila, P, K, Ca, Mg, Al, M.Org., Cu, Zn,  $S-SO_4^{-2}$ , B e Mn, métodos descritos por Tedesco et al. (1995). Tem capacidade também para analisar 600 amostras de plantas por mês, determinando os teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe e B, métodos descritos por Tedesco et al. (1995). Amostras de calcário e água (200 amostras por mês) em pequeno número também podem ser analisadas.

Nesse laboratório, os parâmetros utilizados na recomendação de adubos e de corretivo da acidez são determinados duas vezes, em dias diferentes (pH, índice SMP, P e K disponíveis). Dessa forma, pretende-se reduzir o erro analítico a níveis mínimos, pelo controle estatístico de processos, com vista à melhoria da qualidade.

## 2.2 Recursos humanos

Não menos importantes são os aspectos gerenciais dos recursos humanos no laboratório. Aproveitar ao máximo as potencialidade de uma equipe de trabalho exige sensibilidade e conhecimentos do comportamento humano, devendo ter sempre em mente que “se administra o trabalho de indivíduos e não de robôs”. O livro de Ferreira e Gomes (1995) apresenta várias orientações, extraídas de muitos autores, que auxiliam o gerenciamento do pessoal do laboratório, sintetizadas a seguir:

- Dar pleno conhecimento a todos os indivíduos da equipe de suas funções, obrigações formais e limitações no trabalho.
- Estabelecer objetivos claros e definidos no plano de trabalho de cada indivíduo da equipe.
- Criar normas criteriosas sobre as obrigações da empresa e do empregado.
- Classificar racionalmente os cargos e formular uma política lógica e adequada de salários.
- Substituir a verticalização de cargos nas organizações (em decadência) por estruturas mais amplas, mais participativas e abertas no sentido horizontal.

- Treinar periodicamente a equipe e colocar um técnico de reserva para a eventual substituição de titular.
- Aproveitar o talento específico do indivíduo na equipe, sempre que possível.
- Direcionar as ações gerenciais de forma a integrar o indivíduo à filosofia da organização, principalmente em relação à definição de objetivos da empresa e aos recursos disponíveis para alcançá-los.
- Ressaltar que o principal objetivo da direção de um laboratório é assegurar um clima organizacional propício tanto à realização profissional quanto ao comprometimento pessoal com os objetivos e resultados a ser alcançados.

## 2.3 Tipos de equipamentos de laboratórios

Os principais equipamentos utilizados em laboratório de análises de solo, de plantas, de fertilizantes e de corretivos, bem como suas limitações, são apresentados a seguir.

### 2.3.1 Espectrofotômetro de absorção atômica

O espectrofotômetro de absorção atômica (AAS) é o equipamento de maior utilidade (e mais caro) do laboratório de análise de solos e plantas. Isso deve-se ao fato de que sua técnica de determinação é:

- Relativamente livre de interferência quando amostras e padrões têm a mesma matriz.
- De fácil execução.
- Compatível com a sensibilidade requerida para as determinações de macronutrientes (Ca e Mg) e micronutrientes (Cu, Zn, Mn e Fe) extraídos pelas soluções comumente utilizadas nas análises de solo e os teores no tecido das plantas.

A tendência mundial entre os fabricantes é a oferta de aparelhos com mais “eletrônica embarcada”. Os mais modernos são totalmente controlados por computador. Embora à primeira vista a sofisticação possa ser atraente, deve-se levar em conta que o excesso de componentes eletrônicos pode dificultar a operação e o treinamento de pessoal. A falha do espectrofotômetro de AA, por exemplo, é um desastre no laboratório em época de pico. Ademais, vários recursos eletrônicos

disponíveis, além de onerar o equipamento, não têm aplicação para o serviço de rotina.

Considerando ainda que esses equipamentos são importados e que a assistência técnica é cara e demorada, deve-se prever uma forma alternativa para as determinações. Para um laboratório de análise de solos e plantas, o fotômetro de AA deve ter as seguintes características:

- Disponibilidade de duplo feixe.
- Possibilidade de leitura direta em concentração, com base na curva padrão.
- Possibilidade de recalibração durante a leitura de uma batelada de amostras.
- Existência de intertravamento para uso com óxido nitroso.

Se o equipamento for complexo, é conveniente que seja configurado com recursos que possibilitem a comunicação com outros equipamentos de laboratório e também com microcomputadores. Como exemplos desses recursos, podem ser citados o conversor de sinais analógicos para digital, a interface serial e a interface paralela.

A maioria dos aparelhos possui corretor de radiação de fundo (*background*) com lâmpada de deutério, para utilização em comprimentos de onda de 190 nm a 400 nm. Sua utilização, entretanto, não é fundamental em análises de solos e de plantas, em que a matriz é uniforme e as concentrações dos elementos a serem determinados são relativamente altas.

No caso de análises de água, a técnica de AA com chama pode não ter a sensibilidade suficiente para a determinação de micronutrientes, ocorrendo o mesmo no caso de metais (Pb, Cr, Cd e Ni) em plantas. Aparelhos com "limites de detecção" mais baixos, como absorção atômica em forno de grafite e espectrofotometria em plasma, podem ser utilizados nesses casos.

O limite de detecção de um aparelho de medição é a menor concentração de um elemento que pode ser medida. Esse valor depende da amplitude do sinal e do ruído de fundo. A International Union of Pure and Applied Chemistry (Iupac) define o limite de detecção como "a concentração que produz um sinal de absorvância três vezes maior que o desvio padrão da prova em branco" (BEATY; KERBER, 1993).

Como o limite de detecção assim calculado depende de vários fatores de difícil controle, utiliza-se usualmente a "concentração característica (CC)", definida como "a concentração de um elemento (em mg L<sup>-1</sup>) necessária para produzir um sinal de absorção de 1 % (0,0044 de absorvância)".

A CC pode ser calculada pela absorvância de uma solução padrão (situada na parte reta da curva de calibração), pela fórmula

$$CC \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \text{conc. do padrão (mg L}^{-1}\text{)} \times 0,0044 / \text{absorvância medida}$$

A CC permite que o operador verifique se as condições de operação do aparelho estão otimizadas e se este está operando conforme as especificações do fabricante. Valores de CC são geralmente especificados nos manuais dos aparelhos. A Tabela 1 apresenta valores de CC típicos obtidos em espectrofotometria de AA com chama e com forno de grafite. Na prática, valores de até metade das concentrações dadas nessa tabela podem ser determinados com segurança se o aparelho tiver boa estabilidade.

**Tabela 1.** Concentração característica (para 1 % de absorção) de alguns elementos de interesse agrícola determinados pelas técnicas de espectrofotometria de absorção atômica com chama (AA) e com forno de grafite (FG).

Elemento <sup>(1)</sup>	Concentração característica	
	AA <sup>(2)</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	FG <sup>(3)</sup> (Pg/0,0044 A <sup>(4)</sup> )
Al	1,1	10,0
Ca	0,09	0,8
Cd	0,03	0,4
Cr	0,08	3,0
Cu	0,08	4,0
Fe	0,11	5,0
K	0,04	0,8
Mg	0,01	0,3
Mn	0,05	2,0
Mo	0,67	9,0
Na	0,01	1,0
Ni	0,14	13,0
Pb	0,45	10,0
Si	2,1	40,0
Zn	0,02	0,1

<sup>(1)</sup> Medido em chama na mistura de gases de ar-acetileno ou de óxido nitroso para Cr, Mo, Al e Si.

<sup>(2)</sup> Perkin-Elmer (1994).

<sup>(3)</sup> Perkin-Elmer (1985).

<sup>(4)</sup> Expresso em picogramas (10<sup>-9</sup> g) em 20 x 10<sup>-6</sup> L de solução necessários para obter um sinal de 0,0044 unidades de absorvância.

### 2.3.2 Fotômetro de chama

O fotômetro de chama é o equipamento preferencial para a determinação de K e Na, por estes serem facilmente excitados em baixa temperatura (utiliza-se como combustível o gás de cozinha com ar para formar a chama), emitindo radiação característica no retorno ao estado fundamental.

Embora a maioria dos espectrofotômetros de AA permita leituras em emissão, K e Na são mais convenientemente determinados por fotometria de chama. A elevada temperatura da chama em AA em geral ioniza excessivamente esses átomos, dificultando a obtenção de resposta linear (BAKER; SUHR, 1982). No entanto, alguns laboratórios têm utilizado com sucesso o espectrofotômetro para a determinação de potássio e sódio. Fotômetros de chama são equipamentos baratos, que utilizam fotocélulas e filtros de interferência adequados aos elementos a serem determinados, em lugar de monocromador.

As curvas padrão de potássio e sódio obtidas em fotômetros de chama em geral ajustam-se à equação potencial, em razão da auto-absorção em altas concentrações, da ionização na chama e da perda de sensibilidade da fotocélula. Pode-se, nesses casos, utilizar essa equação para os cálculos ou gravar uma escala com os teores do solo (para leitura direta) no mostrador do aparelho, se este for do tipo analógico.

### 2.3.3 Colorímetro UV-visível

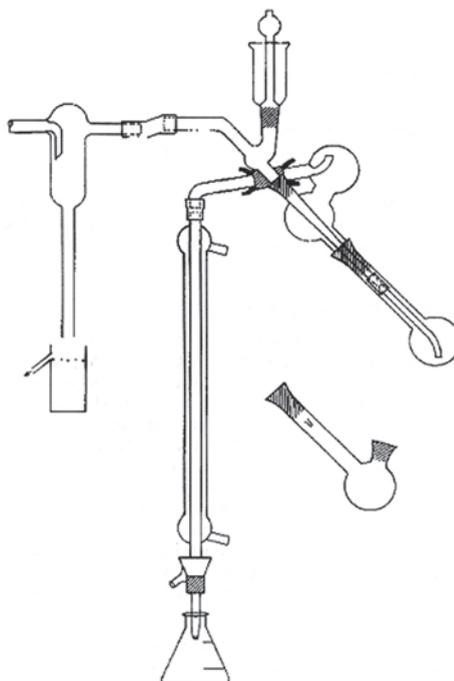
Esse equipamento é fundamental no laboratório de análises de solos e plantas, sendo utilizado nas determinações de P, matéria orgânica, B e S. O molibdênio (Mo) em plantas pode também ser determinado colorimetricamente (TEDESCO et al., 1995).

Um equipamento de boa qualidade com feixe simples e cubeta de 10 mm de caminho ótico é adequado, sendo recomendado o uso de estabilizador de voltagem. A faixa de trabalho em geral é de 400 nm a 900 nm.

### 2.3.4 Destilador de nitrogênio

A determinação das diferentes formas de N (N total,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NO}_2^-$ ) em solo é feita preferencialmente por destilação de arraste de vapor, por ser um método relativamente livre de interferências. Embora

existam destiladores semi-automatizados, o aparelho semimicro Kjeldahl, descrito por Bremer e Edwards (1965) e modificado por Tedesco et al. (1995), é muito utilizado por ser muito prático, como se pode notar na Fig. 1. O destilador tem baixo custo e pode ser montado por técnicos do próprio laboratório. Requer manutenção mínima e possui grande versabilidade e alta sensibilidade: até  $0,014 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NH}_4^+$  podem ser determinados, utilizando um frasco de destilação de 200 mL e destilando 100 mL de amostra (TEDESCO et al., 1995). Um operador trabalhando com dois aparelhos pode destilar até 240 amostras por dia num período de 8 horas.



**Fig. 1.** Conjunto modificado de destilação de amônia por arraste de vapor, com coluna d'água para controlar a saída do vapor.  
Fonte: Tedesco et al. (1995).

Além dos aparelhos apresentados, muitos outros são utilizados em laboratório de solos. Como exemplos, podem ser citados: potenciômetro, condutivímetro, bureta digital, moinhos, forno mufla e agitadores. Esses são aparelhos de menor custo, de boa qualidade e podem ser obtidos no mercado nacional.

## 2.4 Cuidados básicos na rotina de laboratório

Atualmente, implementam-se programas de treinamento especializado de técnicos de laboratório sobre normas de controle de

práticas laboratoriais (FERREIRA; GOMES, 1995), de modo que possam ser capazes de:

- Entender os princípios científicos dos procedimentos indicados para obter resultados confiáveis.
- Reconhecer potenciais fontes de erros (qualidade da água, mau funcionamento de equipamentos, utensílios descalibrados, reagentes de baixa qualidade, entre outros) nas tarefas analíticas.
- Estar adequadamente informados sobre os princípios de funcionamento dos equipamentos e dos métodos utilizados na rotina.

Entre as fontes de erro usualmente encontradas nas análises de solo, de plantas e de fertilizantes, destacam-se: o grau de pureza dos reagentes (mais detalhes no capítulo 1 da parte 3), a exatidão e a precisão das operações de medidas (balanças, cachimbos, etc.) e a qualidade da água.

A qualidade da água usada no preparo dos reagentes e na lavagem das vidrarias tem sido um problema constante em laboratórios de solo e de planta. Embora o destilador seja um equipamento barato, geralmente fica escondido, sendo muitas vezes negligenciado, perdendo eficiência operacional. Os contaminantes da água ficam concentrados no destilador, o que exige limpeza freqüente. O acúmulo de sais pode obstruir o sistema automático de ligação e ocasionar a queima das resistências no caso de falta de água.

Como solução para as situações acima, o laboratório necessita de um destilador com capacidade mínima de 10 L hora<sup>-1</sup>, operando 120 horas por semana. Um destilador menor e resistências, para eventual substituição, devem estar disponíveis.

A freqüência de limpeza depende do tempo de operação e da qualidade da água de alimentação (torneira). Dispondo de água de boa qualidade, com baixo teor de sais, conforme exemplificado na Tabela 2, recomenda-se drenar a água do bojo pelo menos três vezes por semana. Se a água contiver teores elevados de sais (em geral Ca e Mg) e material em suspensão (argila, óxidos, matéria orgânica), é recomendável drenar a água diariamente.

Alguns destiladores são equipados com dispositivos para drenar facilmente a água do bojo, bastando para tanto abrir um registro. Esse dispositivo, caso não venha incorporado ao aparelho, é fácil de instalar.

Mesmo com a drenagem freqüente da água do bojo do destilador, ocorre deposição de sais (crostas) sobre as resistências e no selo da campânula, que deve ser removida a cada 2 ou 3 meses, dependendo da composição da água de abastecimento.

**Tabela 2.** Impurezas na água de suprimento do laboratório (proveniente da torneira e da água com diversos tratamentos de purificação) em relação à água bidestilada (em mg L<sup>-1</sup>) – Departamento de Solos, UFRGS.

Elemento	Água de torneira	Água destilada	Água deionizada	Água destilada e deionizada
Cálcio	5,17	<0,01	0,18	<0,01
Magnésio	2,40	<0,001	0,015	<0,001
Potássio	1,3	<0,1	<0,1	<0,1
Fósforo	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Zinco	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Manganês	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Ferro	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09

A água destilada é utilizada para preparo de reagentes, soluções, etc. O conhecimento da qualidade da água de abastecimento e da água destilada e a conseqüente adoção de práticas de controle devem ser os primeiros cuidados do chefe do laboratório para manter a qualidade dos resultados analíticos.

A análise mostrada na Tabela 2, por exemplo, indica que a água de alimentação nesse caso contém teores baixos de Ca, Mg e K. Os outros elementos determinados estão presentes em teores muito baixos, não apresentando riscos de contaminação das amostras, mesmo no caso do P e dos micronutrientes Cu e Zn. Um simples cálculo pode mostrar que não há necessidade de enxaguar os frascos de extração de K com água destilada: se eles retiverem 0,2 mL de água na secagem (em posição invertida) e se for utilizada solução extratora na relação solo:solução de 3,0:30,0 mL, o erro positivo será de 0,009 mg L<sup>-1</sup> na solução de leitura de K, ou de 0,09 mg dm<sup>-3</sup> de K no solo. Pode-se, portanto, adotar a técnica de não enxaguar os frascos com água destilada, com grande economia de tempo e material.

Em relação ao Ca e ao Mg, a contaminação é ainda menor, por causa do maior fator de diluição.

## 2.5 Tipos de análises

### 2.5.1 Solo para fins de fertilidade

Os laboratórios que fazem análises de solo com a finalidade de diagnóstico da fertilidade para recomendações de adubação, geralmente

denominadas “de rotina”, utilizam um número adequado de determinações para atingir esse objetivo. Essas determinações e a respectiva metodologia analítica (protocolos) são normatizadas para os laboratórios integrantes do mesmo sistema, que em geral utilizam o mesmo controle de qualidade. Por exemplo, os integrantes da rede de Laboratórios de Análise de Solos dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (24 laboratórios) determinam como análise “de rotina”: pH em água; teor de argila; P e K disponíveis; matéria orgânica; Al, Ca e Mg trocáveis e índice SMP. Essas determinações possibilitam calcular a acidez total (H + Al), CTC, e saturação por base ou por Al. Com a devida interpretação, podem ser feitas as recomendações para a correção da acidez e a adubação ( SBCS/ NRS, 2004). O laboratório executa também, caso solicitado, outras determinações, como, por exemplo: micronutrientes, Na, condutividade e metais pesados. Outras redes de laboratórios, como os que adotam a metodologia analítica proposta pelo Instituto Agrônomo de Campinas, utilizam metodologia adequada ao mesmo objetivo, mas com ênfase na determinação do pH em  $\text{CaCl}_2$  e K, Ca e Mg extraídos por resina (RAIJ et al, 1987). Detalhes da metodologia são dados no capítulo 1 da parte 2.

- Análise de nutrientes em tecido vegetal para diagnose nutricional: determina-se as concentrações de nitrogênio, fósforo, enxofre, boro, cloreto, silício, sódio, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco, molibdênio, alumínio.
- Em relação às análises de fertilizantes orgânicos, inorgânicos e organominerais (capítulos 3 e 4 da parte 2): métodos simplificados (nitrogênio, fósforo solúvel em água, total e solúvel em citrato neutro de amônio mais água e em ácido cítrico a 2 %, relação 1:100, potássio, boro, enxofre) e métodos oficiais (nitrogênio, fósforo total, solúvel em água, solúvel em citrato neutro de amônio mais água e em ácido cítrico a 2 %, relação 1:100, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, zinco, cobre, manganês, ferro, cobalto), entre outros métodos oficiais aprovados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Análise de corretivos: granulometria, teores de óxido de cálcio e de magnésio, análise do poder de neutralização (PN), cálculo do PRNT (poder relativo de neutralização total).

### 3. Automação de rotinas laboratoriais

Trata-se da utilização de alguns utensílios (dosadores, pipetadores, entre outros) para otimizar as rotinas analíticas no laboratório, com o

propósito de aumentar a produtividade dos operadores e proporcionar uma redução de custos.

### 3.1 Utilização de volumes de solo

O laboratório de análises de solos deve analisar um grande número de amostras a baixo custo, principalmente em períodos de pico de demanda. A sistematização do tratamento das amostras e as rotinas analíticas devem ser estabelecidas para possibilitar alta eficiência. Em geral, as amostras são acondicionadas em caixas, com um número variável de 30 a 50 provas cada uma (com prova em branco e amostra padrão).

Em lugar de massa de solo, utilizam-se volumes de solo, retirados das caixas contendo as amostras moídas por medidas calibradas ou “cachimbos”, feitos de aço inox. O erro médio nesse procedimento de amostragem é em geral menor que 5 % (TEDESCO, 1985), perfeitamente aceitável em determinações com vista ao diagnóstico da fertilidade do solo.

### 3.2 Uso de pipetas automáticas

Os frascos de extração, de diluição e de leituras são também dispostos em conjuntos, de acordo com o número de provas das caixas de amostras. Por exemplo, no laboratório da UFRGS são utilizadas caixas com 40 provas (5 conjuntos de 8 provas). Obtém-se assim melhor utilização do espaço, sendo mais leves e adequadas aos trabalhos dos laboratoristas, além de serem compatíveis com os procedimentos que requerem o uso de bloco digestor, de 40 provas (para as determinações de S e B).

As soluções extratoras são adicionadas por pipetas calibradas, que são fixadas em painéis removíveis da estrutura de suporte, onde estão fixos os sistemas de vácuo/pressão. Dessa forma, consegue-se manter o uso racional do espaço de bancadas com um mínimo de tempo na substituição dos painéis, bastando desfazer duas ligações de mangueira de vácuo/pressão por conexões de engate rápido.

A retirada de alíquotas de extrato para diluição ou leitura é feita também com a utilização de pipetas automáticas. Após a retirada da alíquota de extrato, as pipetas devem ser lavadas pelo menos uma vez, seja com solução de diluição da alíquota, seja com reagentes para a

colorimetria. Por exemplo, se na determinação de fósforo a pipeta retiver 0,3 mL (2 gotas) de um extrato contendo  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, a contaminação para a amostra seguinte será de  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (a mais), se a pipeta não for lavada (diluição 1:1). Com uma lavagem, entretanto, a contaminação será de somente  $0,17 \text{ mg dm}^{-3}$ , que é aceitável na determinação do P no solo por esse método (com duas lavagens, a contaminação é reduzida para  $0,03 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

### 3.3 Seringas diluidoras

Alguns laboratórios utilizam dispensadores/diluidores feitos com seringas hipodérmicas de vidro, conforme procedimento adotado pelo IAC (RAIJ et al., 1987). Os mesmos cuidados para minimizar a contaminação entre amostras devem ser praticados. O sistema para a diluição deve ser adequado às características de cada laboratório e à metodologia adotada.

### 3.4 Lavadores de vidraria

São em geral utilizados esguichos pressurizados em número igual e no espaçamento dos frascos do conjunto de extração, montados num suporte metálico, sobre um tanque de dimensões adequadas. Do tanque, o solo é arrastado pelo líquido para um recipiente maior, para decantação. As diluições e os extratos para leitura são feitos em copos de plástico descartáveis (tipo cafezinho).

### 3.5 Outros sistemas de automatização

Os auto-analisadores e os sistemas de injeção em fluxo (FIA) podem ser também utilizados em análises de solos. Entretanto, apresentam alguns aspectos inconvenientes: ocupam grande espaço, por serem sistemas semipermanentes, e são relativamente caros. A análise de solo requer a determinação de muitos parâmetros e a utilização racional e ágil do espaço do laboratório.

Utilizam-se também equipamentos de laboratório já informatizados, aplicações desenvolvidas (aplicativos) sob encomenda e softwares comerciais (planilhas eletrônicas, banco de dados, geradores de gráficos, coletores de dados, controle estatístico, edição de texto para relatórios e outros específicos).

## **4. A utilização da informática no gerenciamento do laboratório**

A aplicação da informática em laboratório de análises de solo, plantas e fertilizantes pode ocorrer em quatro fases de trabalho: organização e gerenciamento da informação analítica interna no laboratório; controle estatístico do processo para fins de qualidade; interpretação de resultados analíticos nos laudos a serem emitidos, por exemplo, usando sistemas especialistas e modelos matemáticos; e disponibilização de resultados via Internet.

### **4.1 Controle estatístico de processos para fins de qualidade**

A qualidade dos resultados analíticos deve ser a principal preocupação do responsável pelo laboratório, o que é realizado por técnicas de controle estatístico de processos, que é a base dos programas de controle de qualidade em laboratórios de solos e de plantas.

No controle de qualidade, pode ser utilizado o padrão interno do laboratório, incluído em cada lote de amostras. Pode-se estudar assim a variação dos parâmetros analisados e a precisão dos métodos adotados.

O controle de qualidade por amostras-padrão externas é de grande importância na avaliação do desempenho do laboratório. Programas de controle de qualidade são adotados em várias regiões do País, tanto para solo como para tecido de plantas. Os selos de qualidade analítica que esses programas podem fornecer aos laboratórios com bom desempenho são fatores essenciais e necessários para a credibilidade do laboratório entre seus usuários, mas nem sempre isso é suficiente para garantir a qualidade do laudo final emitido. Entretanto, na maioria das vezes, as ações desses programas voltam-se ao monitoramento da qualidade no decorrer do ano e limitam-se à emissão de listas de laboratórios aptos ao uso de selo de qualidade. Muitos laboratórios de análises de solos e de tecidos de plantas do Brasil participam de grupos de controle de qualidade dos resultados (capítulo 1 da parte 3).

A utilização de recursos computacionais para aumento da eficiência e controle dos resultados analíticos dos laboratórios cresce intensamente, tornando-se um investimento necessário. A impressão de laudos é a tarefa mais simples do computador. A conferência de dados,

rejeitando valores espúrios (por exemplo: pH = 5,4, em lugar de 5,4) ou alertando sobre resultados inusitadamente altos (*outlayers*) ou baixos é outra aplicação importante.

A análise da coerência interna de dados de uma análise é muito útil no estudo dos resultados. Por exemplo, alto teor de  $Al^{+3}$  trocável não é compatível com valores de pH superiores a 5,6. A recomendação de calcário pelo índice SMP pode ser comparada com a recomendação dada pela equação que considera os teores de matéria orgânica e  $Al^{+3}$  trocável (sistema dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina) (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995). O laboratório de Análises de Solo do Instituto Agrônomo de Campinas utiliza um sistema próprio para essa finalidade (capítulo 1 da parte 3).

Um maior detalhamento do controle de qualidade foi abordado no capítulo 1 da parte 3 deste manual, sendo aqui demonstrada a relação entre os processos automatizados pela informática e a necessidade do controle estatístico desses mesmos processos que ocorrem no laboratório.

## **4.2 Sistema de gerenciamento de informações laboratoriais (LIMS)**

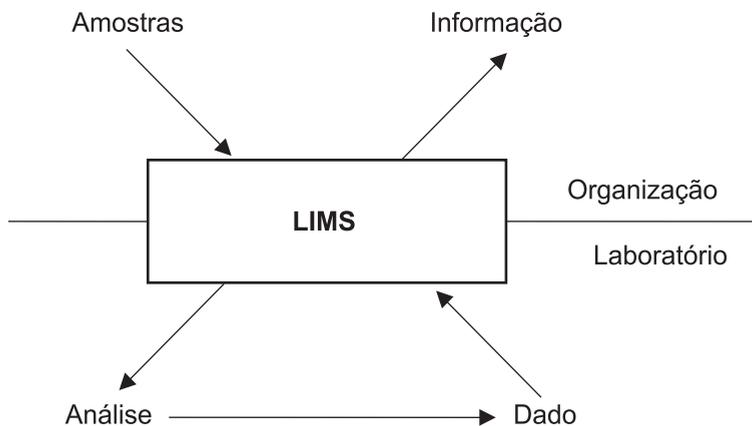
A função principal de muitos laboratórios analíticos é gerar e apresentar informações, de forma rápida, para a tomada de decisão. Um Laboratorial Information Management System (LIMS) é uma das ferramentas de automação de laboratório à disposição do analista, para ajudá-lo a realizar essa função (MCDOWALL, 1995). Embora o LIMS não seja o responsável pelas análises dos dados, ele pode servir de base para integrar as operações executadas nos laboratórios e estes à organização. Um LIMS pode oferecer ao laboratório recursos para automatizar o processo de criação e disponibilização de informação, bem como ser uma plataforma de disseminação de informação para o cliente e o gerente da organização.

### **4.2.1 Implementações e benefícios do LIMS**

Um LIMS é diferente de qualquer parte de um equipamento para automação laboratorial disponível em um laboratório químico. Ele pode fornecer benefícios tanto dentro do laboratório quanto fora dele. Segundo McDowall (1995), os benefícios são:

- No laboratório – gerador de informação.
- Na organização – provedor de informação para o usuário.

A Fig. 2 exibe um conjunto de funções que um LIMS deve garantir. O diagrama mostra um LIMS situado na fronteira entre o laboratório e os demais compartimentos da organização. Amostras são preparadas na organização e repassadas para o LIMS. Elas são analisadas no laboratório, os dados são gerados e transformados dentro do LIMS em informações, que são repassadas de volta para a organização. Segundo McDowall, esse é um posicionamento ideal do LIMS, pois tanto a organização quanto o laboratório são beneficiados.



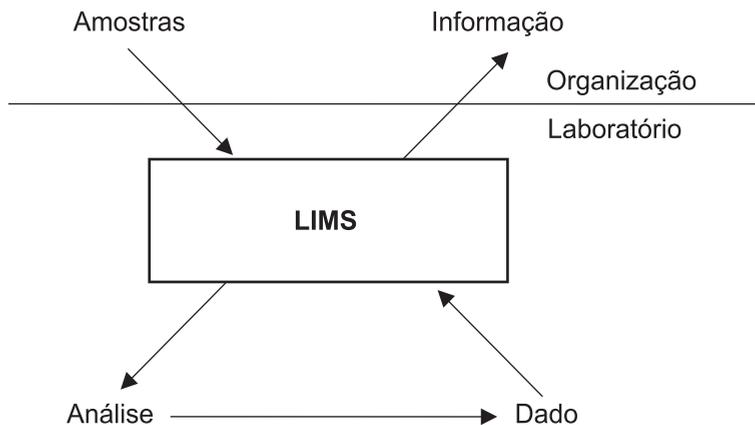
**Fig. 2.** Implementação ideal de um LIMS.

Fonte: McDowall (1995).

Além disso, existem duas outras implementações possíveis com o LIMS, que resultam no posicionamento diferente da fronteira entre o laboratório e a organização.

A Fig. 3 exibe a implementação mais comum de LIMS, encontrada nos década de 1980. As funções principais são as mesmas mostradas na Fig. 2, mas a ênfase na implementação é diferente. A fronteira entre a organização e o laboratório deslocou-se para cima, e o benefício do LIMS é quase que exclusivamente do laboratório, sobrando pouco para a organização. Aqui, o LIMS é um instrumento para o laboratório, de modo que poucos o utilizam. O sistema é construído de baixo para cima,

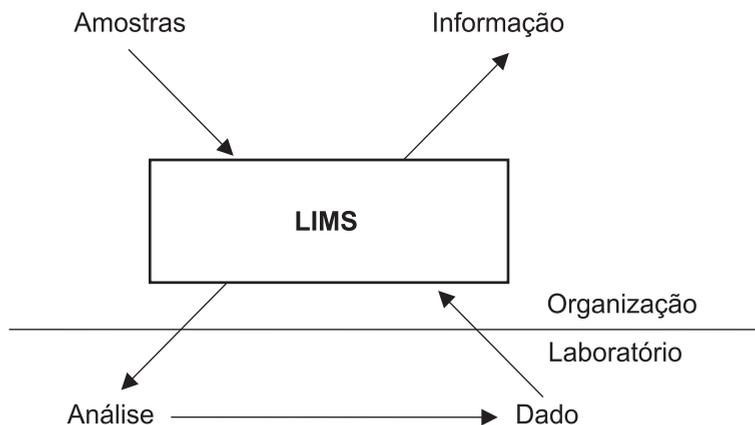
sem levar em consideração o que acontece fora do laboratório, e os benefícios são destinados ao laboratório e não à organização.



**Fig. 3.** Implementação de sistema com ênfase no laboratório de análise e não na organização, modelo *button-up*.

Fonte: McDowall (1995).

Outra forma de implementação de LIMS é mostrada na Fig. 4. Ela utiliza uma abordagem *top-down*, na qual o gerente máximo, ou o grupo de tecnologia de informação da organização, decide se um LIMS deve ser implementado. Nesse momento, pouca importância é dada ao



**Fig. 4.** Implementação de sistema com ênfase na organização e não no laboratório, modelo *top-down*.

Fonte: McDowall (1995).

laboratório, já que as atenções estão voltadas para a organização. A análise e os dados, incluindo as funções do LIMS, são ignorados, o que permite ao *staff* o espaço e as justificativas para desenvolver sua própria alternativa de soluções para o processamento local.

Como se pode ver, comparando as três abordagens, existe um equilíbrio a ser encontrado entre a necessidade da organização e a do laboratório. A interface entre os dois segmentos deve ser cuidadosamente definida. Portanto, a implementação inicial deve ser em direção ao laboratório, gerador de informação. A automação do gerador de informação é a chave para o sucesso de todo o LIMS (MCDOWALL, 1995).

### 4.2.2 Requisitos para um LIMS

Nos últimos 20 anos, profissionais da área médica, por exemplo, vêm se tornando cada vez mais dependentes do amplo conjunto de sofisticados serviços de diagnósticos oferecidos pelos laboratórios clínicos. Os instrumentos analíticos automatizados geram um aumento na variedade e no volume de informações de testes e também um aumento na velocidade com que elas são geradas. Dessa forma, o custo de manutenção do hospital sofre um aumento de 10 % (BRENDER; MCNAIR, 1996).

Baseado nesse crescimento, os aspectos racionalização e integração de laboratórios passaram a receber maior atenção. Esses fatos levaram os administradores de hospitais, os fornecedores de equipamento, os técnicos de laboratório e os médicos a encontrar uma forma de:

- Assegurar que a informação relevante seja recuperada.
- Assegurar que os resultados significativos estejam sempre disponíveis, quando e onde eles forem necessários e com qualidade.
- Ajudar os clínicos a filtrar as informações.
- Assegurar que os serviços de suporte a diagnósticos operem “informações imediatas”.

Os modernos laboratórios clínicos são complexos e heterogêneos, executam tanto aplicações autônomas quanto integradas – rodando em equipamentos de características diferentes –, tornando, assim, maior a dependência em relação à tecnologia da informação.

Atualmente, o desenvolvimento da tecnologia aplicada a laboratórios clínicos é tão rápido que os fornecedores de produtos estão com dificuldades em absorver, decidir e integrar novas tecnologias/técnicas disponíveis em uma versão global de um LIMS. Uma solução óbvia para esse domínio é baseada no conceito de sistemas abertos e interconectados, interagindo no nível funcional (BRENDER; MCNAIR, 1996).

A diversidade de práticas laboratoriais, bem como o tamanho (volume de dados, repertório analítico), o equipamento e as metodologias analíticas implicam que nenhum paradigma para a solução do modelo de LIMS contemplará em detalhes todos os laboratórios clínicos, exceto generalidade e flexibilidade, que são explicitamente construídas dentro do modelo.

Um LIMS, visto sob a ótica de um instrumento para controlar operações e o desempenho no laboratório, deve ser um sistema aberto, e sua arquitetura deve ter as seguintes características:

- Interoperabilidade entre subsistemas fornecidos por vários fabricantes e sobre diferentes plataformas.
- Interoperabilidade entre os LIMS existentes e um conjunto de novos subsistemas apoiados em modernas tecnologias de informação (TIs).
- Mecanismos para uma rápida, fácil e flexível personalização.
- Troca de informação com outros sistemas de informação voltados para cuidados com a saúde.
- Acoplamento de um novo equipamento.

Além das características mencionadas, outras podem ser encontradas em Brender e McNair (1996), com respeito, principalmente, ao gerenciamento, à segurança e à integração.

Os diversos requisitos que os LIMS terão no futuro fazem crer que eles serão entidades muito dinâmicas e integradas. Acoplados a TIs para laboratórios, otimizarão o controle e o gerenciamento da qualidade, quaisquer que sejam as mudanças operadas na organização.

### **4.2.3 Gerenciando o funcionamento de um LIMS aberto**

Os ambientes computacionais dos laboratórios clínicos variam bastante, desde um simples sistema de informação monolítico, que centraliza o planejamento e os processos de investigação laboratoriais,

até uma variedade de aplicações para investigações específicas executadas em laboratório. Introduzir aplicações nesses ambientes computacionais e integrá-las a eles é muito difícil (WADE et al., 1996).

Segundo o projeto OpenLabs (WADE, 1994, citado por WADE et al., 1996), para facilitar o crescimento dos sistemas voltados para laboratórios clínicos é preciso fornecer suporte aos serviços dos laboratórios clínicos em um sistema computacional distribuído, aberto. O propósito dessa abordagem é permitir que diferentes aplicações específicas a laboratórios clínicos interoperem sobre uma plataforma computacional aberta, desprezando o fato de que esses sistemas funcionam sobre diferentes plataformas e estão distribuídos em uma rede local.

Para que essa abordagem tenha sucesso, dois difíceis problemas têm de ser resolvidos ( WADE et al., 1996).

- O primeiro: a tarefa em execução por esses sistemas distribuídos deve estar integrada, monitorada e coordenada localmente (o suporte deve ser dado ao planejamento e à ativação automática das atividades computacionais no laboratório).
- O segundo: o gerenciamento de vários serviços laboratoriais deve ser integrado para garantir o próprio controle, a administração dos gastos e o monitoramento do ambiente computacional do laboratório.

Para encontrar soluções para os problemas apresentados, importantes aspectos devem ser considerados (WADE et al., 1996): a habilidade de monitorar e automatizar o fluxo de trabalho envolvido na execução das investigações realizadas no laboratório, bem como a de assegurar o correto funcionamento dos sistemas distribuídos que processam essa tarefa. Segundo Wade, o gerenciamento do fluxo de trabalho e do sistema distribuído também facilita a introdução de serviços laboratoriais de caráter clínico, em um ambiente computacional já existente no laboratório.

### **4.3 Gerenciamento do fluxo de trabalho no laboratório**

O gerenciamento do fluxo de trabalho é uma técnica nova da comunidade de Sistemas de Informação de Escritórios (OIS) e está usualmente voltado para gerenciar os serviços dos escritórios (ELLIS, 1994, citado por WADE et al., 1996).

Essa tecnologia está se expandindo para os processos externos de mais alto nível e de maior complexidade. Qualquer processo que seja amplo e arriscado, principalmente os serviços requeridos em um laboratório, pode se beneficiar do gerenciamento do fluxo de trabalho (SWENSON, 1995, citado por WADE et al., 1996).

Os sistemas *workflow* são utilizados para dar suporte a esses serviços. Na visão de Wade, um sistema *workflow* é uma aplicação proativa, que gerencia o fluxo de trabalho, consistindo de um número de tarefas ou atividades, de acordo com regras definidas.

Embora sejam sistemas que usualmente gerenciam o trabalho executado principalmente por seres humanos, os conceitos de *workflow*, modelos e tecnologias são muito utilizados no gerenciamento de tarefas automatizadas em sistemas de laboratório distribuídos.

Os sistemas *workflow* controlam o fluxo de trabalho por intermédio da organização, decidindo quais tarefas ou atividades devem ser realizadas no próximo passo. Como esses sistemas adotam uma abordagem de gerenciamento de fluxo de trabalho, as dificuldades encontradas na introdução de novos serviços no laboratório devem ser muito reduzidas.

Os sistemas *workflow* monitoram os participantes, garantindo a total execução de todas as atividades atribuídas, podem tomar decisões quando necessário e examinam o percurso para mais tarde analisar o desempenho.

### **4.3.1 Sistemas *workflow***

Atualmente, as empresas investem cada vez mais em plataformas de *hardware* altamente sofisticadas que, interligadas a um servidor e entre si, estão permitindo acesso às informações de qualquer parte da organização, o que possibilita grande integração do trabalho. Acoplados ao *hardware*, *softwares* de várias categorias estão presentes na tarefa de integração, sendo o sistema de *workflow* um deles.

Um *workflow* é definido como um conjunto de atividades processadas ao mesmo tempo (ou não) com alguma especificação de controle e fluxo de dados entre atividades relacionadas ou não (NICOLA, 1998).

Um *workflow* pode descrever tarefas dos processos de negócios em nível conceitual necessário para compreender, avaliar e projetar esses processos. Um dos principais objetivos do *workflow* é minimizar o

problema da coordenação do trabalho nos processos de negócios. O principal problema do sistema baseado em processos é que não é possível controlar as atividades que estão sendo executadas, tornando-se assim difícil monitorar quando (em que instante de tempo) determinada atividade é executada e quem a executa (<http://www.inf.ufrgs.br/~nicolao/artigo.html>).

A seguir, são apresentados alguns tipos de sistemas *workflow* (<http://cne.gmu.edu/modules/workflow/workflow-systems.html>):

- Sistemas de *workflow* baseados em imagem – Projetados para automatizar o fluxo de papel na organização, transformam o papel em “imagem” digital. Esses foram os primeiros sistemas de *workflow* a ter sucesso. Eles estão fortemente associados à tecnologia de *imaging* e enfatizam o roteamento e o processamento das imagens digitalizadas.
- Sistemas de *workflow* baseados em formulários – São sistemas projetados para inteligentemente direcionar formulários pela organização. Esses formulários diferem das imagens, são baseados em textos e consistem de campos editáveis. Os formulários são automaticamente dirigidos de acordo com as informações neles colocadas. Além disso, os sistemas baseados em formulários podem notificar as pessoas quanto a determinada ação ou avisá-las quando essa ação é esperada. Um exemplo desse tipo de sistema é encontrado em Teixeira e Tompson (1993).

Sistemas de *workflow* baseados em coordenação – Projetados para facilitar a finalização do trabalho, fornecem um modelo de trabalho para coordenação da atividade. O modelo de trabalho é voltado para o domínio do negócio no qual o ser humano tem interesse. Tais sistemas têm potencial para aumentar a produtividade da organização. Uma experiência com o uso desse tipo de sistema encontra-se descrita em: <http://cne.gmu.edu/modules/workflow/workflow-coordination.html> (TEIXEIRA; TOMPSON, 1993).

### **4.3.2 Mecanismos básicos de um sistema de *workflow***

Para que as tarefas descritas no item anterior possam ser executadas com sucesso, são necessários os seguintes mecanismos básicos (GOODMAN et al., 1995):

- Rastreador do fluxo de trabalho (*workflow tracking*) – É um requisito-chave. É por esse mecanismo que se registra o que aconteceu no laboratório. Sua função é semelhante à de um livro de registro. Esse registro constitui um histórico. Nele é registrado o que foi realizado, quando foi realizado, quem realizou e os resultados obtidos. Todas essas informações podem ser utilizadas para analisar o fluxo de trabalho no laboratório – como encontrar o tempo despendido entre a realização de tarefas –, para investigar irregularidades no resultado final, etc.
- Controlador do fluxo de trabalho – É outro elemento básico, com a função de controlar o que está acontecendo enquanto os passos definidos no fluxo de trabalho são executados.
- Modelador do fluxo de trabalho – A modelagem do fluxo de trabalho torna explícito o gerenciamento do fluxo (GOODMAN et al., 1995) e suporta os mecanismos já comentados. O sistema gerenciamento de fluxo de trabalho descreve um protocolo para o laboratório, ou para parte dele, com o esquema do fluxo de trabalho que mostra a ordem dos relacionamentos e as dependências de dados entre as várias etapas a serem executadas.

Um formalismo chamado *workflow meta-model* é utilizado para especificar o esquema de trabalho e a forma como será executado. A modelagem do fluxo de trabalho exerce um papel fundamental por unificar e abstrair o gerenciamento e o controle do fluxo de trabalho, permitindo que essas funções sejam executadas automaticamente pelo *software* de gerenciamento de fluxo de trabalho. Desse modo, as aplicações não têm a função de coordenar o rastreamento do fluxo de trabalho nem de exercer o controle sobre ele. Conseqüentemente, um *workflow meta-model* deve ser capaz de ambos: tanto de descrever a informação histórica que está armazenada quanto de fornecer a informação necessária ao controle de execução do fluxo de trabalho em tempo real.

### **4.3.3 Utilização de sistemas de *workflow* no laboratório**

O Workflow Management Software for Genome-Laboratory Informatics é um projeto que vem sendo desenvolvido no MIT Center for Genome Research/Whitehead Institute for Biomedical Research. Nesse

projeto, todos os esforços são direcionados para a construção de um sistema para solucionar problemas críticos de um grande laboratório de *genome*, que é controlar o fluxo de trabalho existente no laboratório e gerenciar os dados produzidos. O sistema desenvolvido se apóia em manual complexo, disponível na Web e nas atividades automatizadas existentes no laboratório, incluindo planejamento e configuração de experimentos, controle de robô, captura de dados, análises preliminares e controle de qualidade e repasse dos resultados.

O objetivo desse projeto é fornecer componentes para:

- Aumentar a funcionalidade da metodologia de especificação do fluxo de trabalho (*workflow meta-model*) atualmente em uso no Centro de Pesquisa de Genome (CGR) (STEIN et al., 1995, citado por GOODMAN et al., 1995).
- Construir um sistema para gerenciamento do fluxo de trabalho tendo como base o CGR, para facilitar seu uso e adequá-lo à metodologia gerada.
- Generalizar o sistema construído de tal forma que possa trabalhar com o LabBase (ROZEN et al., 1995a, 1995b, 1995c, citados por GOODMAN et al., 1995), como gerenciador de dados, e também ser usado com SYBASE (MCGOVERAN; DATE, 1992; KIRKWOOD, 1993, citados por GOODMAN et al. 1995), ou com o sistema AceDB (THIERRY-MIEG; DURBIN, 1992; DUNHAM et al., 1994, citados por GOODMAN et al., 1995).

O mérito desse projeto está no fato de ser um sistema fácil de usar, robusto e portátil, com modelo e características operacionais necessários aos laboratórios de *genome*.

Segundo Goodman et al. (1995), o gerenciamento do fluxo de trabalho facilita o acompanhamento do curso das amostras no laboratório, por meio da interconexão dos protocolos, e de tomada de decisões no dia a dia, com base no *status* atual dos protocolos.

Centrado nos conhecimentos apresentados em Goodman et al. (1995), o CGR desenvolveu um sistema de gerenciamento do fluxo de trabalho para apoiar o projeto de mapeamento de YAC/STS dos seres humanos (STEIN et al., 1995, citados por GOODMAN et al., 1995). Esse gerenciador permite ao projetista construir um esquema para o fluxo de trabalho, que consiste nos estados (representando as atividades pendentes) e nas transações que o projetista define e armazena no formato de tabela de dados. O projetista pode estabelecer algumas condições para as transações nessa mesma tabela.

O sistema desenvolvido para CGR fornece informações sobre as atividades pendentes. Elas podem ser encontradas em relatórios tradicionais ou nos e-mails enviados para o supervisor do laboratório. Além disso, o sistema fornece informações para avaliar o progresso das atividades e, em alguns casos, determina as ações que devem ser tomadas para a execução dos próximos passos.

Atualmente, o sistema vem sendo usado de forma freqüente para implementar fluxo de trabalho semi-automático para grandes protocolos (*workflow meta-model*) utilizados no CGR.

## **5. Utilização da informática na organização de dados, de informação e de conhecimentos gerados no setor agrícola**

No momento em que a globalização da economia se torna uma realidade, criando uma situação de alta competitividade, algumas empresas começam a diminuir a produtividade dos recursos e a priorizar o serviço ao cliente, sem contar que dispõem de grandes volumes de dados de alta complexidade. A tecnologia é o diferencial nessa era da informação e do conhecimento cujos aliados são os softwares, os computadores e a Internet.

Os avanços das tecnologias de informação e comunicação permitem que se desenvolvam aplicações em áreas pouco convencionais, como em laboratórios e campos experimentais agrícolas. Nesta seção são apresentados alguns exemplos de sistemas no setor agrícola que utilizam essas tecnologias para manipular dados, informação e conhecimentos com benefícios quantitativos e qualitativos.

Antes de descrever essas tecnologias de informação e comunicação, é necessário fazer uma distinção entre dado, informação e conhecimento.

Na Fig. 5, é ilustrada a estrutura dos dados, informação e conhecimento.

- O dado é um elemento puro, quantificável sobre um determinado evento. Geralmente, os dados são utilizados no ambiente operacional, registrados numa base de dados, selecionados e recuperados dela ou das mais variadas formas de documentos eletrônicos (textos, música, imagem de satélite, programa de rádio, vídeo, entre outros). O dado por si só não oferece embasamento para o entendimento de sua situação.

- A informação é o dado analisado e contextualizado. Envolve a interpretação de um conjunto de dados a partir do estabelecimento de um contexto ou de uma referência.
- O conhecimento refere-se à habilidade de criar um modelo mental que descreva o objeto e indique as ações a implementar, as decisões a tomar. A compreensão, análise e síntese, necessárias para a tomada de decisões inteligentes, são realizadas a partir do nível do conhecimento.



**Fig. 5.** Estrutura de dados, informação e conhecimento.  
Fonte: Rezende (2003).

O desafio da década de 1980 foi migrar os dados para as informações, por meio do desenvolvimento dos sistemas de informação, que tinham por finalidade analisar dados e organizar a informação para melhorar o processo decisório empresarial. Naquela época, os conceitos de banco de dados e de sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) tornaram-se intrínsecos aos sistemas de informação. A partir da década de 1990, o desafio passou a ser a criação de sistemas capazes de representar e processar conhecimento em resposta às diferentes necessidades de indivíduos, grupos e culturas. Neste momento, surgem outros conceitos, como sistemas inteligentes (SIs), Data Warehouse, mineração de dados, entre outros. Simultaneamente à evolução das tecnologias de informação, ocorreu uma explosão das tecnologias de comunicação por causa do grande crescimento da Internet.

Nesta seção, são apresentados alguns conceitos e exemplos das principais tecnologias de informação e comunicação utilizadas no setor agrícola, como:

(a) Os principais conceitos de banco de dados e um exemplo de sistema de banco de dados na área de experimentos em manejo de fertilizantes para cana-de-açúcar (BDCana).

(b) *Data warehouse* e um exemplo de aplicação dessa tecnologia.

(c) Recursos de informação em meio eletrônico e um exemplo de aplicação para manipulação deles.

Também são introduzidos conceitos de sistemas inteligentes (SIs) que diferem de aplicações tradicionais como base de dados, processadores de textos e planilhas eletrônicas. Enquanto essas aplicações tradicionais utilizam abordagens manuais para manipular dados e informação, os SIs podem manipular símbolos que representam entidades do mundo real e assim facilitar a manipulação do conhecimento de um determinado domínio de especialidade. São apresentadas algumas abordagens estatísticas na interpretação de resultados analíticos para fins agronômicos.

Para finalizar, mostra-se como utilizar a Internet para tornar disponível a informação gerada em laboratórios e campos experimentais agrícolas e apresentam-se alguns exemplos de serviços básicos e especiais disponíveis na Internet para ser utilizados no processo de transferência de tecnologias e conhecimentos do setor agropecuário.

## 5.1 Base de dados

Guimarães (2003) define base de dados ou banco de dados como uma coleção de dados relacionados entre si. Esses dados correspondem ao valor de um campo armazenado como matéria-prima para obtenção de informação. Podem ser caracteres, números e, nos últimos anos, música, imagem de satélite, programa de rádio, filme, etc. A informação corresponde a dados compilados e processados de acordo com solicitação de consultas e análises.

Uma base de dados representa algum aspecto do mundo real, ou seja, atende a um propósito específico de um determinado grupo de usuários. Para tal, ela é projetada, construída e preenchida com dados, por meio de aplicações pré-concebidas para esse fim (GUIMARÃES, 2003; TAKAI et al., 2005) e, além disso, deseja-se armazenar esses dados para uso futuro. Usualmente, bases de dados requerem o acesso simultâneo ou concorrente por vários usuários.

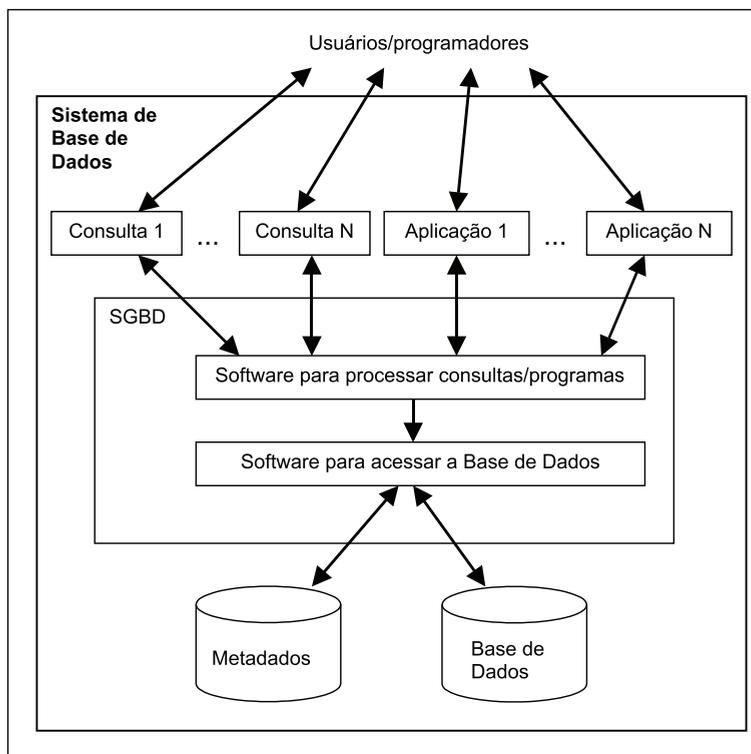
O modelo da base de dados pode ser: plano ou tabular, em rede, relacional ou orientado a objeto.

- O modelo plano consiste de uma matriz simples, bidimensional, composta por elementos de dados (inteiros, números reais, etc). Esse modelo é a base das planilhas eletrônicas.

- O modelo em rede amplia o modelo de plano, permitindo a adição de múltiplas tabelas. As tabelas são relacionadas por meio de referências, o que pode ser visualizado como uma estrutura de rede.
- O modelo relacional, um dos mais utilizados atualmente, consiste no gerenciamento de dados baseado na teoria matemática de conjuntos, que assume uma estrutura regular ou “normalizada” de elementos – também chamados de entidades – organizados em listas simples ou conjuntos de valores que podem estar relacionados uns aos outros (OLOFSON, 2003). As bases de dados relacionais permitem aos usuários escrever consultas (*queries*) que não foram antecipadas por quem as projetou. Com isso, essas bases de dados podem ser utilizadas por diferentes programas de aplicações e durante décadas.
- O modelo orientado a objeto (OO), desenvolvido a partir de necessidades não atendidas pelo modelo relacional, tem ganhado mercado nos últimos anos. Possui a capacidade de lidar com objetos complexos – como textos, gráficos, imagens, músicas, vídeos –, e objetos dinâmicos – como sistemas de informações gráficas, experiências científicas e simulações (ELMASRI; NAVATHE, 2005). A unidade de armazenamento desse modelo de base de dados é o objeto juntamente com suas características. Aos programadores são permitidos o compartilhamento concomitante e a continuidade das informações nas aplicações.

Um sistema gerenciador de base de dados (SGBD) é uma coleção de programas que permitem aos usuários criar e manipular uma base de dados (GUIMARÃES, 2003). Geralmente, um SGBD provê mecanismos para manipular quaisquer modelos de bases de dados, além de facilitar o processo de definir, construir e manipular bases de dados de diversas aplicações. Definir uma base de dados envolve a especificação de tipos de dados a serem armazenados nela. Construir uma base de dados é o processo de armazenar os dados em algum meio que seja controlado pelo SGBD. Manipular uma base de dados indica a utilização de funções como a de consulta, para recuperar dados específicos, modificação da base de dados (inserções, atualizações e remoções) e geração de relatórios. A base de dados e o software de gerenciamento da base de dados compõem o chamado Sistema de Base de Dados. A Fig. 6 apresenta um esquema genérico de um sistema de base de dados em sua interação com seus usuários. A abordagem de Base de Dados suporta diversas

aplicações, utiliza metadados para descrever os dados e os representa de forma conceitual. Com isso, eliminam-se redundâncias e facilitam-se a manutenção e as consultas à base. Um metadado é definido como sendo dado sobre dado, ou seja, descreve os atributos e o conteúdo de um dado. Na Fig. 6, as setas representam a interação entre os componentes do Sistema de Base de Dados.



**Fig. 6.** Sistema de Base de Dados.

Fonte: adaptado de Takai et al. (2005).

Um SGBD provê o compartilhamento de dados a multiusuários por meio do controle de concorrência para assegurar que atualizações simultâneas resultem em modificações corretas. Provê também mecanismos de restrição de acesso aos dados compartilhados. Podem-se definir níveis de acesso, como restrição total, sem restrição e acesso somente à recuperação. Por exemplo, dados financeiros são considerados

confidenciais. Portanto, somente pessoas autorizadas podem ter acesso à recuperação e à modificação deles. Porém, um determinado grupo de usuários pode ter acesso somente à recuperação, e os demais usuários não podem acessar os dados confidenciais.

No que se refere à segurança dos dados, um SGBD fornece recursos para restauração dos dados caso ocorram falhas de hardware ou software. Esses recursos asseguram que a base de dados seja restaurada no estado anterior ao início da execução do programa ou, alternativamente, que o programa seja reexecutado a partir do ponto em que havia sido interrompido.

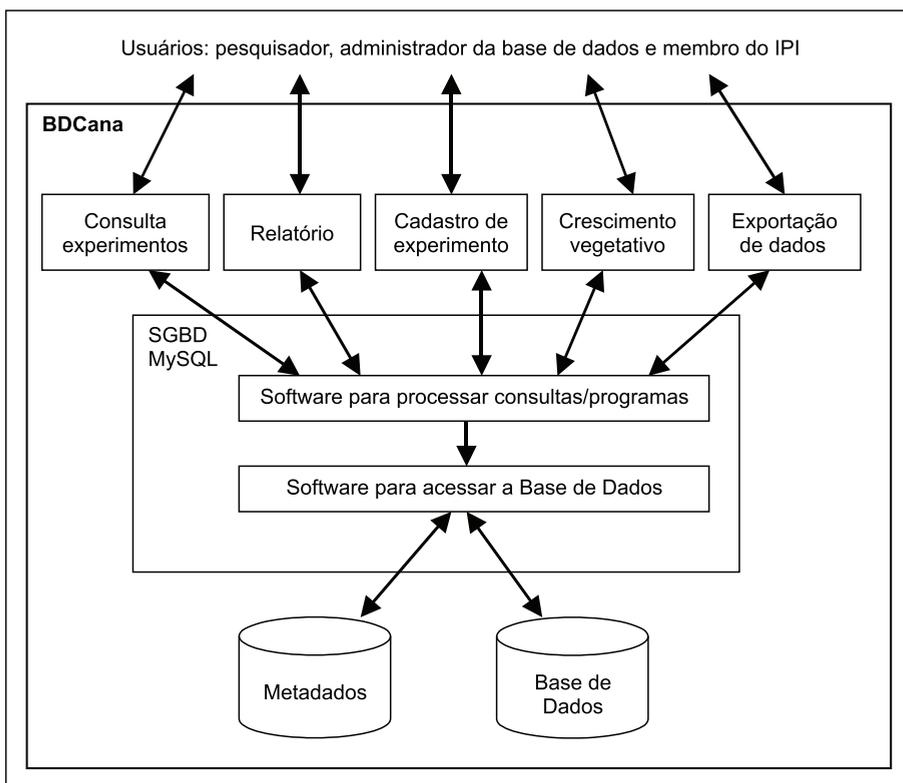
Exemplos de SGBDs são MySQL Database (MYSQL, 2006) e PostgreSQL (POSTGRESQL, 2006), produtos de código aberto (open source), e os produtos comerciais Microsoft Access (parte integrante do produto Microsoft Office) (MICROSOFT, 2003); o ORACLE 9i Database (ORACLE, 2006); DB2 Universal Database (IBM, 2006); SQL Server (MICROSOFT, 2006).

A escolha por um SGBD deve ser orientada por um profissional de informática especializado em administração de banco de dados. Esse profissional está habilitado a analisar as necessidades do sistema que se deseja automatizar (volume de dados, complexidade das relações dos dados, quantidade de usuários, número estimado de acessos simultâneos, etc.) e as características dos SGBD disponíveis (portabilidade, desempenho e estabilidade, recursos de hardware requeridos, custo de licença, etc.).

Um exemplo de sistema de base de dados é o Banco de Dados de Experimentos em Manejo de Cana-de-açúcar (BDCana), resultante da parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o International Potash Institute (IPI), o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena) da Universidade de São Paulo (USP) e o Grupo Cosan. Esse sistema adota o modelo relacional para organizar dados, gerar e tornar disponíveis informações sobre experimentos em manejo de fertilizantes para cana-de-açúcar (LEITE et al., 2004). Dessa forma, ele provê consulta a um grande volume de informações e possibilita assim a realização de trabalhos estatísticos elaborados com essas informações.

O sistema BDCana possui acesso restrito aos seguintes perfis de usuários: pesquisador, administrador da base de dados e membro do IPI. O acesso ao sistema é via Internet. A Fig. 7 mostra o acesso dos usuários à base de dados por meio do sistema BDCana. Esse sistema é composto por consultas (como parcela, perfil do solo, clima) e por aplicações (como

relatório, cadastro de experimento, cadastro do crescimento vegetativo e exportação de dados). O SGBD utilizado é o MySQL Database.

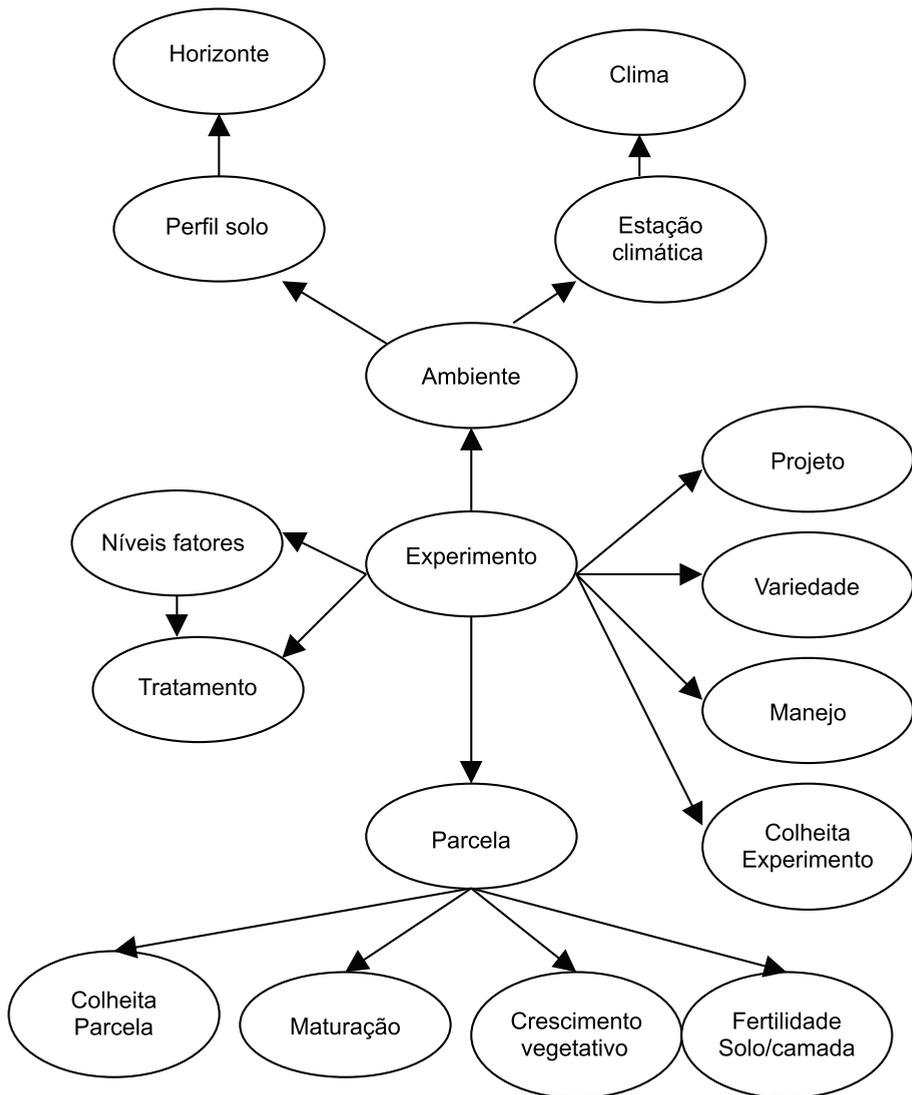


**Fig. 7.** BDCana: exemplo de Sistema de Base de Dados.

Fonte: adaptado de Takai et al. (2005).

A Fig. 8 mostra o esquema do relacionamento entre as entidades no sistema BDCana. A elipse representa uma entidade e a seta, a existência de um relacionamento. Segundo Leite et al. (2004), o experimento é a entidade central nesse modelo de relacionamento do BDCana. Um experimento é realizado em um ambiente que é caracterizado por informações de seu solo e clima. O solo possui dados de seu perfil, dispostos em horizontes, e os dados de clima são associados a uma estação climática. Além disso, o experimento é realizado no âmbito de um projeto que considera uma ou mais variedades de cana-de-açúcar e que pode ser submetido a vários tipos de manejo. Cada experimento possui diversos tratamentos que são resultantes de uma combinação de fatores de variação em diversos níveis.

Os tratamentos são aplicados em parcelas distintas, seguindo um número de repetições predefinido. Para cada parcela, são coletados dados da cultura referentes ao crescimento vegetativo, à maturação e à colheita da cana-de-açúcar, bem como dados relativos à fertilidade do solo por camadas. Também são armazenados dados de colheita relativos ao experimento como um todo.



**Fig. 8.** BDCana: esquema do relacionamento entre as entidades da base de dados. Fonte: Leite et al. (2004).

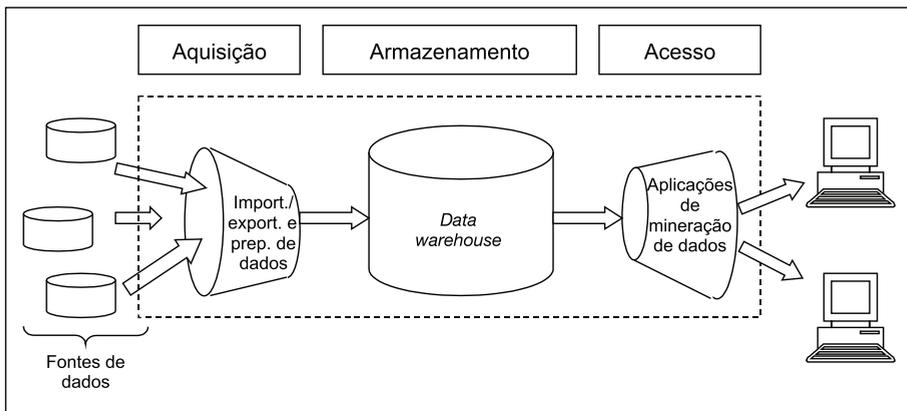
## 5.2 Data warehouse

A evolução da computação levou a novas demandas para coleta, armazenamento e gerenciamento de grande quantidade de dados. Segundo Rezende (2003), muitos desses dados possuem informações valiosas, como tendências e padrões que poderiam ser usados para melhorar as decisões de negócios, além de outras aplicações. Ao longo dos anos, as empresas construíram seus sistemas de base de dados e estão acumulando grande volume de dados. Porém, esses sistemas respondem, essencialmente, a consultas para satisfazer as necessidades rotineiras de uma empresa. Consultas mais complexas, como “qual produto de alta lucratividade venderia mais com a promoção de um item de baixa lucratividade, analisando os dados dos últimos dez anos de vendas?”, são demandadas pelos analistas de negócios. A resposta obtida é subsídio para o processo decisório e exige novas ferramentas especializadas em análise e extração de conhecimento (REZENDE, 2003).

A construção de um *data warehouse*, também conhecido como “depósito de dados” ou “armazém de dados”, é considerada um dos primeiros passos para tornar factível a análise de grande quantidade de dados no processo decisório. Um *data warehouse* é um ambiente composto de processos, ferramentas e recursos que tornam disponíveis informações de negócio precisas e inteligíveis para que indivíduos possam tomar decisões e obter vantagens competitivas no mercado (MATTISON, 1996). Esse ambiente possui uma coleção integrada de dados – organizada por assunto e por evento – para recuperar informações.

A arquitetura genérica de um *data warehouse* é composta pelos itens Aquisição, Armazenamento e Acesso, como mostra a Fig. 9. O componente de Armazenamento de dados (identificado na figura por “Data warehouse”) é uma base de dados física muito grande que mantém um amplo conjunto de informações a partir de uma variedade de fontes. Os dados dentro desse componente estão organizados de uma forma que facilita encontrá-los e usá-los. A atualização desses dados é feita freqüentemente por suas fontes geradoras. O componente Aquisição de dados é responsável pela importação/exportação de dados e preparação<sup>1</sup> para armazenamento no *data warehouse*. O componente Acesso inclui todas as diferentes aplicações de mineração de dados (*data*

<sup>1</sup> Essa preparação consiste na criação de Base de Dados departamentais ou setoriais, também chamadas Bases de Dados dimensionais



**Fig. 9.** Os três componentes de um sistema de *data warehouse*.

Fonte: Mattison (1996).

*mining*), entre elas as ferramentas On Line Analytical Processing (OLAP) e sistemas de suporte à decisão – Decision Support Systems ( DDS).

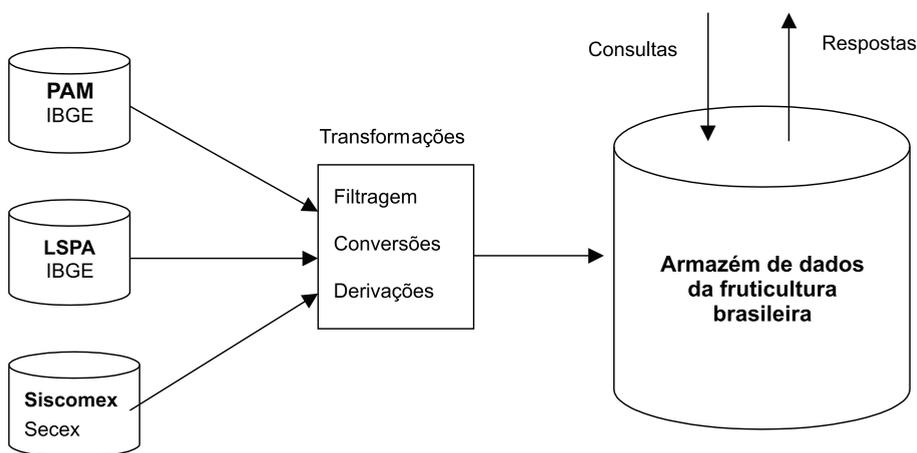
As ferramentas OLAP apresentam facilidades para realização de consultas complexas em várias Bases de Dados dimensionais, também chamadas Bases de Dados multidimensionais. Normalmente, essas consultas são orientadas a consultas dirigidas pelos usuários que possuem hipóteses que gostariam de comprovar ou, simplesmente, executam consultas aleatórias (REZENDE, 2003). Essa abordagem dependente do usuário pode impedir que padrões escondidos nos dados sejam encontrados de forma “inteligente”, uma vez que o usuário não terá condições de imaginar todas as possíveis relações e associações existentes em um grande volume de dados. Por isso, faz-se necessária a utilização de técnicas de análise dirigidas por computador que possibilitem a extração automática (ou semi-automática) de novos conhecimentos a partir de um grande repositório de dados. Essas técnicas são estudadas no campo de pesquisa chamado Extração de Conhecimento de Base de Dados – Knowledge Discovery in Database – (KDD) ou Mineração de Dados (Data Mining).

O Armazém de Dados da Fruticultura (ADF) (MEIRA et al., 2002) é um exemplo de construção de *data warehouse* no âmbito do Programa de Desenvolvimento da Fruticultura (Profruta), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Esse sistema integra e torna disponíveis informações de diversas bases de dados mantidas por diferentes instituições para consultas e permite análises para suporte à

tomada de decisões, como, por exemplo, indicação e direcionamento de programas de incentivo à produção e à exportação de frutas (MEIRA et al., 2002). Anteriormente, as consultas eram feitas de forma independente em cada banco de dados das diferentes instituições, e os resultados precisavam ser transportados – em alguns casos, redigitados – para planilhas eletrônicas, o que permitia análises com os dados integrados e em diferentes níveis de agregação. Atualmente, esse processo está sistematizado e automatizado no ADF, resultando em rapidez de acesso, flexibilidade na criação e manutenção das análises e confiabilidade nos resultados obtidos.

A ADF integra dados primários de produção e de comércio exterior de frutas. As fontes de dados utilizadas são os levantamentos de produção agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e um sistema de informação da Secretaria de Comércio Exterior (Secex/MDIC) (Fig. 10). Na última versão (v 1.3), foram incorporadas informações adicionais sobre produtores e empacotadores pertencentes à Produção Integrada de Frutas (PIF) fornecidas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

Conforme apresentado na Fig. 10, as fontes de dados do IBGE são o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) e a Pesquisa de Produção Agrícola Municipal (PAM). O LSPA apresenta estimativas de produção agrícola anual por estado, atualizadas ao longo do ano. Os atributos principais desse levantamento são a área plantada, a área



**Fig. 10.** Arquitetura do Armazém de Dados da Fruticultura Brasileira.

colhida, a quantidade produzida e o rendimento médio. A PAM consolida os dados finais do LSPA e adiciona dados de preço médio pago ao produtor e valor da produção. É realizada para todos os municípios do Brasil.

A fonte de dados da Secex é o Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex), que registra todas as exportações e importações de mercadorias realizadas pelas empresas nacionais. Seus dados indicam o ano e mês de exportação/importação, o estado que exportou/importou a mercadoria, qual o porto utilizado, o país importador/exportador, a quantidade e o valor da negociação.

A fonte de dados do Inmetro refere-se ao cadastro nacional de produtores e empacotadores pertencentes ao regime da PIF, bem como às informações de produção em cada safra.

Os dados integrados no ADF até a versão 1.3 compreendem o período de 1990 a 2002 da PAM, os anos de 2001 a 2004 do LSPA e o período de 1997 a 2004 do Siscomex. Desde 2004, os dados de identificação das empresas não são mais fornecidos pela Secex. Os dados da PIF contemplam as safras de 2002–2003, de 2003–2004 e de 2004–2005. Os dados da PAM são atualizados a cada ano e os dados do LSPA e do Siscomex, mensalmente. Os dados da PIF são atualizados a cada safra.

As tabelas geradas para análises apresentam valores agregados em diferentes dimensões, como período de tempo (anual, semestral, mensal, etc.), nível territorial (nacional, regional, estadual, etc.) e categoria de fruta (frescas, secas, etc.). As análises são feitas com o auxílio também de gráficos, como os de tendência ou do tipo “pizza”.

A integração dos dados de produção com os dados de comércio exterior permite respostas a questões do tipo: “Quanto (em valores absolutos e em porcentagem) das frutas produzidas no Brasil é exportado como frutas frescas e para onde?”.

Para as séries históricas, faz-se a comparação de valores monetários entre anos com unificação monetária (real ou dólar) e, no caso da moeda nacional, com atualização decorrente da inflação em relação a um ano base, pelo Índice Geral de Preços/Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas.

O ADF utiliza o Oracle™ como sistema gerenciador de banco de dados e demais ferramentas de seu ambiente de *Data Warehousing* (LANE; LUMPKIN, 1999). Para a criação e a manipulação de análises, foi escolhida a ferramenta de inteligência de negócios Oracle Discoverer™

O Discoverer (BROWNBRIDGE; FRY, 2000) é um software de análise multidimensional, que permite ao usuário analisar os dados em diferentes dimensões.

Além do grupo gestor do Profruta, o público-alvo do armazém de dados é constituído por agentes da produção, do processamento, da distribuição e da comercialização de produtos frutícolas e também pela população ativa das regiões dos pólos de produção de frutas. O ADF já se encontra implantado no Mapa. O uso do Discoverer, por enquanto, está restrito aos integrantes do grupo gestor do Profruta.

### **5.3 Recursos de informação em meio eletrônico**

A popularização das tecnologias de informação e comunicação ampliou o uso delas nas mais diversas áreas do setor produtivo. Conseqüentemente, houve aumento exponencial na geração de recursos de informação em meio eletrônico, desde documentos administrativos – como relatórios, memorandos, atas de reuniões, documentação de processos, normas técnicas –, até planilhas eletrônicas, bancos de dados, sistemas de informação, programa de rádio, mapas de satélite, vídeos, serviços virtuais, entre outros. Esse aumento no volume de recursos vem demandando ações voltadas para a organização e para o acesso à informação eletrônica no que tange à identificação, ao tratamento e à recuperação de recursos relevantes (SOUZA et al., 2000a).

O tratamento de recurso eletrônico, também chamado catalogação, é o processo de representação dos itens de informação, com vista a permitir o atendimento das demandas do público quanto aos registros do conhecimento. Essa representação se dá por meio de metadados e visa a criar uma estrutura de descrição padronizada de documentos eletrônicos, para tornar mais efetiva a recuperação de informação em redes eletrônicas (SOUZA et al., 2000b).

Os metadados descrevem os atributos e o conteúdo de um documento original e, se usados de forma efetiva, viabilizam o acesso à informação precisa (MILSTEAD; FELDMAN, 1999). Pereira et al. (2005) elencam alguns padrões de metadados utilizados para recursos eletrônicos, como, por exemplo: Federal Geographic Data Committee (FGDC), para descrição de dados geoespaciais; Machine Readable Catalogue (MARC), para catalogação bibliográfica; Internet Anonymous Ftp Archive with transfer protocol (IAFA/WHOIS++), para descrição do conteúdo e serviços disponíveis em arquivos ftp – file transfer protocol;

Text Encoding Initiative (TEI), para representação de materiais textuais na forma eletrônica; e Dublin Core, para catalogação de documentos na Internet.

O formato de metadados Dublin Core é um padrão internacional para descrição de recursos de informação e possui 15 elementos, descritos a seguir, segundo Souza et al. (2000c): O Dublin Core é o padrão adotado pelo World Wide Web Consortium (W3C), em decorrência de suas principais características:

- Simplicidade na descrição de recursos.
- Interoperabilidade semântica – Promove o entendimento comum dos descritores, ajuda a unificar padrões de descrição de conteúdos, o que aumenta a possibilidade de interoperabilidade semântica entre disciplinas.
- Consenso internacional – Padrão de reconhecimento e aceitação internacional no tocante à cobertura e ao escopo dos recursos.
- Extensibilidade – Permite agregar outros metadados e constituir-se em alternativa aos modelos de descrição mais elaborados, demorados e caros.

A adoção do Dublin Core em aplicativos de recuperação de informação ainda é pequena no Brasil, segundo estudo de Pereira et al. (2005). Como apontado nesse estudo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), desde o ano 2000 vem buscando soluções tecnológicas para organizar e tornar disponível seu amplo estoque de recursos de informação em meio eletrônico. A adoção do formato Dublin Core no tratamento descritivo tem sido a base das soluções desenvolvidas.

A primeira experiência foi a organização de recursos do tipo imagens estáticas por meio do Banco de Imagem Rural Mídia (SOUZA et al., 2000a). Em seguida, desenvolveu-se a Agência de Informação Embrapa (EVANGELISTA et al., 2003) que amplia a organização para quaisquer tipos de recursos eletrônicos (textos, imagens, áudios, bases de dados, websites, softwares e outros).

A agência se propõe a ampliar o acesso e o consumo de informação qualificada de uma dada área do conhecimento. Dedicar-se a agregar valor à informação antes de torná-la disponível. Contribui para viabilizar a difusão de tecnologia, informação e conhecimento gerados por uma organização, intensificar as relações com e entre os diferentes agentes de uma dada área do conhecimento, além de ampliar o conhecimento desses agentes.

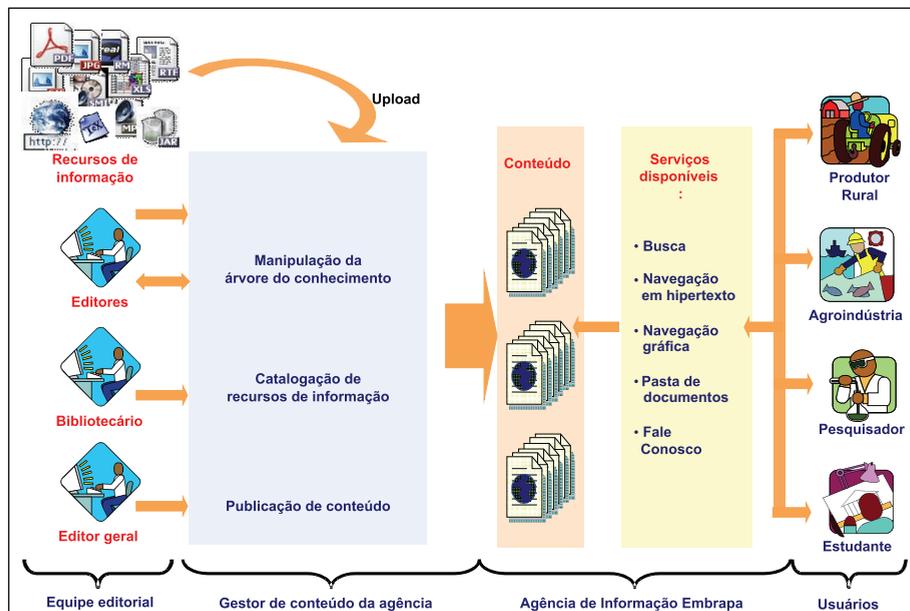
A agência é um repositório de informação tecnológica disponível num website ([www.agencia.cnptia.embrapa.br](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br)) para acesso na íntegra a recursos de informação em meio eletrônico (SANTOS et al., 2005). O repositório reúne uma diversidade de tipos e formatos de informação, como textos (em formatos PDF, DOC, RTF, etc.), áudios (em formatos MP3, RM, etc.), dados (planilha eletrônica em formatos XLS, CVS, etc.), imagens (em formatos JPG, GIF, SMI, VDI, etc.), *websites* (formato HTML). Além disso, provê mecanismos para a recuperação rápida e precisa de informação.

O processo de organização estrutura de forma hierárquica, na denominada árvore do conhecimento, o conhecimento de determinada área. Cada item dessa hierarquia, também chamado nó, possui um texto descritivo, a relação de itens subseqüentes com uma breve descrição de cada um, e os recursos de informação associados a esse nó. Cada recurso de informação possui uma descrição, representada em um conjunto de metadados.

A Fig. 11 mostra um esquema da organização de informação para a Agência de Informação Embrapa. A construção do repositório é apoiada pelo sistema Gestor de Conteúdo da Agência de Informação. Essa construção inicia-se pela constituição de uma equipe editorial composta por especialistas da área do conhecimento a ser organizada (editor técnico e editores), por profissionais das áreas de informação (bibliotecário) e de comunicação (editores). Essa equipe interdisciplinar organiza a estrutura da árvore do conhecimento, elabora os conteúdos dos nós, seleciona os recursos de informação apropriados para cada nó e os transfere para o repositório (*Upload*). O bibliotecário faz o tratamento descritivo de cada um desses recursos. Esse tratamento é apoiado por ferramentas de geração de metadados no formato Dublin Core e com o uso de ferramentas de indexação e categorização de assuntos. Ao final do processo, o editor técnico publica o conteúdo organizado no website Agência de Informação Embrapa. Esse website provê recursos de navegação em hipertexto e de navegação gráfica em árvore hiperbólica<sup>2</sup>. O serviço de busca em metadados é um diferencial desse website, pois o tratamento descritivo dos recursos de informação gera metadados com valor agregado e qualidade – o que confere maior precisão na recuperação.

O tratamento descritivo adota o padrão de catalogação AACR2, o padrão de formato de metadados Dublin Core e as ferramentas de

<sup>2</sup> Árvore hiperbólica é uma representação gráfica da árvore do conhecimento na Agência de Informação Embrapa.



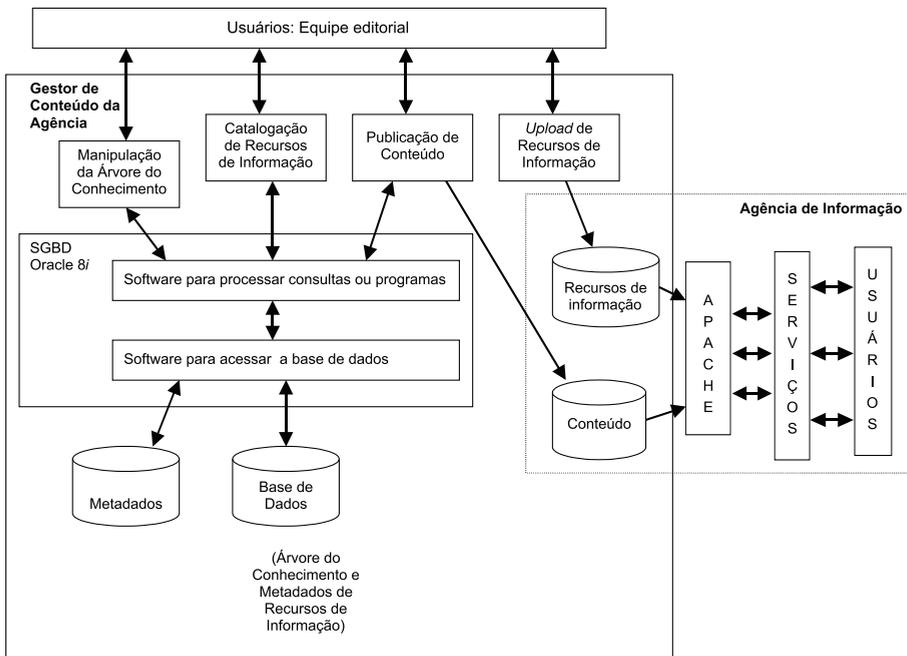
**Fig. 11.** Agência de Informação Embrapa: esquema da organização de informação. Fonte: Santos et al. (2005).

indexação de termos e categorização de assuntos Thesagro e NAL Agricultural Thesaurus, ambas para o setor agropecuário.

A Fig. 12 apresenta um esquema do sistema de base de dados do Gestor de Conteúdo da Agência de Informação Embrapa. Os recursos de informação estão armazenados em um servidor HTTP Apache. Os metadados desses recursos e os dados sobre a árvore e o conteúdo dos nós estão armazenados no sistema gerenciador de banco de dados Oracle 8i, por meio do Gestor de Conteúdo da Agência, e são por esse sistema manipulados.

## 5.4 Sistemas Inteligentes (SIs)

Este item inicia-se com uma descrição dos Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC), que são uma classe especial de Sistemas Inteligentes (SIs) na qual o conhecimento é representado explicitamente para resolver problemas e separado do programa que o manipula. Geralmente, SBCs são usados quando existe grande quantidade de



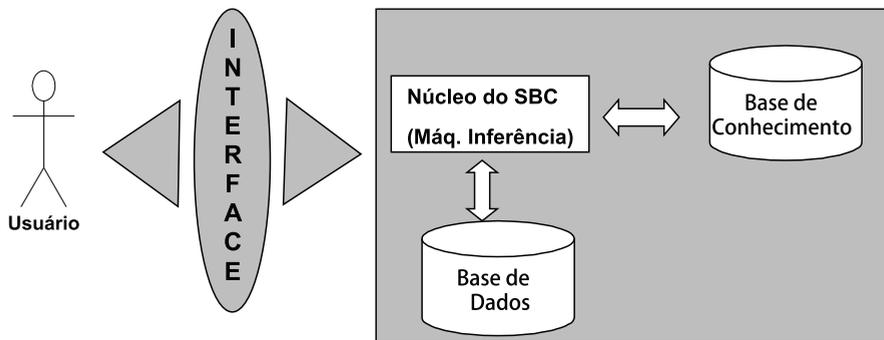
**Fig. 12.** Sistema de base de dados do Gestor de Conteúdo da Agência e a Agência de Informação Embrapa.

conhecimento específico do domínio sobre como resolvê-los e também quando existe um especialista humano capaz de solucioná-los (REZENDE, 2003).

Um SBC é constituído por dois grandes componentes que usualmente são considerados separadamente, embora provavelmente não possam ser separados na prática, no caso de especialistas humanos: uma base de conhecimento e um mecanismo de inferência, que é o raciocínio utilizado pelo especialista na busca da solução do problema. A Fig. 13 mostra essa estrutura.

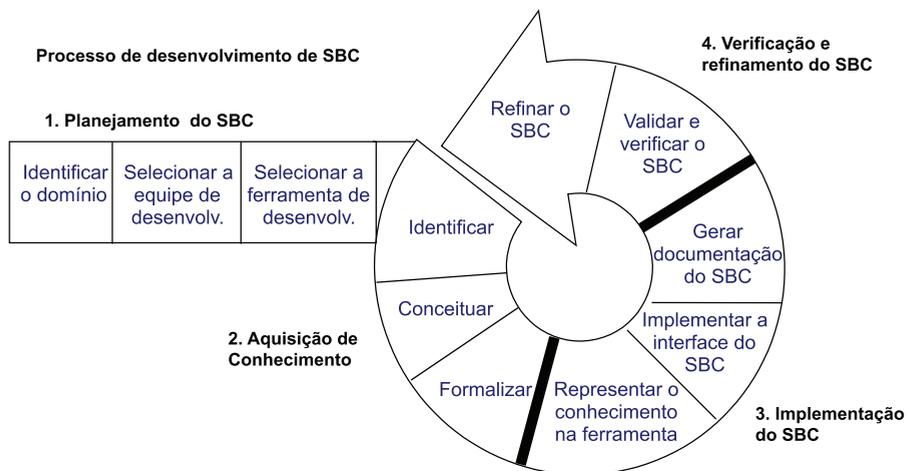
Durante a construção de um SBC, o conhecimento dos membros da organização precisa ser capturado, organizado e deixado disponível na Base do Conhecimento. Uma vez construída essa base, esse conhecimento torna-se permanentemente acessível, facilmente recuperável e pode ser amplamente utilizado por todos, independentemente de sua capacitação.

A construção de um SBC, segundo Rezende (2003), adota um processo de desenvolvimento, apresentado na Fig. 14, que consiste das



**Fig. 13.** Estrutura geral de um Sistema Baseado em Conhecimento.

Fonte: adaptado de Rezende (2003).



**Fig. 14.** Um processo de desenvolvimento de Sistema Baseado em Conhecimento.

Fonte: Rezende (2003).

seguintes fases: planejamento do SBC, aquisição de conhecimento, implementação do SBC e validação e refinamento do SBC.

Na fase de planejamento do SBC, identificam-se as características do domínio do conhecimento, os termos chaves e referências, selecionam-se a equipe de desenvolvimento interdisciplinar – especialistas do domínio, engenheiros do conhecimento e engenheiros de software, e a ferramenta para desenvolvimento.

Na fase de aquisição de conhecimento, o objetivo é adquirir os conhecimentos que serão armazenados na Base de Conhecimento, ou seja, identificação, conceitualização e formalização do conhecimento.

Na fase de implementação do SBC, o conhecimento adquirido deve ser representado formalmente. Para isso, realiza-se a codificação do sistema por meio de linguagens ou ferramentas adequadas – selecionadas na fase de planejamento do SBC –, documentação do sistema, geração de manuais e implementação da interface com o usuário.

Na fase de validação e refinamento do SBC, realizam-se a verificação e a validação do sistema. Essa fase é considerada um processo contínuo, pois é necessário assegurar que o sistema funcione corretamente, forneça resultados verdadeiros (corretos) e satisfaça aos requisitos do cliente. Além disso, realiza eventuais mudanças nos requisitos do sistema, enfatizando a aquisição de conhecimento contínua e a avaliação do sistema em andamento.

É importante também diferenciar os Sistemas Baseados em Conhecimento (SBCs) dos Sistemas Especialistas (SEs), que são outra classe de sistemas inteligentes (SIs). De forma geral, pode-se dizer que os SBCs são sistemas capazes de resolver problemas por meio de conhecimento específico sobre o domínio da aplicação, ao passo que os SEs, uma subclasse dos SBCs, resolvem ordinariamente problemas resolvidos por um especialista humano. Por isso, eles requerem conhecimento sobre a habilidade, a experiência e a heurística usada pelo especialista (AYES-ROTH et al., 1983).

No setor agropecuário, faltam especialistas para interpretar resultados de análise de solo e plantas e recomendar a adubação adequada e equilibrada. Essa atividade requer conhecimentos específicos para o diagnóstico da acidez do solo e das deficiências de nutrientes identificadas nas análises de solo e de plantas nos laboratórios. Faltam também especialistas para prescrever as melhores opções de manejo para enormes combinações entre culturas, condições sociais, políticas e econômicas que ocorrem na prática. Essa deficiência pode ser compensada com o treinamento do pessoal não especializado utilizando-se Sistemas Especialistas. Dessa forma, um SE pode tornar o conhecimento disponível a agrônomos, permitindo-lhes tomar as decisões de manejo mais apropriadas em combinação com dados e observações locais.

A utilização de SE na agricultura vem sendo explorada em vários trabalhos (JONES, 1989; HUBER; DOLUSCHITZ, 1990), e seus autores sintetizam os principais trabalhos em duas áreas:

- A primeira é a de sistemas baseados em conhecimento que oferecem soluções para problemas específicos, como sistemas para diagnósticos de doenças em plantas e animais.
- A segunda cobre os SEs conectados com outros sistemas para interpretar e explicar a informação fornecida por eles, como sistemas para a decisão.

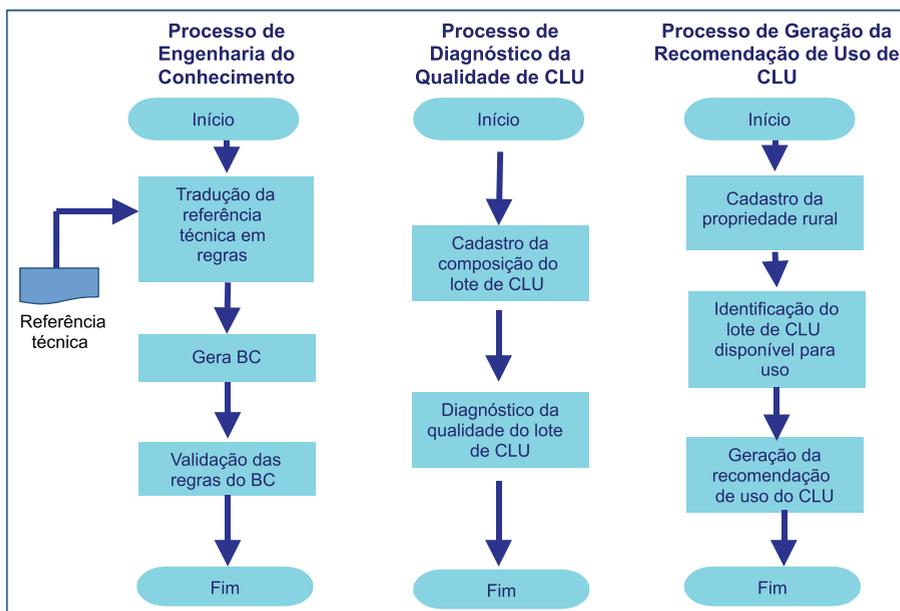
A seguir, apresenta-se um exemplo de uso de sistema especialista para diagnóstico de qualidade de composto de lixo urbano e recomendação de uso para adubação.

O Sistema Inteligente para Recomendação de Uso de Composto de Lixo Urbano na Agricultura (Sirclua) possui arquitetura baseada em sistema especialista e plataforma web. Esse sistema visa a auxiliar unidades de compostagem de lixo orgânico no que se refere ao diagnóstico de qualidade do composto produzido e, se for possível, à recomendação de seu manejo na lavoura. Além disso, provê mecanismos para monitoramento do impacto ambiental de seu uso.

O conhecimento armazenado está fundamentado nos processos: tipo de coleta de lixo e maturidade do Composto de Lixo Urbano (CLU), fatores de restrição ambiental e manejo agrícola adequado por cultura. Além disso, as culturas cobertas estão agrupadas por exigências nutricionais similares: hortaliças (alface, chicória e rabanete); arroz e feijão; cana-de-açúcar; triticale, milho, mandioca e aveia-branca.

O escopo do Sirclua compreende os processos Engenharia do Conhecimento, Diagnóstico da Qualidade e Geração da Recomendação de uso do CLU, como apresentado na Fig. 15.

Fundamentado num documento normatizador, genericamente representado na Fig. 15 por “Referência Técnica”, inicia-se o processo de engenharia do conhecimento. A primeira atividade traduz o conhecimento registrado para um conjunto de regras. Essas regras são armazenadas na base de conhecimento (BC). Uma equipe multidisciplinar de engenharia do conhecimento, composta por pesquisadores da área de CLU e de sistemas especialistas, organizou o conhecimento em forma de regras. A fonte desse conhecimento é a Circular Técnica da Embrapa (SILVA et al., 2002). Em seguida, valida-se o conjunto de regras, confrontando-o com o conhecimento da referência técnica. Nessa



**Fig. 15.** Processos englobados pelo Sirclua.

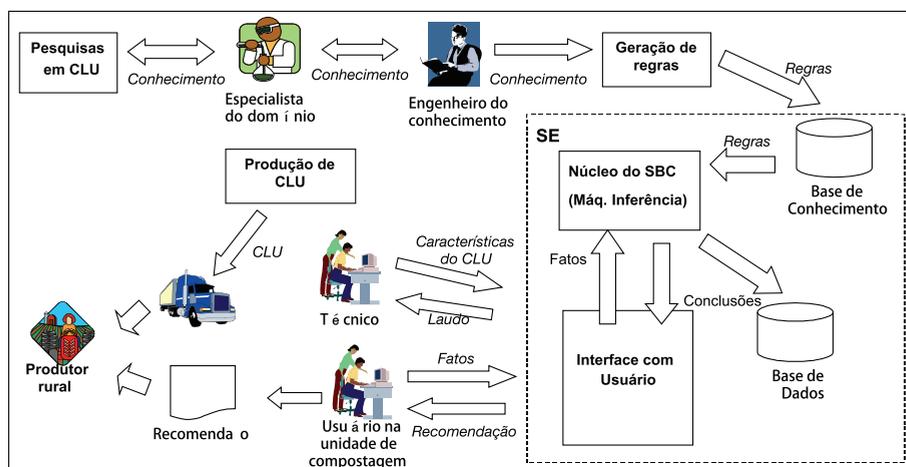
atividade, várias iterações ocorrem até que a BC esteja em conformidade com a referência técnica. Ao término dessa atividade, a BC está liberada para uso dos demais processos.

O processo diagnóstico da qualidade de CLU inicia-se com o cadastramento das características físico-químico-biológicas de lotes de CLU produzidos e em processo de maturação. Várias análises podem ser cadastradas até que o CLU esteja maturado. O diagnóstico da qualidade é feito pelo confronto das características do lote de CLU com as regras armazenadas na BC, e um laudo é emitido. A qualidade do lote é classificada em: adequada, quando está dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pela referência técnica; adequada com restrições, quando o uso é restrito para algumas culturas; e inadequada, quando o uso agrícola é impróprio.

O processo de geração da recomendação de uso do CLU inicia-se com o cadastramento das propriedades rurais que são clientes da unidade de compostagem. Nesse cadastramento, informações de identificação da propriedade e de análise química do solo são fornecidas. Em seguida, dos lotes que estão com qualidade adequada ou adequada com restrições,

identifica-se qual o lote de CLU que está disponível para uso. Solicita-se a geração da recomendação de uso do CLU confrontando as características deste, as características do solo da propriedade onde será aplicado e quais as culturas que serão manejadas. O resultado será uma recomendação a ser entregue ao cliente junto com o produto e que também será armazenado em uma base de dados para que possa, no futuro, alimentar o processo de monitoramento.

A Fig. 16 mostra um esquema de funcionamento dos processos do Sirclua e o sistema especialista (delimitado pelo retângulo tracejado denominado SE) e o contexto em que ele está inserido, desde a realização das pesquisas sobre o uso do CLU na agricultura e sua produção até sua análise, recomendação de uso e manejo pelo produtor rural.



**Fig. 16.** Esquema de funcionamento de processos no Sistema Especialista Sirclua. Fonte: adaptado de Rezende (2003).

A parte superior da Fig. 16 mostra especialistas em compostagem de lixo urbano e em seu uso agrícola realizando pesquisas e adquirindo conhecimento (atividades representadas pelo retângulo “Pesquisas em CLU”). O engenheiro do conhecimento organiza esse conhecimento adquirido em forma de regras e alimenta a base de conhecimento (DURKIN, 1994) (retângulo “Geração de regras”).

Considerando uma unidade de compostagem, o CLU é produzido e são realizadas análises químico-biológicas para obter as características

dele (atividades representadas pelo retângulo “Produção de CLU”). O usuário, representado por técnico, interage com o SE informando as características do CLU, e o sistema retorna o laudo do diagnóstico e armazena esse laudo na base de dados (representado pela seta “Conclusões”). Com o objetivo de atender a um pedido de compra de CLU de um cliente dessa unidade de compostagem (representado pelo ícone “Produtor Rural”), um membro do departamento comercial dessa unidade (representado pelo ícone “Usuário na Unidade de Compostagem”) solicita ao SE uma recomendação de uso do CLU representado pelo retângulo “Interface com Usuário”. Nessa interação, fornece ao SE os fatos que são compostos pelas características químicas do solo da propriedade rural de um cliente, pela indicação da cultura em que se pretende usar o CLU e as características deste.

O SE combina os fatos recebidos com a base de conhecimento para chegar às conclusões sobre o problema (retângulo “Máquina de Inferência”). As conclusões são formatadas em recomendações de uso do CLU para aquela determinada propriedade e cultura (retângulo “Interface com usuário”) e armazenadas na base de dados. Essa recomendação é entregue ao produtor rural juntamente com o composto que ele comprou.

Atualmente, o sistema possui conhecimento para as culturas: alface, chicória, rabanete, arroz, feijão, cana-de-açúcar, triticale, milho, mandioca e aveia-branca. Com a adoção dessa arquitetura de SE, a disseminação do conhecimento será mais ágil, pois basta adicionar à base de conhecimento o conhecimento para o uso agrícola do CLU em outras culturas.

Em fitopatologia, foram desenvolvidos vários sistemas especialistas para a diagnose e manejo de doenças, como o Plant/ds, para diagnose de doenças da soja, o Managerial Options for Reasonable Economical Control of Rust and Other Pathogens (Morecrop), para previsão e manejo da ferrugem e outras doenças na cultura do trigo nos EUA, além de outros para doenças em abacaxizeiro, pêras e nectarinas e batata. No Brasil, destacam-se o TomEx, para diagnóstico de doenças do tomateiro, e um sistema especialista para diagnóstico de doenças do cafeeiro. Entretanto, a maioria dos sistemas desenvolvidos, inclusive o Sirclua, baseia-se no paradigma de regras de produção em que o mecanismo de inferência utilizado é o modelo dedutivo: a partir das regras (efeitos → causas) e fatos (efeitos), deduzem-se novas informações (causas) que tornam esses sistemas difíceis de desenvolver e muito pouco reutilizáveis.

Esses problemas puderam ser observados durante o desenvolvimento de um SE para diagnóstico de doenças do milho (disponível em <http://diagnose.cnptia.embrapa.br>), desenvolvido na Embrapa Informática Agropecuária em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo. O problema principal com esse tipo de abordagem é que o conhecimento do tipo efeitos → causas é contrário à maneira como os fenômenos ocorrem na natureza (causas → efeitos). Na década de 1990, o conhecimento na forma causas → efeitos passou a ser modelado, com o uso de raciocínio do tipo abdutivo: a partir das associações (causas → efeitos) e fatos (efeitos), criam-se novas hipóteses (causas). Em Massruhá et al. (2005), apresenta-se uma abordagem alternativa para desenvolvimento de sistemas especialistas que integra conceitos de lógica abdutiva e lógica nebulosa para suportar o processo de raciocínio clínico englobando informação temporal, incertezas e imprecisões inerentes ao conhecimento do especialista humano.

## 5.5 Informatização na interpretação de resultados analíticos para fins agrônômicos

Para informatizar a interpretação de resultados, existem diversas opções disponíveis mundialmente, que vão do uso de simples tabelas eletrônicas e modelos matemáticos ao uso de sistemas especialistas. A seguir, apresentam-se como exemplos o sistema especialista para diagnose nutricional de cana-de-açúcar e a técnica de Diagnosis and Recommendation Integrated System (Dris) (BEAUFILS, 1973). O sistema especialista utiliza-se de uma interpretação de distúrbios visuais e de valores absolutos de análises de solos e de plantas nas lavouras (Fig. 17). Já o Dris se baseia nas relações entre nutrientes.

A diagnose foliar é uma ferramenta importante no processo de avaliação do estado nutricional de plantas. Entretanto, para que ela se constitua numa ferramenta útil para recomendação e monitoramento de uso de fertilizantes, é necessário que se utilizem procedimentos adequados para esse fim.

Atualmente, dentre os métodos existentes, o mais difundido é o de análise por valores críticos de teor de nutrientes e faixas de suficiência. O uso desse conceito de diagnose nutricional em lavouras tem um grande potencial em cana-de-açúcar, em especial:

- No levantamento do estado nutricional das culturas.
- Na confirmação de sintomas visíveis de carência de nutrientes.



**Fig. 17.** Sistema especialista de diagnóstico nutricional para cana-de-açúcar.

- No diagnóstico de deficiência de nutrientes em plantas com e sem sintomas identificáveis.

O sistema apresenta uma chave de identificação de deficiências na cultura de cana-de-açúcar, baseado na diagnose visual, que foi adaptada de Anderson e Bowen (1992).

As análises de solo e de folha são apresentadas por estado, complementando as informações, para conferir a diagnose visual, baseada em três premissas:

- Dentro de limites, existe uma relação direta entre níveis de fertilidade do solo e a dose de adubo empregado com a produção obtida.
- Dentro dos mesmos limites, existe também uma relação direta entre o nível de fertilidade do solo, ou dose de adubo empregado, e os teores dos elementos na folha e, no caso extremo, ocorre mudança na coloração dessas folhas.
- Dentro dos limites, finalmente existe uma relação direta entre o teor de elementos na folha e a produção.

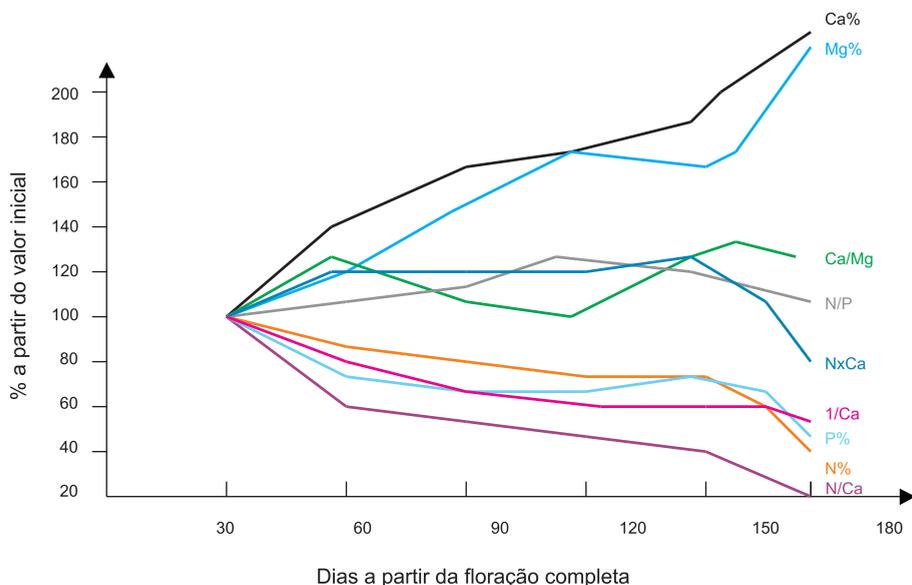
A base de um programa de análise de folhas na cana-de-açúcar fundamenta-se no relacionamento de um teor crítico do elemento no tecido vegetal coletado na fase de máximo crescimento, correspondente a quatro meses do dobramento, cujo valor é tal que abaixo dele a produtividade cai e acima dele ela se estabiliza obedecendo a uma determinada faixa. Na amostragem, devem ser coletadas mais de 25 folhas, por talhão, considerando de 3 cm a 20 cm centrais da folha "+3", contados a partir da folha mais alta com o colarinho visível (TVD), excluindo a nervura central.

Depois de verificar se os diagnósticos visuais estão corretos de acordo com a chave de identificação visual, por Anderson e Bowen (1992), procede-se à checagem com os dados analíticos de amostras de solos e/ou de tecido vegetal coletados nos talhões.

Entretanto, como a composição nutricional de plantas apresenta uma natureza dinâmica, a utilização desse método implica erros consideráveis para os casos em que a planta sob análise não está no mesmo estágio de desenvolvimento que as plantas utilizadas no estabelecimento das normas (WALWORTH; SUMNER, 1987; SCHUTLE; KELLING, 1999). A amostragem das folhas, como descrito no capítulo 2 da parte 1, deve obedecer a um protocolo rígido que considera tanto a época de amostragem quanto a parte da planta de onde a amostra deve ser retirada.

O Dris (BEAUFILS, 1973) apresenta-se como um método alternativo capaz de lidar com esse aspecto da diagnose foliar, de variabilidade na concentração de nutrientes ao longo do ciclo da cultura (Fig. 12) . Por isso, tem despertado um interesse crescente nos técnicos e extensionistas, ansiosos em utilizá-lo como uma ferramenta na assistência técnica a produtores rurais (BATAGLIA, 1999). Nota-se na Fig. 18 que ocorrem variações de concentração de nutrientes de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta e como esses efeitos de variabilidade podem ser minimizados pelo Dris. Observe que enquanto as concentrações de N, P e K relativas à matéria seca são crescentes com o tempo, as razões N/P, N/K e P/K (ou P/N, K/N e K/P) permanecem aproximadamente constantes ou ao menos tendem a ter uma variação menor.

Da mesma forma, as concentrações de Ca e Mg tendem a aumentar com o tempo, ao passo que o quociente entre esses dois nutrientes (Ca/Mg ou Mg/Ca) tende a permanecer constante. Finalmente, se dois nutrientes apresentam concentrações tais que uma aumenta com o tempo e a outra diminui, o produto entre as duas concentrações tende a ficar constante (ex.:  $N \times Ca$ ) (WALWORTH; SUMNER, 1987).



**Figura 18.** Ilustração do efeito do estágio de desenvolvimento na concentração de nutrientes.

Fonte: adaptado de Walworth e Sumner, (1987).

Entretanto, por causa da natureza laboriosa dos cálculos requeridos na obtenção dos índices Dris, o risco de erros é muito grande. Dessa forma, a utilização de computadores na realização dessa tarefa é quase que obrigatória. Além disso, a maior parte dos usuários atuais e potenciais de Dris não teve um treinamento formal em programação de computadores. Assim, a utilização de programas de computador especialmente construídos para facilitar a utilização de Dris (estabelecimento de normas, obtenção de índices e manipulação dos dados envolvidos) seria um fator propulsor tanto para maior difusão quanto para utilização do método Dris (LETZSCH; SUMNER, 1983).

O Dris utiliza a abordagem de "survey" (BEAUFILS, 1973) para o estabelecimento de normas. O primeiro passo nesse sentido é o estabelecimento de um banco de dados para a cultura considerada com observações que contemplem o maior número possível de fatores que possam vir a influenciar a produtividade em condições de campo. Se determinados fatores, como época de desenvolvimento da planta, são considerados importantes, então amostras correspondentes a diversas épocas de desenvolvimento devem ser coletadas. Os dados podem ser oriundos de campos comerciais ou experimentais. Cada local será

considerado uma parcela de um experimento gigantesco. Os dados devem ser coletados de forma aleatória e em número suficientemente grande (BEAUFILS, 1973; LETZSCH; SUMNER, 1984).

Em seguida, o grupo de dados correspondentes aos locais de alta produtividade é separado dos demais. É esse grupo que será utilizado para estabelecer as normas de referência Dris adequadas, sendo o valor de corte utilizado para separar os dois grupos, em geral, determinado de forma empírica (WALWORTH; SUMNER, 1987).

Para cada par de nutrientes considerado, existem três possibilidades para expressar a relação entre eles. Por exemplo, considerando P e N, a relação entre eles pode ser expressa como P/N, N/P ou NxP. Para escolher a expressão a ser utilizada, calcula-se a variância de cada relação para ambos os grupos populacionais, de alta e baixa produtividade. Escolhe-se a expressão que apresenta a maior razão entre as variâncias encontradas para a população de baixa produtividade e a de alta produtividade. A idéia é utilizar a expressão com menor variabilidade entre a população de alta produtividade quando comparada com a população de baixa produtividade<sup>3</sup>.

Para cada par de nutrientes selecionados, admite-se como norma a média e o coeficiente de variação CV da população de alta produtividade.

Finalmente, as normas encontradas têm sua validade testada contra um conjunto de dados independentes daquele utilizado para o estabelecimento delas. Geralmente, são utilizados dados de experimentos nos quais respostas de produtividade tenham sido obtidas considerando os nutrientes em estudo (WALWORTH; SUMNER, 1987). O procedimento utilizado é o que segue:

- Níveis de tratamento mais baixo ou de controle são diagnosticados, e os nutrientes mais necessários (indicados pelos índices Dris) são obtidos.
- Verifica-se a produtividade do tratamento prescrito no experimento. Espera-se encontrar um aumento de produtividade. Nesse caso, o tratamento é um sucesso. Caso contrário, uma falha.
- Procede-se à avaliação do status nutricional do segundo tratamento e assim por diante até que o tratamento prescrito não possa mais ser encontrado no experimento considerado.

<sup>3</sup> Na proposta original de Beaufils (1973), os dados são divididos em três grupos.

A literatura está repleta de exemplos de esforços de desenvolvimento de normas Dris para as mais variadas culturas (ANGELES et. al., 1993). Para calcular os índices Dris para uma dada amostra, são utilizadas as seguintes fórmulas, supondo hipotéticos os nutrientes de A a N (WALWORTH; SUMNER, 1987).

$$\text{Índice A} = [f(A/B) + f(A/C) + f(A/D) + \dots + f(A/N)] / z \quad (1)$$

$$\text{Índice B} = [- f(A/B) + f(A/C) + f(A/D) + \dots + f(A/N)] / z \quad (2)$$

$$\text{Índice N} = [- f(A/B) - f(A/C) - f(A/D) - \dots - f(A/N)] / z \quad (3)$$

em que:

$$f(A/B) = [(A/B)/(a/b) - 1] \times 1.000/CV \quad (4)$$

$$f(A/B) = [1 - (a/b)/(A/B)] \times 1.000/CV \text{ se } A/B < a/b \quad (5)$$

- A/B é o valor da relação entre as concentrações dos elementos A e B do tecido da planta em diagnóstico.
- a/b é a norma para a relação entre os nutrientes A e B.
- CV (%) é o coeficiente de variação associado com a norma. O CV é utilizado em (4) e (5) para que no cálculo dos índices (1), (2) e (3) os efeitos da diferença de amplitude de variações (sensibilidade) entre concentrações dos diferentes nutrientes sejam minimizadas (BEAUFILS, 1973).
- z é o número de funções utilizadas no cálculo dos índices para cada nutriente<sup>4</sup>.
- o valor 1.000 ponderando as fórmulas (4) e (5) é composto por 10x100, em que o multiplicando 10 (fator de sensibilidade) é arbitrário e é utilizado apenas para dar ao valor obtido uma magnitude adequada (WALWORTH; SUMNER, 1987).

A fórmula (4) é utilizada quando a relação entre concentrações de nutrientes está acima do estabelecido na norma, resultando sempre em um valor positivo, ao passo que a fórmula (5) é utilizada nos casos em que a relação entre as concentrações de nutrientes está abaixo do estabelecido pela norma e o resultado é sempre um valor negativo.

O cálculo de índices Dris apresentados nesta seção está em acordo com a proposta original de Beaufils, (1973), e de Walworth e Sumner, (1987), que já passou por modificações que podem ser encontradas em Elwali e Gascho

<sup>4</sup> Um índice de nutriente é a média das funções de todas as razões que contêm um dado nutriente.

(1984). Um estudo comparativo desses dois métodos e do método original proposto por Beaufils pode ser encontrado em Bataglia e Santos (1990).

Cada um dos índices (1), (2) e (3) reflete o balanço da concentração de um nutriente em relação aos demais. Um índice cujo valor apresenta sinal negativo indica que o nutriente está em falta quando comparado com os demais, ao passo que um valor com sinal positivo indica excesso. Em uma planta em equilíbrio nutricional, todos os índices devem ser iguais a zero, ou muito próximo desse valor. Somando todos os índices de nutrientes, sem considerar se o sinal é negativo ou positivo, obtêm-se o Índice de Balanço Nutricional (IBN), e a média desse valor corresponde ao Índice de Balanço Nutricional Médio (IBN médio). Quando se ordenar os valores dos índices, obtêm-se a ordem de importância dos nutrientes, visando ao aumento de produtividade.

Na Tabela 3, encontram-se os índices que indicam N como o nutriente que representa o principal fator limitante de uma alta produtividade, seguido por P e K, Ca e Mg.

**Tabela 3.** Interpretação de índices Dris.

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg
Índice	-21	0	+7	+7	+7

Fonte: Walworth e Sumner (1987).

A recomendação, nesse caso, incluiria um suplemento de N. Além disso, uma vez que K, Ca e Mg possuem valores positivos e como na prática nutrientes são adicionados e não retirados, incluiria, em menor proporção, P ( $N \gg P > K = Ca = Mg$ ). Nota-se que, apesar de o índice Dris para P ser zero, ele é o segundo fator limitante.

Atualmente, a Potafos já fez os ajustes de novas normas ou valores padrão de comparação para seis culturas brasileiras (algodão, café, citrus, milho, soja e eucalipto).

## 5.6 Disponibilidade de informação laboratorial na Internet

### 5.6.1 Serviços básicos da Internet

O novo meio de comunicação representado pela Internet e as oportunidades criadas por ela não podem ser ignorados. A Internet

começou da experiência com a rede americana conhecida como Arpanet, que baseou-se na idéia de múltiplas redes independentes com *design* arbitrário (LEINER et al., 1997). Atualmente, a rede Internet cresce com grande velocidade, atingindo um número muito grande de localidades no mundo todo.

Ela começou a ser muito utilizada a partir do sucesso dos servidores World Wide Web (WWW), que permitem aos usuários buscar a informação de forma não-linear. A forma de buscar informações na Internet conectando-se a vários endereços, em busca somente das informações desejadas sem um ponto final definido, é conhecido como "navegação", e o formato dos arquivos que permitem esse tipo de uso é o hipertexto. O formato usado para escrever o hipertexto é o HiperText Markup Language (HTML), que tornou-se um padrão na WEB.

Além das páginas em formato HTML, atualmente existem muitos outros recursos já disponíveis para comunicação na rede. Alguns são apresentados a seguir:

- Correio Eletrônico (e-mail) – É um dos pontos básicos da Internet. Com ele, pessoas dispersas pelo mundo podem trocar cartas eletrônicas até mesmo com ilustrações, gráficos, som, vídeo digitalizado e muito mais. Assim como seu número telefônico, o endereço eletrônico identifica um usuário e permite que qualquer pessoa na rede envie mensagens e documentos. Com ele, você também pode fazer parte de uma lista de distribuição.
- File Transfer Protocol (FTP) – Uma das mais antigas aplicações da Internet, o FTP permite que sua empresa mostre ao cliente uma série de títulos de documentos numa lista. Ao selecionar esses títulos, o arquivo inteiro pode ser enviado para o PC do cliente para posterior leitura. Documentação técnica extensa, por exemplo, pode ser distribuída eficientemente por esse meio.
- Listas de Discussão (Mailing Lists) – As listas de distribuição são endereços coletivos de correio eletrônico, que servem para distribuir uma mensagem por um conjunto de utilizadores. Por isso, elas são utilizadas para grupos de discussão sobre determinados assuntos, difusão de informação entre os membros de organizações, anúncios e informações a clientes de certos produtos e serviços, distribuição de revistas eletrônicas, etc.
- Usenet – Usenet é um conjunto de máquinas que intercambia artigos identificados por um ou mais rótulos reconhecidos universalmente, chamados de *newsgroups*.

Em resumo, a Internet vem sobrevivendo à evolução tecnológica dos computadores, por acoplar vários serviços e ferramentas. É promissor seu uso como infra-estrutura básica no oferecimento de alguns serviços especiais, como ensino a distância.

### 5.6.2 Serviços especiais da Internet

Aliando os recursos disponíveis para comunicação via Internet à necessidade de transferência de informação e tecnologia, várias organizações oferecem serviços de informação na Internet.

Um serviço de informação disponível na área de agroclimatologia é o Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) ([www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br)), que permite aos usuários o acesso, via Internet, às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos municípios e estados brasileiros. Além de informar a situação climática atual, o sistema alimenta a Rede Nacional de Agrometeorologia (RNA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) com informações básicas que orientam o zoneamento agrícola brasileiro.

O sistema permite a atualização de cadastro de estações e dados climáticos diários (temperaturas máxima e mínima e precipitação), criação de boletins agrometeorológicos e visualização de mapas gerados dinamicamente no momento da execução dos boletins.

O Agritempo foi desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária em parceria com o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura (Cepagri) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), sendo várias as instituições que colaboram fornecendo seus dados. Estão disponíveis no sistema, desde 1988, dados da estação da Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri) e do Cepagri, ambos da Unicamp; de 84 estações de Minas Gerais, coletados e armazenados desde 1999 pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig); do Instituto Tecnológico Simepar referentes a 39 pontos de coleta do Paraná, desde 2001; e os dados nacionais, a partir de 2001, de 337 estações pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Também estão inseridas as informações de 2002 e 2003 do Estado de Goiás, graças à contribuição de um produtor rural voluntário, que organiza os dados coletados diariamente em 22 estações localizadas em cooperativas, escolas e propriedades rurais.

Outro serviço é o ambiente de Diagnóstico Virtual. Esse ambiente provê um sistema especialista para diagnóstico de doenças de milho,

que permite a agrônomos, produtores e extensionistas diagnosticarem doenças de sua plantação de milho pela Internet. Esse sistema foi desenvolvido em parceria da Embrapa Informática Agropecuária com a Embrapa Milho e Sorgo<sup>5</sup>. Além de prover um sistema especialista para diagnóstico de doenças, esse ambiente também possibilita que os usuários entrem em contato com especialistas da Embrapa por meio de e-mail, chat, lista de discussão, entre outros (MASSRUHÁ et al., 1999).

Esse sistema inteligente disponível na Internet alimenta uma base de conhecimento em duas vertentes: fitopatologista e produtor, favorecendo seu uso tanto para diagnóstico quanto para prognóstico. Futuramente, a integração desses sistemas inteligentes de diagnóstico e prevenção com a base de dados do sistema Agritempo, baseada em infra-estrutura única na web, tornar-se-á uma poderosa ferramenta de decisão e de análise de risco na área de sanidade.

A Agência de Informação Embrapa ([www.agencia.cnptia.embrapa.br](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br)) também é um exemplo de serviço que torna disponíveis informações técnico-científica e socioeconômica em meio eletrônico. Essas informações estão organizadas para os produtos Feijão e Agronegócio do Leite e para o tema Espécies Arbóreas da Amazônia (SANTOS et al., 2005). É possível recuperar e acessar, na íntegra, textos, áudios e vídeos, entre outras informações, em meio eletrônico. Esse serviço de informação é elaborado em linguagem de fácil compreensão, com o objetivo de apresentar, de maneira ampla, objetiva e sistêmica, tanto as recomendações da Embrapa relativas à tecnologia da exploração econômica das espécies animal e vegetal – sob o enfoque das cadeias produtivas – quanto informações relacionadas a temas como Amazônia, Agricultura e Meio Ambiente e Informática Agropecuária. Para os produtos, o conteúdo apresenta o estágio mais avançado da tecnologia de produção correspondente e abrange, de forma sistêmica, todas as etapas do processo de cultivo e de criação, desde sua introdução e importância econômica até a oferta dos produtos no mercado e sua comercialização. Estão incluídas também informações sobre rendimentos, custos e rentabilidade, nos diversos níveis de sofisticação tecnológica.

### 5.6.3 Intranet

A intranet define um sistema de informação baseado nas tecnologias Internet, utilizadas na rede interna da empresa, e serve de

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://diagnose.cnptia.embrapa.br>>.

base para a construção de aplicações corporativas (FAULHABER, 2002). Os usuários de uma intranet são praticamente aqueles que têm acesso à rede interna da Empresa, local ou remotamente.

A intranet pode também estar conectada à Internet. Isso torna seu escopo mais abrangente, pois atinge clientes e fornecedores, interliga filiais, viabiliza a empresa virtual, tudo por meio da utilização da enorme infra-estrutura mundial da Internet. Por essas e outras características, a intranet é uma poderosa ferramenta de gestão empresarial e, ao mesmo tempo, um meio de viabilizar o trabalho em grupo na organização.

A tecnologia atual, bastante flexível e poderosa, permite que praticamente qualquer aplicação baseada nas arquiteturas centralizadas e cliente/servidor possa ser construída sobre a intranet, que também viabiliza muitas outras aplicações jamais imaginadas em consequência das limitações tecnológicas.

A intranet possui várias características positivas:

- Facilidade de uso – O único programa necessário para acessar todas as aplicações construídas sobre uma intranet é o browser. Os usuários necessitam, portanto, aprender o funcionamento de apenas um tipo de interface homem-máquina bastante simples, independentemente das aplicações que utilizem.
- Baixo custo – Não é necessária a instalação da última versão de cada aplicação em cada máquina que deve acessá-la, pois uma vez instalada no servidor, a versão atual de uma aplicação estará automaticamente disponível a todos os usuários que utilizem apenas um browser para acessá-la.
- Utilização de padrões abertos – Tal característica torna uma intranet praticamente independente de fornecedores e plataformas.
- Integração com bases de dados corporativas – A tecnologia atual permite que as aplicações construídas sobre uma intranet acessem de forma transparente as bases de dados corporativas hoje existentes, além das desenvolvidas especificamente para novas aplicações.
- Grande abrangência – Com uma máquina (PC, Macintosh, Unix) em rede e um browser, qualquer usuário autorizado pode utilizar as aplicações desenvolvidas sobre uma intranet. Se a máquina e a rede estiverem conectadas à Internet, então o acesso se torna universal, tanto para os usuários da empresa como para clientes e fornecedores.

- Informações sempre atualizadas – A informação certa, na hora certa, para quem dela necessita, independentemente de onde esteja no mundo. Não há fronteiras para informação, sempre atualizada, disponível e instantânea.
- Grande poder de comunicação – A troca de informações empresa–funcionário, funcionário–funcionário, empresa–cliente, empresa–fornecedor é amplamente facilitada pelas ferramentas disponíveis nas intranets.

Para exemplificar a utilização da intranet como base para a construção de aplicações corporativas, são apresentados alguns cenários, entre os inúmeros possíveis.

- Atendimento ao cliente – O serviço de atendimento ao cliente que utiliza tecnologia Internet tem duas aplicações: de uso interno à empresa e de atendimento a clientes via Internet.

**Cliente interno** – A intranet pode ser bastante útil para resolver o problema de comunicação entre todos os envolvidos internamente nos processos de atendimento ao cliente, pois informações atualizadas sobre chamados abertos, reclamações e sugestões estão sempre disponíveis, imediatamente, a todos. O sistema interno pode também estar integrado ao sistema de atendimento a clientes via Internet, para agilizar todo o processo de atendimento.

**Cliente externo** – A Internet pode servir de meio eficiente para que a empresa se comunique com seus clientes e obtenha *feed-back* sobre o grau de satisfação dos produtos e serviços oferecidos, sobre sua imagem no mercado e sua posição em relação a concorrentes. O cliente pode solicitar assistência da empresa para uso ou reparo de produtos, além de poder fazer reclamações e sugestões, tudo de forma simples e interativa.

- Marketing e Vendas – Os envolvidos com processos de marketing e vendas necessitam de informações sempre atualizadas sobre produtos e serviços oferecidos pela empresa, bem como de informações sobre mercado e concorrentes. A intranet pode facilitar, e muito, a distribuição desse tipo de informação na empresa e o acesso ela. Pelo uso de ferramentas simples, como correio eletrônico e grupos de discussão, facilita também a troca de informações entre todos os envolvidos nos processos: a informação não é mais privilégio de alguns; ela se torna útil a todos que dela necessitam.

## 6. Considerações finais

O presente capítulo aponta os pontos críticos usuais de erro em laboratório de análise de solo, plantas e fertilizantes, sem perder de vista o futuro desse segmento, ou seja, um negócio que gera informação sobre a situação de culturas a serem implantadas e/ou seu andamento no campo. Em última análise, visa a orientar o agricultor sobre o melhor uso de seus recursos para a otimização de sua produtividade. As expectativas para o século 21 são promissoras: os profissionais devem gerenciar de forma mais eficiente a informação gerada no laboratório, apoiados em um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas, que permitem um fluxo contínuo de informação, sem contar que os avanços das tecnologias de informação e de comunicação tornam-se facilitadores do armazenamento, recuperação e disponibilização da informação e do conhecimento via Internet.

## 7. Referências

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição de cana-de-açúcar**. Tradução José Orlando Filho. Piracicaba: Potafos, 1992. 40 p. (Florida Agricultural Experiment Station Journal Series, R-00693).

ANGELES, D. E.; SUMNER, M. E.; LAHAV, E. Preliminary DRIS norms for banana. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 16, n. 6, p. 1059-1070, 1993.

AYES-ROTH, F.; WATERMAN, D. A.; LENAT, D. B. (Ed.). **Building expert systems**. London: Addison-Wesley, 1983. 444 p. (Teknowledge Series in Knowledge Engineering, 1).

BAKER, D. E.; SUHR, M. H. Atomic absorption and flame emission spectrometry. In: PAGE, A. L. (Ed.). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: Asa, 1982. part. 2, p. 13-27.

BATAGLIA, O. C. DRIS: origem e atualidade. **Boletim Infomativo – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 10-12, 1999.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. dos. Efeito do procedimento de cálculo e da população de referência nos índices do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 339-344, 1990.

BEATY, R. D.; KERBER, J. D. **Concepts, instrumentation and techniques in atomic absorption spectrophotometry**. Norwalk: Perkin-Elmer, 1993. 95 p.

- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).
- BREMER, J. M.; EDWARDS, A. P. Determination and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedure for distillation and determination of ammonium. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 29, p. 504-507, 1965.
- BRENDER, J.; MCNAIR, P. User requirements on the future laboratory information systems. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, Clare, n. 50, p. 87-93, 1996.
- BROWNBIDGE, P. R.; FRY, N. **Oracle discoverer plus: user's guide, release 4.1 for Windows**. Redwood City: Oracle Corporation, 2000. Paginação irregular.
- DURKIN, J. **Expert systems: design and development**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1994. 800 p.
- ELMASRI, R.; NAVATHE S. B. **Sistemas de banco de dados**. 4. ed. [S.l.]: Addison-Wesley, 2005.
- ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, p. 466-470, 1984.
- EVANGELISTA, S. R. M.; SOUZA, K. X. S. de; SOUZA, M. I. F.; BRAGA, S. A. C.; LEITE, M. A. de A.; SANTOS, A. D. dos; MOURA, M. F. Gerenciador de conteúdos da Agência Embrapa de Informação. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON KNOWLEDGE MANAGEMENT –(ISKM)=SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DO CONHECIMENTO, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2003. p. 1-12.
- FAULHABER, H. **Intranet é infra-estrutura**. 2002. Disponível em: <<http://hfaulhaber.ism.com.br/sitehenrique/calandra.nsf/0/22E4D600577123AB83256E7600699C93?OpenDocument&pub=T&proj=hfb&sec=Artigos>>. Acesso em: 10 maio 2006.
- FERREIRA, J. R.; GOMES, J. C. **Gerenciamento de laboratórios de análises químicas**. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, 1995. 387 p.
- GOODMAN, N.; ROZEN, S.; STEIN, L. D. **Workflow management software for genome-laboratory informatics: from a proposal to the national institutes of health**. [S.l.: s.n], 1995. 22 p.
- GUIMARÃES, C. C. **Fundamentos de bancos de dados: modelagem, projeto de linguagem SQL**. Campinas: Unicamp, 2003. 270 p.
- HUBER, U. G.; DOLUSCHITZ, R. **An overview of expert systems in agriculture**. Bonn: ILB, 1990. 16 p.
- IBM. **IBM software: DB2 product family**. 2006. Disponível em: <<http://www-306.ibm.com/software/data/db2/>>. Acesso em: 11 mar. 2006.

JONES, P. Agricultural applications of expert systems concepts. **Agricultural Systems**, Barking, v. 31, p. 3-8, 1989.

LANE, P.; LUMPKIN, G. **Oracle8i: data warehousing guide**, release 2 (8.1.6). Redwood City: Oracle Corporation, 1999. paginação irregular.

LEINER, B. M.; CERF, V. G.; CLARK, D. D.; KAHN, R. E.; KLEINROCK, L.; LYNCH, D. C.; POSTEL, J.; ROBERTS, L. G.; WOLFF, S. **A brief history of the internet**. Disponível em: <URL:<http://www.isoc.org/internet-history/>>. Acesso em: 27 jun. 1997.

LEITE, M. A. de A.; CUNHA, L. M. S. da; SILVA, F. C. da. Manual de usuário de banco de dados de experimentos agrícolas em manejo de fertilizantes para cana-de-açúcar. In: EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. **BDCana: banco de dados de experimentos em manejo de fertilizantes para cana-de-açúcar**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2004. 24 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 43).

LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E.; Computer program for calculating DRIS indices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 14, n. 9, p. 811-815, 1983.

LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E.; Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) Norms. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 15, n. 9, p. 997-1006, 1984.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; SOUZA, E. de; ROMANI, L. A. S.; CRUZ, S. A. B. Virtual services for agricultural technology transfer. In: EUROPEAN CONFERENCE OF THE EUROPEAN FEDERATION FOR INFORMATION TECHNOLOGY IN AGRICULTURE, FOOD AND THE ENVIRONMENT, 2., 1999, Bonn, Germany. **Role and potential of IT, intranet and internet for advisory services**. Bonn: Universität Bonn-ILB, 1999. p. 53-62.

MASSRUHA, S. M. F. S.; SANDRI, S.; WAINER, J.; MORANDI, M. An integrated framework for clinical problem solving in agriculture. In: EFITA /WCCA 2005 JOINT CONGRESS ON IT IN AGRICULTURE, 2005, Vila Real. [**Proceedings...**] Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2005. p. 1400-1407.

MATTISON, R. **Data warehousing: strategies, technologies and techniques**. New York: McGraw-Hill, 1996. 485 p.

MCDOWALL, R. D. A matrix for a LIMS with a strategic focus. **Laboratory Automation and Information Management**, Guildford, v. 31, n. 1. p. 57-64, 1995.

MEIRA, C. A. A.; SEIXAS NETO, A.; NAKA, J.; CUNHA, L. M. S. **Análise da produção brasileira de frutas a partir do armazém de dados da fruticultura**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. 6 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado técnico, 18). Disponível em: <<http://www.cnptia.embrapa.br/modules/tinycontent3/content/2002/comuntec18.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2006.

MICROSOFT. **Informações de produtos**: um meio fácil de causar um impacto positivo em seus negócios. 2003. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/brasil/office/system.asp>>. Acesso em: 11 mar. 2006.

MICROSOFT. **Microsoft SQL server home**. 2006. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/sql/default.msp>>. Acesso em: 11 mar. 2006.

MILSTEAD, J.; FELDMAN, S. Metadata: cataloging by any other name... **The Leading Magazine for Information Professionals**, Indianapolis, v. 23, n. 1, jan. 1999. Disponível em: < <http://www.cbuc.es/5digital/1.pdf> > Acesso em: 11 mar. 2006.

MYSQL. **MySQL AB**: database products. 2006. Disponível em <<http://www.mysql.com/products/database/>>. Acesso em: 11 mar. 2006.

NICOLA, M. **Modelagem temporal de workflow**. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~nicolao/artigo.html>>. Acesso em: 30 mar. 1998.

OLOFSON, C. W. **Quebrando a barreira relacional**: a vitória do gerenciamento de dados de usuário com o cachê da InterSystems. 2003. Disponível em: <[http://www.intersystems.com.br/downloads/WhitepaperIDC\\_portugues.pdf](http://www.intersystems.com.br/downloads/WhitepaperIDC_portugues.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2006.

ORACLE. **Oracle 9i database**. 2006. Disponível em: <<http://www.oracle.com/lang/pt/database/index.html>>. Acesso em: 11 mar. 2006.

PEREIRA, A. M.; RIBEIRO JÚNIOR, D. I.; NEVES, G. L. C. Metadados para a descrição de recursos da internet: as novas tecnologias desenvolvidas para o padrão Dublin Core e sua utilização. **Revista ACB Biblioteconomia em Santa Catarina**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 08-39, 2005.

PERKIN-ELMER Co. **Techniques in graphite furnace atomic absorption spectrometry**. Norwalk, 1985. 224 p.

PERKIN-ELMER CORPORATION. **Analytical methods for atomic absorption spectroscopy**. Norwalk, 1994. 300 p.

POSTGRESQL. **PostgreSQL**: the world's most advanced open source database. 2006. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/>>. Acesso em: 11 mar. 2006.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

REZENDE, S. O. **Sistemas inteligentes**: fundamentos e aplicações. Barueri: Manole, 2003. 525 p.

SANTOS, A. D. dos; SOUZA, M. I. F.; SOUZA, K. X. S. de; LEITE, M. A. A.; MOURA, M. F.; CRUZ, S. A. B. da; MACÁRIO, C. G. do N.; MASSRUHÁ, S. M. F. S. Agência de Informação Embrapa - informação para o negócio agrícola na internet. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO COOPERATIVO, 2., 2005, Londrina. **Agronegócio, tecnologia e inovação**: anais... Londrina: SBI-Agro, 2005. Não paginado.

SCHULTE, E. E.; KELLING, K. A. **Plant analysis**: a diagnostic tool. Disponível em: <URL: <http://www.agcom.purdue.edu/AgcCom/Pubs/NCH-NCH-46.html>>. Acesso em: 17 dez. 1999.

SILVA, F. C. da; BERTON, R. S.; CHITOLINA, J. C.; BALLESTERO, S. D. **Recomendações técnicas para o uso agrícola do composto de ixo urbano no Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. (Embrapa Informática Agropecuária. Circular técnica 3).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. NÚCLEO REGIONAL SUL. **Recomendações de adubação e calagem para os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo, 1995. 223 p.

SOUZA, M. I. F.; VENDRUSCULO, L. G.; MELO, G. C. Metadados para a descrição de recursos de informação eletrônica: utilização do padrão Dublin Core. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 93-102, jan./abr. 2000a.

SOUZA, M. I. F.; SANTOS, A. D. dos; OLIVEIRA, M. J. de; CINTRA, M. A. M. de U.; VENDRUSCULO, L. G. Informação para internet: uso de metadados e o padrão Dublin Core para catalogação de recursos eletrônicos na Embrapa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIBLIOTECONOMIA E DOCUMENTAÇÃO, 19., 2000, Porto Alegre. **Informação para a cidadania**: anais. Porto Alegre: FEBAB, 2000b. v. 1.

SOUZA, M. I. F.; SANTOS, A. D. dos; OLIVEIRA, M. J. de; CINTRA, M. A. M. de U.; VENDRUSCULO, L. G. **Catalogação de recursos eletrônicos: metadados e o padrão Dublin Core**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2000c. 7 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado técnico, 7).

TAKAI, O. K.; ITALIANO, I. C.; FERREIRA, J. E. **Introdução à banco de dados**. São Paulo: USP-IME, 2005. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~jef/apostila.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2006.

TEDESCO, M. J. Avaliação de medidas utilizadas na amostragem de solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 9-13, jan./abr. 1985.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BONHEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS–Departamento de Solos, 1995. 174 p.

TEIXEIRA, D.; THOMPSON, J. The power of workflow software. **The Bankers Magazine**, San Francisco, n. 176, p. 10-14, Sept./Oct. 1993. Disponível em: <<http://cne.gmu.edu/modules/workflow/DOCUMENTS/Teixeira-Abstract.html>>. Acesso em: 01 abr. 1998.

WADE, V.; GRIMSON, W.; HEDERMAN, L.; YEARWORTH, M.; GROTH, T. Managing the operation of open distributed laboratory information system. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, Clare, n. 50, p. 123-133, 1996.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). In: STEWART, B. A. (Ed.). **Advances in soil science**. New York: Springer-Verlag, 1987. p. 149-188.