

Geotecnologias como ferramentas de apoio à certificação da qualidade no campo: noções gerais

Cláudio César de Almeida Buschinelli ¹

Introdução

Apresentamos de forma breve o marco conceitual do desenvolvimento sustentável e da avaliação integrada da sustentabilidade. Consideramos que estes são, por um lado, um importante pilar filosófico, duramente construído nas últimas décadas; como também, um importante instrumento de apoio à gestão ambiental em distintos âmbitos geográficos, principalmente quando a sustentabilidade é mensurada através de indicadores de desempenho ou estado, que devem buscar representar a realidade das complexas interações ambientais no espaço e no tempo.

Partimos da lógica de que para o desenvolvimento sustentável de uma região, localidade ou propriedade, devemos necessariamente considerar as interações de seus três componentes fundamentais e indissociáveis, quais sejam: seu perfil social, seu perfil econômico e seu perfil ecológico. Tal consideração, associada à percepção e análise em múltipla escala, reafirmam cada vez mais, sua importância como instrumento de gestão dos recursos naturais e das atividades humanas desenvolvidas em uma determinada região, sempre considerando sua inserção espacial e temporal, permitindo entre outras coisas, apontar os conflitos a serem analisados e as soluções locais a serem implementadas.

Dentro de um contexto mais localizado, o conceito de desenvolvimento sustentável tem como meta final auxiliar na gestão ambiental de propriedades rurais, atendendo às recentes normas e se preparando para as futuras exigências da certificação da produção e da qualidade de produtos agrícolas, impostas pelo mercado. Ademais, no contexto do projeto de “Gestão ambiental de atividades rurais na APA da Barra do Rio Mamanguape”, ao qual se insere o presente

¹ Ecólogo, Pesquisador Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna (SP). e-mail: buschi@cnpma.embrapa.br

trabalho, o desenvolvimento sustentável representa o objetivo maior da própria implantação desta Unidade de Conservação de Uso Sustentável.

Abordamos também neste trabalho e no contexto de inserção no projeto, importantes temas e aplicações do vasto campo de conhecimento relacionado ao geoprocessamento, ou como vem sendo denominado mais recentemente, geotecnologias. O principal enfoque é sua importância como instrumento de avaliações e prognósticos em distintos âmbitos geográficos, bem como a integração de suas principais ferramentas metodológicas, possibilitando a organização dos dados e informações em aplicações dirigidas à gestão ambiental da propriedade rural e de seu entorno.

Finalmente, são feitas considerações das aplicações mais importantes das geotecnologias como ferramenta de apoio à conformidade das exigências do Protocolo Europeu de Boas Práticas Agrícolas (EUREPGAP, 2004), como um exemplo de aplicação dos conceitos e métodos, como uma contribuição à gestão ambiental da APA da Barra do Rio Mamanguape (PB).

Conceitos e Aplicações: Sustentabilidade e Gestão Ambiental

Dentro do marco conceitual da sustentabilidade ambiental pode-se identificar pelo menos três componentes fundamentais e indissociáveis: o perfil ecológico, o perfil econômico e o perfil social.

É bastante comum encontrarmos referências conceituais do meio ambiente como sendo composto pelos componentes social, ambiental e econômico. Discordamos desta conceituação, já que o meio ambiente é formado pelos três componentes indissociáveis antes mencionados (ecológico, social e econômico), que interagem em processos complexos e dinâmicos dentro de uma matriz de espaço e tempo.

Em outras palavras e independente da nomenclatura que se queira utilizar, o arranjo destes componentes define e caracteriza as formas de uso e ocupação de um território e de seus recursos pelas comunidades envolvidas durante um período de tempo. Na prática, deve-se buscar a integração de objetivos muitas vezes conflitantes entre esses perfis, já que os anseios e grau de

desenvolvimento dos setores da sociedade são variados e não lineares, como também a abundância dos recursos naturais não está uniformemente distribuída pelo planeta.

A Figura 1 apresenta uma modificação do clássico triângulo da sustentabilidade proposto por Nijkamp (1990), ilustrando a relação antagônica existente entre os componentes ambientais e a sua desejada e idealizada integração no triângulo central invertido, o qual representa em seu interior mais claro, o ideal harmônico e utópico do desenvolvimento sustentável. Outro fator de fundamental importância também está representado, trata-se da variável tempo, a qual deve ser considerada nas avaliações e projeções de desempenho dos sistemas.

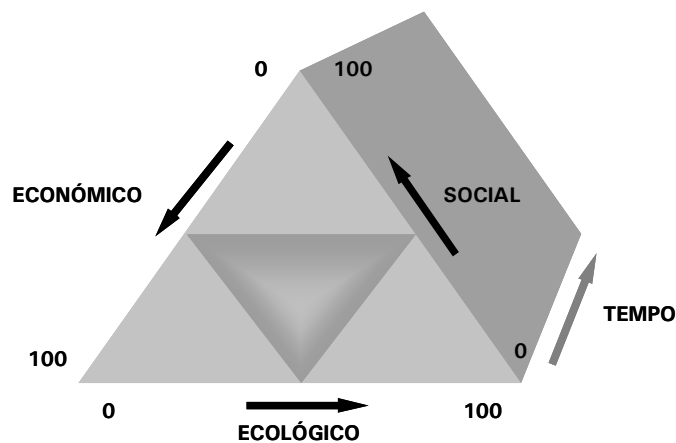


Figura 1. Representação idealizada do conceito de sustentabilidade ambiental.

A aplicação prática do conceito de sustentabilidade vem sendo testada em diferentes âmbitos geográficos e sócio-econômicos, utilizando métodos de aplicação e de análise variados com a obtenção de resultados bastante distintos, já que não existe uma padronização metodológica que seja aplicável a todas as situações e condições ambientais do planeta. Esse talvez seja o único ponto de acordo entre os estudiosos do tema.

Na realidade o que se busca são indicadores de sustentabilidade, ou seja, variáveis, parâmetros ou índices de qualidade ambiental que expressem

diferentes graus de sustentabilidade das atividades desenvolvidas em uma dada região e em um dado período de tempo.

Os indicadores de sustentabilidade são considerados ferramentas importantes e de amplo uso em diferentes âmbitos e estratégias, como na hierarquização da performance de desenvolvimento de países (OECD, 1997; 2000), no manejo e planejamento ambiental de bacias hidrográficas (Armitage, 1995); ou no âmbito das propriedades rurais, como na avaliação da sustentabilidade do manejo das terras (Smyth e Dumanski, 1995) e como instrumento de eco-certificação dentro de parâmetros de gestão ambiental (Rodrigues *et al.*, 2003). A utilização destes indicadores foi consagrada de forma individualizada no *International Expert Meeting on Information for Decision: Making and Participation*, realizado no Canadá em 2000 (ONU, 2001).

Um exemplo recente no Brasil foi o desenvolvimento do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_AGUA). Trata-se de um método de avaliação que integra as variáveis sociais, econômicas e ecológicas de uma região, tendo como espaço de análise a bacia hidrográfica, expressando quantitativamente e de forma hierarquizada o grau de sustentabilidade de cada unidade geográfica analisada (sub-bacias ou municípios) na forma de mapas temáticos.

Desenvolvido inicialmente para a região do Submédio do Rio São Francisco, com um território de cerca de 125.000 km² e importante região produtora de frutas para exportação do semi-árido brasileiro ², a metodologia vem sendo aplicada com adaptações por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente em distintas regiões e enfoques como, por exemplo, na avaliação do uso sustentável das águas subterrâneas na área de recarga do Aqüífero Serra Grande na região de Picos (PI) (Embrapa Meio Ambiente, 2003a); como ferramenta de gestão participativa dos recursos hídricos na sub-bacia do Rio Poxim na região de Aracajú – SE (Buschinelli *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2004); ou ainda como instrumento de apoio à gestão de parâmetros ambientais que

² Ver www.ana.gov.br/gefsf/resumosexecutivos

influenciam na produção integrada de citros na região de Bebedouro – SP (Embrapa Meio Ambiente, 2003b).

A Gestão Ambiental é definida por Lavaroto (2003) como *“um conjunto de princípios, estratégias e diretrizes de ações e procedimentos para preservar a integridade dos meios físico e biótico, bem como a dos grupos sociais que deles dependem. A Gestão Ambiental visa ordenar as atividades humanas para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio. Esta ordem vai desde a escolha das melhores técnicas até o cumprimento da legislação e a alocação correta de recursos humanos e financeiros”*.

Trazendo este conceito e método para dentro de nosso tema de interesse, a produção de alimentos com qualidade e sua certificação em uma propriedade rural, nota-se a dependência restrita de uma variada gama de fatores que devem ser atendidos, relacionados tanto com a condição de “saúde” do produto e do ambiente de entorno onde este é produzido, como com as condições sociais e econômicas dos trabalhadores envolvidos no processo produtivo e as comunidades vizinhas.

Os Protocolos de Boas Práticas Agrícolas como o EUREPEGAP, USAGAP e a PIF-Brasil, por exemplo, descrevem essas exigências e garantem, de certa forma, um arcabouço normativo internacional para a certificação de produtos agrícolas. São as exigências do mercado que acabam por influir mais diretamente na qualidade do produto e, concomitantemente, na qualidade ambiental de sua região ou local de origem.

Além disso, e considerando a natureza sistêmica do meio ambiente, visualiza-se a curto e médio prazos a necessidade de um adequado planejamento territorial no âmbito regional, municipal e mesmo local, com a definição clara das áreas mais propícias para o desenvolvimento das atividades produtivas, dentro do conceito de capacidade de suporte do ambiente e de suas potencialidades. Este é um dos maiores problemas a serem enfrentados, já que se observa uma falta generalizada na organização institucional e principalmente de cumprimento dos planos, políticas e leis de uso e ocupação dos espaços rurais e periurbanos,

levando muitas vezes ao conflito pelo uso dos recursos naturais, notadamente da água superficial.

Consideramos que tanto para o Agronegócio, cada vez mais especializado, exigente e ao mesmo tempo exigido em termos de qualidade dos processos e produtos, como para a Agricultura Familiar, em geral marginalizada do processo produtivo tecnológico, existe a necessidade de resguardar as suas fronteiras e definir seus territórios como áreas que merecem especial atenção nos instrumentos e planos de gestão, visando a sua manutenção e melhoria no tempo, como também das cadeias produtivas complementares, como as atividades turísticas ou industriais e mineradoras, por exemplo.

Esta é uma das muitas idéias contidas no conceito de territorialidade, onde a vocação produtiva de um dado local deve ser exercida e gerida dentro de padrões adequados de qualidade ambiental, para sua continuidade e aproveitamento das vantagens comparativas dentro do mercado cada vez mais globalizado.

Nesse contexto de complexidade crescente das relações existentes, observa-se, de um lado, a necessidade de avaliações em diferentes âmbitos geográficos, desde a escala local da propriedade rural até escalas de menor detalhe, como da bacia hidrográfica onde ela se situa; e de outro lado, a consideração integrada de fatores e variáveis ambientais de diferente natureza, nível de organização e anseios (perfis social, econômico e ecológico), mas sempre dependente de um período de tempo de avaliação e de um território para implantação.

Geotecnologias

A geotecnologia, que genericamente reúne todas as modernas ferramentas e instrumentos de geoprocessamento e análise de dados espaciais, vem sendo apontada como uma importante aliada neste difícil processo de gestão das atividades agrícolas dentro de um contexto ambiental, seja por sua elevada capacidade operativa e rapidez analítica, ou por sua funcionalidade para integrar dados e informações de distintos formatos e escalas. Sua principal característica

é o registro exato e seguro dos dados em sistemas de coordenadas geográficas, fato que orienta e facilita sobremaneira na tomada de decisão sobre as conseqüências das atividades de desenvolvimento e a dimensão de seus efeitos ambientais, sugerindo os pontos críticos a serem considerados e corrigidos. Uma ampla revisão sobre o tema e suas principais aplicações na agropecuária pode ser encontrada em Assad & Sano (1998).

Não é de hoje que se conhece o potencial das técnicas de cartografia e processamento digital de dados espaciais. Burrough (1986), destacou há muito tempo a importância destas novas tecnologias, denominadas de SIG - Sistema de Informações Geográficas (ou GIS - *Geographical Information System*), apontando para o futuro promissor que elas poderiam auxiliar a construir.

Inicialmente, os programas e sistemas computacionais (software e hardware) eram bastante caros e possuíam limitada capacidade operacional em termos de memória e potencial de cálculo, mas já demonstravam a elevada funcionalidade e rapidez de armazenagem e tratamento de dados espaciais, até então realizados na grande maioria dos casos de forma manual.

Com o extraordinário desenvolvimento da ciência da computação, disponibilizando equipamentos e programas informáticos de alta capacidade de desempenho com preços relativamente baixos, aliado ao aperfeiçoamento dos sensores remotos e das técnicas de tratamento digital de dados espaciais, tem sido possível desenvolver estudos e projetos bastante complexos, até há pouco tempo de difícil execução, já que se utilizavam técnicas de desenho na preparação de bases cartográficas, em papel ou meios afins.

Em linhas gerais, temos de um lado os equipamentos para tomada de dados espaciais como os sensores remotos em satélites e aeronaves, GPS (Sistema de Posicionamento Global) e digitalizadores de cartas e mapas topográficos; e de outro lado, aqueles que possibilitam seu tratamento e processamento computacional como os SIGs.

No que se refere à estrutura e formato dos dados espaciais digitais utilizados em geoprocessamento, pode-se diferenciar dois tipos fundamentais, de

acordo com o modelo de representação ou visualização dos objetos de interesse: os dados no formato vetorial e os dados no formato raster.

Dados em formato vetorial

Dentre os dados vetoriais, existe uma complexidade crescente de formas de representação dos objetos, a saber: formato de pontos, formato de linhas (conjunto de pontos interligados) e formato de polígonos (conjunto de linhas fechadas). Na Figura 2, que ilustra parte da base cartográfica digital da ANA (2001) para a região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), estão representados estes tipos de dados vetoriais, onde os pontos representam as sedes municipais, as linhas as estradas e a rede de drenagem e os polígonos os limites municipais.

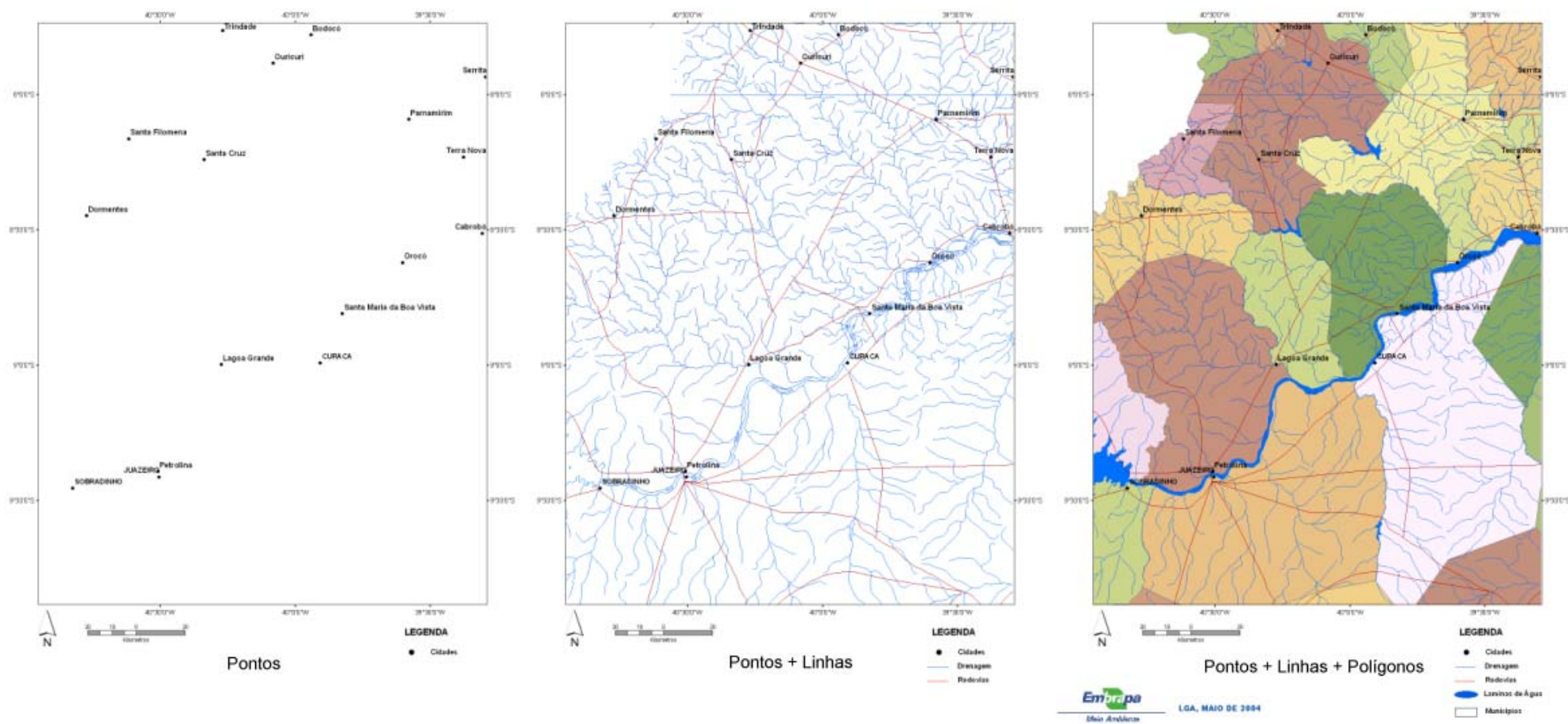


Figura 2. Exemplos de arquivos vetoriais usados em geoprocessamento.

Nos SIGs mais utilizados os bancos de dados são estruturados segundo uma programação do tipo relacional ao objeto. Desta maneira, existe um arquivo tabular específico que relaciona a posição exata de cada objeto (ponto, linha ou polígono) frente a um plano cartográfico definido – suas coordenadas; contendo ainda, outras informações ou características chamadas de atributos, que passam a fazer parte de um banco de dados específico. Na tabela relacional, cada linha representa um objeto e as colunas representam os atributos que se deseja registrar no banco de dados.

No Quadro 1, apresentamos um exemplo de uma tabela relacional extraída do programa ArcMap (ESRI, 2001), referente aos atributos do arquivo de polígonos dos municípios da região de Petrolina, registrando dados como área, população urbana e rural, densidade demográfica, nome, coordenadas geográficas, dentre outros (ANA, 2001). Esta capacidade demonstra a grande versatilidade na visualização, atualização e recuperação das informações georreferenciadas, conforme mencionado anteriormente.

Este formato de representação é muito útil para os dados discretos, como localização de endereços ou locais de eventos que se queira registrar com coordenadas geográficas precisas para sua posterior representação espacial em um plano cartográfico, possibilitando ainda sua integração com outras bases de dados georreferenciados.

Quadro 1. Exemplo de uma tabela relacional referente aos polígonos dos municípios da região de Petrolina (PE), extraída do Programa ArcMap (ESRI, 2001).

FID	Shape*	GEOCODIGO	NOME_UF	AREA	P_URB_20	P_RUR_20	P_TOT_20	HAB_KM	COD_6_DI	N_MUNIC	OID	NUMER	GEOCODI
900	Polygon	2613800	PERNAMBUCO	120.163	8907	7038	16005	133.19	261380	São Vicente F	917	918	261
901	Polygon	2613909	PERNAMBUCO	2965.28	49580	21237	70877	23.9	261390	Serra Talhada	918	919	261
902	Polygon	2614006	PERNAMBUCO	1602.335	4420	13419	17839	11.13	261400	Serita	919	920	261
903	Polygon	2614105	PERNAMBUCO	2359.417	17039	14596	31635	13.41	261410	Serfânia	920	921	261
904	Polygon	2614303	PERNAMBUCO	619.658	5625	5392	11017	17.78	261430	Moreilândia	880	881	261
905	Polygon	2614402	PERNAMBUCO	130.665	1304	4228	5532	42.34	261440	Solidão	921	922	261
906	Polygon	2614501	PERNAMBUCO	254.907	33124	17160	50284	197.26	261450	Surubim	922	923	261
907	Polygon	2614600	PERNAMBUCO	393.279	15919	8112	24031	61.1	261460	Tabira	923	924	261
908	Polygon	2614709	PERNAMBUCO	210.887	5925	7007	12932	61.32	261470	Tacaimbó	924	925	261
909	Polygon	2614808	PERNAMBUCO	1253.641	7240	9856	17096	13.64	261480	Tacaratu	925	926	261
910	Polygon	2615003	PERNAMBUCO	450.727	12005	7715	19720	43.75	261500	Taquaritinga	926	927	261
911	Polygon	2615102	PERNAMBUCO	142.505	1880	4417	6297	44.19	261510	Terezinha	927	928	261
912	Polygon	2615201	PERNAMBUCO	362.21	3969	3550	7519	20.76	261520	Terra Nova	928	929	261
913	Polygon	2615300	PERNAMBUCO	320.524	44029	12866	56895	177.51	261530	Timbaúba	929	930	261
914	Polygon	2615409	PERNAMBUCO	34.762	20125	1669	21794	626.95	261540	Toritama	930	931	261
915	Polygon	2615508	PERNAMBUCO	141.565	9433	2946	12379	87.44	261550	Tracunhaém	931	932	261
916	Polygon	2615607	PERNAMBUCO	229.296	17179	4740	21919	95.59	261560	Trindade	932	933	261
917	Polygon	2615706	PERNAMBUCO	182.196	6561	8568	15129	83.04	261570	Triunfo	933	934	261
918	Polygon	2615805	PERNAMBUCO	869.959	6417	14363	20780	23.89	261580	Tupanatinga	934	935	261
919	Polygon	2615904	PERNAMBUCO	231.581	5805	1960	7765	33.53	261590	Tuparetama	935	936	261
920	Polygon	2616001	PERNAMBUCO	326.084	8047	5414	13461	41.28	261600	Venturosa	936	937	261
921	Polygon	2616100	PERNAMBUCO	449.114	2300	6547	8847	19.7	261610	Verdejante	937	938	261
922	Polygon	2616183	PERNAMBUCO	81.109	1508	7031	8539	105.28	261618	Vertente do L	938	939	261
923	Polygon	2616209	PERNAMBUCO	172.715	6301	8652	14953	86.58	261620	Vertentes	939	940	261
924	Polygon	2616308	PERNAMBUCO	250.277	10458	18286	28744	114.85	261630	Vicência	940	941	261
925	Polygon	2700102	ALAGOAS	456.599	4492	14715	19207	42.07	270010	gua Branca	0	1	270
926	Polygon	2700300	ALAGOAS	367.55	152281	33869	186150	506.46	270030	Arapiraca	1	2	270
927	Polygon	2700706	ALAGOAS	322.521	10322	4473	14795	45.87	270070	Batalha	2	3	270
928	Polygon	2700805	ALAGOAS	48.39	1823	4095	5918	122.3	270080	Belém	3	4	270
929	Polygon	2700904	ALAGOAS	334.754	1226	5596	6822	20.38	270090	Belo Monte	4	5	270
930	Polygon	2701209	ALAGOAS	273.917	4237	5316	9553	34.88	270120	Cacimbinhas	5	6	270
931	Polygon	2701506	ALAGOAS	167.121	3702	5423	9125	54.6	270150	Campo Grand	6	7	270
932	Polygon	2701605	ALAGOAS	574.329	4120	13213	17333	30.18	270160	Canapi	7	8	270
933	Polygon	2701803	ALAGOAS	113.534	3383	3195	6578	57.94	270180	Carneiros	8	9	270
934	Polygon	2701902	ALAGOAS	202.13	3673	4083	7756	38.37	270190	Chã Preta	9	10	270
935	Polygon	2702009	ALAGOAS	88.859	2521	9469	11990	134.93	270200	Coité do Nóia	10	11	270
936	Polygon	2702355	ALAGOAS	276.409	6603	14183	20786	75.2	270235	Craibas	11	12	270
937	Polygon	2702405	ALAGOAS	609.243	33571	9509	43080	70.71	270240	Delmiro Gouve	12	13	270

Dados em formato raster

Quanto aos dados espaciais no formato raster, estes representam os objetos sempre como uma matriz de células (*pixels* ou quadrículas) em uma dimensão espacial contínua. Para cada pixel pode ser atribuído um valor, podendo ser numérico (nível digital/espectral, altitude ou temperatura, por exemplo) ou categórico (tipos de solos e vegetação), podendo ser processados digitalmente com outras informações em diferentes planos de informação, através de cálculos matemáticos (algoritmos) oferecidos pelos SIGs.

As imagens de satélite são um bom exemplo de dados raster, onde em cada pixel está armazenada a informação a ser processada, na maioria dos casos em valores do espectro eletromagnético específico para o sensor de tomada de dados remoto. Este sinal é posteriormente processado em níveis digitais para cada pixel, compondo a imagem final.

A resolução espacial de uma imagem, ou seja, o menor objeto que se pode identificar com nitidez em uma imagem, é dependente do tamanho do pixel e é expressa em metros. Pode-se considerar também como a menor distância entre dois objetos na imagem, sendo um dos parâmetros mais importantes para os trabalhos ambientais com tratamento digital, já que oferece maior ou menor detalhe espacial ou riqueza das informações que se pretende recuperar de uma imagem.

A resolução radiométrica e o tipo de sensor do satélite são outros fatores importantes. O primeiro, diz respeito à faixa do espectro eletromagnético de captura de dados, enquanto o segundo caracteriza o modo de captura dos dados, sendo classificados de sensores passivos ou ativos. Normalmente, para as aplicações ambientais, as faixas espectrais do visível e do infravermelho-próximo são as desejadas, pela melhor resposta espectral dos diferentes tipos de cobertura do globo terrestre como, por exemplo: tipos de solos, vegetação, cidades e edificações, corpos d'água, formações rochosas, entre outras. Em contrapartida, essas faixas espectrais do visível e infravermelho-próximo apresentam a limitação de não atravessarem as capas de nuvens, impedindo a tomada de imagens em épocas chuvosas – estes são os chamados sensores passivos.

Essa limitação não ocorre com os sensores ativos, capazes de emitir um sinal (micro-ondas por exemplo), que é recebido de volta pelo satélite e posteriormente enviado para estações em terra para interpretação e armazenamento. Devido a esta característica, os sensores ativos têm importante aplicação no campo da geologia e em levantamentos topográficos em áreas florestais densas, já que operando na faixa de micro-ondas, têm maior capacidade de penetração pelas coberturas de vegetação.

Uma outra importante característica das imagens orbitais é a resolução temporal, ou o intervalo de tempo entre a tomada de imagens de um mesmo local pelo satélite, sendo de grande importância para estudos fenológicos (fases de crescimento das plantas), de mudanças de ocupação dos solos ou de acompanhamento de safras agrícolas, por exemplo.

Apresentamos nos Quadros 2 e 3 alguns exemplos dos principais satélites comerciais e suas características mais importantes. Destacamos a família do satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres – CBERS1 e 2, que consagram a competência nacional em tecnologia de sensoriamento remoto, já de longa data desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. O programa de cooperação internacional, iniciado em 1988, tem oferecido imagens com grande qualidade e boa resolução espacial. Dotado de três sensores distintos (Quadro 2), destinados à obtenção de dados em diferentes resoluções espaciais e radiométricas, aporta um material de elevado valor para o monitoramento e gestão dos recursos naturais. O INPE é o principal responsável técnico pelo programa, e maiores detalhes podem ser obtidos em <http://www.cbers.inpe.br>.

Quadro 2. Principais características das imagens dos satélites de uso comercial.

Satélite	Lançamento	Tipo de Sensor	Produto	Resolução Espacial	Faixa Imageada	Resolução Temporal	Estéreo Par
CBERS 1 e 2	1999 2003	Óptico/Passivo	Imageador de Visada Larga (WFI - Wide Field Imager)	260 metros	889 km	5 dias	Não
			Imageador por Varredura de Média Resolução (IR-MSS - Infrared Multispectral Scanner)	80 metros	120 km	26 dias	Não
			5 Bandas Multiespectrais (Câmara de Alta Resolução CCD - Couple Charged Device)	20 metros	113 km	26 dias com visão vertical 3 dias com visão lateral	Sim
LANDSAT 7/ETM +	1999	Óptico/Passivo	7 Bandas Multiespectrais	30 metros	185 km	16 dias	Não
			Banda Pancromática	15 metros	185 km	16 dias	Não
SPOT 1/2/3/HRV	1986	Óptico/Passivo	4 Bandas Multiespectrais	20 metros	60 km	1-4 dias	Sim
	1993		Banda Pancromática	10 metros	60 km	1-4 dias	Sim
SPOT 4/HRVIR	1998	Óptico/Passivo	4 Bandas Multiespectrais	20 metros	60 km	1-4 dias	Não
			Banda Pancromática	10 metros	60 km	1-4 dias	Não
IKONOS II	1999	Óptico/Passivo	4 Bandas Multiespectrais	4 metros	11 km	3-5 dias	Sim

			Banda Pancromática	1 metro	11 km	3-5 dias	Sim
QUICKBIRD	1999	Óptico/Passivo	4 Bandas Multiespectrais	2.4 metros	22 km	1-4 dias	Sim
			Banda Pancromática	0,60 metros	22 km	1-4 dias	Sim
EROS	2000	Óptico/Passivo	Banda Pancromática	1.8 metros	12.5 km	1-4 dias	Sim
RADARSAT I	1995	Radar/Ativo	Banda C(5.3Ghz)	8-100 metros	50-500 km	4-6 dias	Sim

Fonte: modificado a partir de www.intersat.com.br.

Pode-se observar a grande variedade em termos de resolução espacial e temporal dos produtos oferecidos, características importantes para a variada aplicação destes dados orbitais, que vão desde análises regionais em longos períodos de tempo, até as avaliações de muito maior detalhe espacial para as recentes necessidades da agricultura de precisão.

Vale destacar a popularização das imagens de satélite, que nestas últimas duas décadas passaram a ser um recurso essencial para as avaliações ambientais, estando cada vez menos custosas, com melhores resultados e maior qualidade, pelo menos para aquelas de uso mais comum como as da família LANDSAT e SPOT.

Os avanços tecnológicos têm propiciado o desenvolvimento de novos sensores para os satélites de observação da Terra, com melhor resolução espacial, radiométrica e temporal, cada vez mais necessários para os estudos ambientais detalhados demandados atualmente., Exemplos destes novos satélites são o Ikonos e o Quickbird, tendo como inconveniente o elevado custo de seus produtos.

A Figura 3 apresenta dois exemplos de imagens do satélite Ikonos II, onde se pode observar o poder de discriminação de objetos proporcionado pela elevada resolução espacial destas imagens (1 x 1 metro), sendo possível identificar claramente as laranjeiras num campo de citros na região de Araraquara (SP) e galpões de apoio aos pivôs centrais na área de produção irrigada de hortaliças em Andaraí (BA). As imagens são amostras disponibilizadas pela internet por ENGESAT (2004).

Destacamos ainda, o uso de câmaras/sensores multiespectrais instaladas em aeronaves para levantamentos em áreas específicas, possibilitando melhor

resolução espacial e radiométrica das imagens, características bastante desejáveis para aplicações na agricultura de precisão, porém com custos elevados de aquisição.

Quadro 3. Satélites e escalas de trabalho possíveis de aplicação.

Escala	Satélite / Sensor
1:500.000 - 1:250.000	CBERS; Landsat 5/TM; Landsat 7/ETM + ; Radarsat-1
1:250.000 - 1:100.000	CBERS; Landsat 5/TM; Landsat 7/ETM + ; SPOT 4/HRVIR; Radarsat-1
1:100.000 - 1:50.000	CBERS; Landsat 5/TM; Landsat 7/ETM + ; SPOT 4/HRVIR; Radarsat-1
1:50.000 - 1.25.000	CBERS; Landsat 5/TM; Landsat 7/ETM + ; SPOT 4/HRVIR; IRS-D/LISSIII Radarsat-1
1:25.000 - 1.10.000	IRS-1D/LISSIII; QUICKBIRD; IKONOS; EROS A1
1:10.000 - 1:5.000	QUICKBIRD; IKONOS; EROS-A1
1:5.000 - 1:2.000	QUICKBIRD; IKONOS

Fonte: modificado a partir de www.intersat.com.br.



Figura 3. Exemplos de imagens do satélite Ikonos II: a) campo de citros na região de Araraquara (SP); b) pivôs centrais na região de Andaraí (BA). Imagens de divulgação obtidas na Engesat, representante no Brasil dos produtos *Space Imagen* (ENGESAT, 2004).

Na Figura 4 são apresentados alguns exemplos de uma imagem do satélite CBERS2, gentilmente cedida pelo INPE, tomada em 19 de novembro de 2003 (Órbita-Ponto 151-110) e que recobre a região de Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho em Petrolina (PE).

Trata-se uma imagem corrigida geometricamente, o que lhe confere caráter cartográfico para análises espaciais e ajustes com a cartografia da

região. A imagem apresentada (obtida pelo sensor CCD) é o produto do tratamento digital realizado no Programa Spring (Camara *et al.*, 1996), resultando na composição em falsa cor das bandas espectrais 2 (azul), 4 (vermelho) e 3 (verde), visando representar as cores naturais das coberturas terrestres, como os cultivos irrigados que aparecem na cor verde intenso da imagem. As áreas edificadas ou com solo exposto aparecem muito nitidamente em tons claros e lilás, com destaque para as manchas urbanas de Petrolina e Juazeiro na parte inferior das Figuras 4 A e B. Na cor azul estão representados os corpos de água como o Rio São Francisco e o lago da Barragem de Sobradinho. A resolução espacial (tamanho do pixel) da imagem é de 20 x 20 metros, podendo ser observado o efeito visual de ampliação proporcionado pelo SIG na seqüência das figuras A-B-C-D, com a crescente perda de nitidez determinada pelo tamanho do pixel.

As figuras foram preparadas nos SIGs Spring e ArcMap, superpondo à imagem CBERS arquivos vetoriais como os polígonos dos lotes do Distrito de Irrigação Nilo Coelho (cedido pela Codevasf), além de arquivos vetoriais de uma das propriedades georreferenciadas com GPS por pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente e Técnicos do Programa PIF do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, contendo os pontos de interesse (tomada de água, drenos, edificações) e os polígonos (parcelas de uva e outras áreas de cultivo). Tais dados foram levantados em 2004, como parte de um projeto de pesquisa de apoio à Produção Integrada de Frutas, desenvolvido na região pela Embrapa Meio Ambiente.

Em se tratando de produtos analógicos (não digitais), a fotografia aérea é o exemplo de produto do sensoriamento remoto mais conhecido. De longa data as aerofotos são utilizadas em pares estereoscópicos pela aerofotogrametria por apresentarem escalas compatíveis para trabalhos de maior detalhe e guardarem informação visual de grande utilidade nos levantamentos dos recursos naturais. Atualmente as fotografias aéreas são também fornecidas em formato digital com elevada qualidade para aplicações cartográficas de alta precisão, porém com elevado custo.

Outro grande aliado nos trabalhos de geoprocessamento é o GPS (*Global Positioning System*) ou sistema de posicionamento global por satélite, que utilizando procedimentos de triangulação matemática da posição recebida por ondas de rádio de pelos três satélites, é capaz de identificar o ponto geográfico desejado com exatidão.

A precisão na medição está na dependência de vários parâmetros, dentre os quais destacamos o erro induzido pelos operadores do sistema (militares norte-americanos), número de satélites rastreados pelo equipamento, capacidade de recepção de sinal, dentre outros fatores. Nos aparelhos mais precisos, chamados de DGPS ou GPS diferencial, o erro de posicionamento está na ordem de centímetros, enquanto que os aparelhos mais comumente usados podem chegar a uma precisão entre 5 a 7 metros, com resultados bastante satisfatórios para as aplicações de campo, segundo Vettorazzi *et al.* (1994).

Na Figura 4, apresentamos um exemplo de aplicação do GPS para georreferenciamento das parcelas e outros atributos de interesse para avaliação ambiental de uma propriedade rural. Tal atividade visa à elaboração de uma base cartográfica digital da propriedade, a qual pode ser integrada e atualizada com as informações e tratos culturais específicos desenvolvidos em cada parcela, auxiliando na organização e gestão das atividades produtivas.

Vale destacar que a nova legislação sobre registro de terras (Lei 10.267 de 28/08/2001), vem exigindo o georreferenciamento dos imóveis rurais com elevada precisão geográfica, contribuindo para a formação de um cadastro nacional de extrema importância para o planejamento e fiscalização rural (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10267.htm).

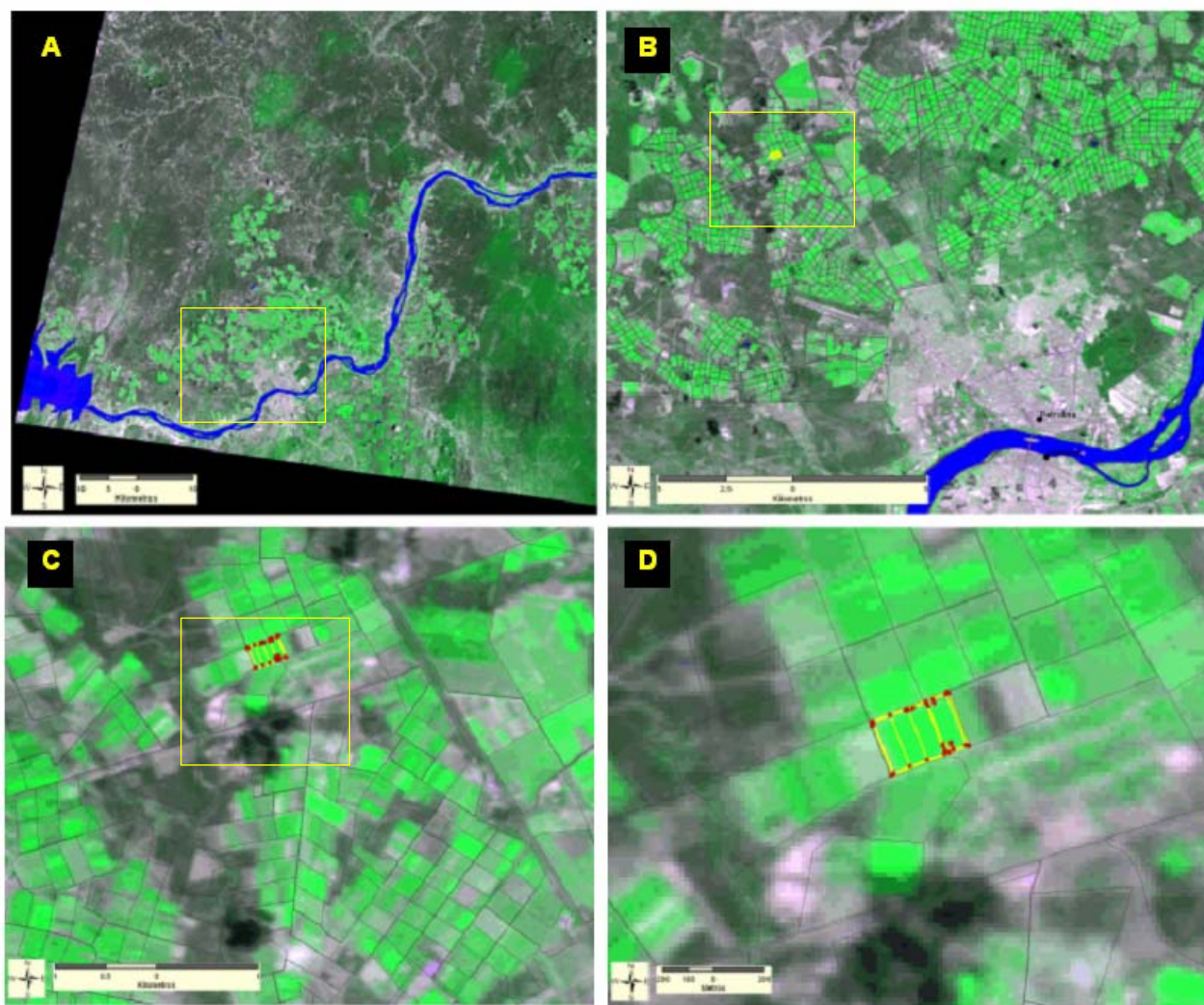


Figura 4. Exemplos de uma imagem CBERS2 (19/11/2003) da região de Petrolina (PE): a) recorte da cena completa, escala original de visualização (EOV) 1:500.000; b) ampliação sobre as cidades de Petrolina e Juazeiro (tons claros), destacando o Rio São Francisco (em azul), as áreas irrigadas (verde) e as áreas de vegetação nativa (marrom-esverdeado), EOV 1:100.000; c) detalhe de um lote georreferenciado com

GPS (centro superior) e a malha de lotes do Distrito de Irrigação, EOV 1:25.000; d) maior detalhe do lote georreferenciado, destacando os polígonos das parcelas de cultivo de uva sob o sistema PIF e os pontos de interesse na propriedade, EOV 1:10.000.

Necessidade de dados espaciais

Para os trabalhos com geoprocessamento são necessários os seguintes materiais de referência (havendo variações nas especificações de acordo com o tamanho da propriedade a ser avaliada):

- Mapas topográficos (planialtimétrico) em escala de detalhe e semidetalhe (1:5.000 a 1:50.000) da região;
- Fotografias aéreas (escala 1:25.000) e imagens de satélite com resolução espacial compatível (pixel menor que 30 metros);
- Dados básicos do meio físico (hidrografia, geologia, geomorfologia, solos, clima, entre outros);
- Dados de qualidade das águas (entrada e saída da propriedade e das águas servidas), bem como dos solos;
- Dados básicos dos processos e atividades produtivas – históricos de itinerários e de manejo agrícola;
- Dados secundários e de inventários específicos de campo.

O custo de obtenção de dados espaciais com maior detalhe, necessários para as aplicações no âmbito de propriedades rurais de pequeno a médio porte (5 a 100 hectares) é aumentado significativamente quando comparado com aqueles usados em aplicações no âmbito mesoregional. Este tem sido um dos pontos críticos dos trabalhos que necessitam de maior riqueza de detalhe nas informações e utilizam a geotecnologia como instrumento metodológico de gestão.

Para avaliações meso-regionais, nos referimos a escalas de trabalho entre 1:50.000 e 1:100.000 com um custo de cerca de R\$ 600,00 para uma cena completa (185 x 185 km) com 7 bandas da imagem Landsat 7/ETM+, quando disponível em catálogo.

Por outro lado, nas aplicações no âmbito da propriedade rural e de seu entorno, são necessários dados com maior detalhe, na escala entre 1:1.000 e 1:25.000. Neste caso, uma cena do satélite Ikonos II pode ter um custo inicial de cerca de R\$ 38,00 por km², representando um total de pelo menos R\$ 4.598,00 para uma imagem de 11 x 11 km (ENGESAT, 2004).

As necessidades de dados espaciais de apoio aos produtores rurais que pretendem alcançar a certificação da produção podem parecer sofisticadas à primeira vista, mas na realidade não são, já que representam uma precondição tecnológica mínima de garantia da qualidade dos sistemas produtivos de última geração, sempre de olho no mercado externo, bom pagador, mas altamente competitivo.

Logicamente que se o produtor tiver interesse em utilizar sistemas mais complexos de coleta de dados, monitoramento e gestão das atividades de sua propriedade terá à sua disposição um grande arsenal tecnológico de apoio e em franco desenvolvimento, impulsionado principalmente pela Agricultura de Precisão, porém com um custo razoavelmente elevado.

Entretanto, para atender às exigências previstas no Protocolo Europeu de Boas Práticas Agrícolas (EUREPGAP) não são necessários grandes investimentos e tampouco elaborados conhecimentos computacionais para gestão da informação por parte dos proprietários. De toda maneira, quando houver interesse, podem ser aplicados sistemas informatizados e georreferenciados em praticamente todos os processos produtivos do ambiente rural.

Quanto aos técnicos envolvidos diretamente com os aspectos de gestão das cadeias do Agronegócio no Brasil, principalmente com os protocolos de BPA – Boas Práticas Agrícolas, é importante que tenham um conhecimento mínimo das técnicas de cartografia e suas principais aplicações nos sistemas informatizados de tratamento digital de dados espaciais, já que são ferramentas cada vez mais freqüentes e necessárias nos trabalhos, contribuindo com a redução de custos e otimização de processos.

Assim sendo, apresentamos no Quadro 4 breves comentários das inserções e aplicações das geotecnologias como ferramenta de apoio à certificação da produção no campo, exemplificando o caso das exigências contidas no *Checklist* para frutas e verduras do Protocolo EUREPGAP (2004), versão para língua portuguesa de Portugal.

Quadro 4. Comentários das aplicações geotecnológicas do *Checklist* para frutas e legumes EUREPGAP (2004).

Título / Item	Comentários
<p>Título 1. RASTREABILIDADE.</p> <p>1.1. É possível manter a rastreabilidade de um produto registrado EUREPGAP até à Unidade de Produção em que foi cultivado, ou fazer o percurso inverso partindo da Unidade de Produção?</p>	<p>Uma maneira muito segura e pratica de registrar as coordenadas geográficas do centro da parcela ou unidade de produção é através do GPS, fazendo a imediata correlação da mesma com os tratos culturais e colheitas realizadas. Se o produtor tiver um mapa ou croqui da propriedade, fica ainda mais fácil a associação e registro do local com os produtos.</p>
<p>Título 4. HISTÓRICO E GESTÃO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO.</p> <p>4.1 Histórico da Unidade de Produção</p> <p>4.2. Gestão da Unidade de Produção</p>	<p>Os mapas ou croquis da propriedade são de grande utilidade, como veremos no titulo seguinte, já que é possível o registro das exigências do protocolo e sua gestão de maneira integrada e mais confiável.</p>
<p>Título 5. GESTÃO DO SOLO E DOS SUBSTRATOS.</p> <p>5.1 Cartas dos Solos</p> <p>5.2 Conservação dos solos</p> <p>5.3 Erosão do Solo</p> <p>5.4 Desinfecção do Solo</p> <p>5.5 Substratos</p>	<p>É bastante comum a existência de croquis da propriedade, na maioria das vezes elaborados sem muito rigor, mas representando muitas das características necessárias para a organização das atividades produtivas. Porém, quando estes croquis são elaborados com maior rigor geográfico, inserindo informações cartográficas obtidas a partir de produtos de sensoriamento remoto, como aerofotos restituídas e georreferenciadas ou cartas topográficas em escala adequada, além de incorporar as áreas de entorno da propriedade, tornando-se assim cartas ou mapas, teremos melhores condições de atender as exigências de gestão dos recursos naturais e elaborar os planos de ação previstos nos protocolos de boas praticas agrícolas.</p> <p>Este é o caso das informações dos tipos de solos da propriedade, sua disposição na topografia e influencia na rede de drenagem local, limites de parcelas e estrutura viária de acesso, entre outras. Dados estes fundamentais para o manejo adequado e implantação de técnicas de controle e prevenção da erosão.</p> <p>É fundamental a incorporação neste mapa das áreas de entorno da propriedade, principalmente registrando informações da rede de drenagem, tipos de ocupação das terras e estradas, já que muitos dos problemas de cunho ambiental tem sua origem fora dos</p>

limites da propriedade, mas podem manifestar-se em seu interior.

Título 6. FERTILIZAÇÃO

6.1 Recomendações sobre a

Quantidade e Tipo de Fertilizante

O uso do GPS, como afirmado anteriormente, pode auxiliar bastante na confecção de croquis preliminares de controle da aplicação de fertilizantes e corretivos nas diferentes unidades produtivas ou parcelas, sendo posteriormente concluído o trabalho

6.2 Registro de Aplicações

em mapas específicos para cada colheita que deverão ser documentados e guardados para consulta. Na agricultura de precisão já

6.3 Equipamentos de aplicação

se utilizam equipamentos sofisticados que promovem a fertilização em sítios específicos de acordo com levantamentos

6.4 Armazenamento de

Fertilizantes

detalhados.

6.5 Fertilizantes Orgânicos

6.6 Fertilizantes Inorgânicos

As técnicas de controle das necessidades de irrigação, como tensiômetros, medição da umidade relativa do ar e da pluviometria são as mais usadas pelos produtores, nem sempre com resultados muito satisfatórios. Tal fato, leva a necessidade de um controle mais rígido do processo, já que a água vem sendo considerada como um fator de produção que pode ser comprometido em sua qualidade e quantidade, além da eminente cobrança pelo seu uso.

Título 7. REGA/FERTIRRIGAÇÃO

7.1 Cálculo das Necessidades de Rega

Dados climatológicos e meteorológicos confiáveis são fundamentais para o controle da irrigação bem como para o manejo integrado de pragas, sendo a sofisticação na coleta destes dados bastante desenvolvida. As estações meteorológicas

7.2 Sistema de Rega /

Fertirrigação

automatizadas são um bom exemplo, e cada vez mais, estão sendo utilizadas pelas cooperativas e associações de produtores para a geração de sinais de alerta ou de risco para fenômenos meteorológicos significativos para a produção nas escalas micro e mesoregional. Estes sistemas estão interligados a programas computacionais que oferecem inúmeras vantagens e possibilidades ao produtor, sendo cada vez mais difundidos como ferramentas de gestão das atividades produtivas no meio rural.

7.3 Qualidade da Água de Rega

7.4 Proveniência da Água de Rega/Fertirrigação

Quando se incorpora a fertirrigação, há necessidade de um controle ainda mais rigoroso do processo, compreendendo o estado nutricional do cultivo e os dados meteorológicos para planificação da atividade. Novamente, os sistemas informatizados podem gerenciar estes dados fornecendo informações precisas e específicas ao produtor, já que possibilita o registro correto de cada talhão em um esquema automatizado de controle do processo.

Para o controle da qualidade das águas, há a necessidade de registro geográfico dos pontos de coleta, e mais uma vez o uso do GPS é essencial.

Título 8. PROTEÇÃO DE

Dentro das estratégias de manejo integrado de pragas (MIP), cada vez mais as ferramentas eletrônicas de registro de ocorrência

CULTURAS	de nível de dano, como <i>Palmtop</i> acoplados a GPS vem demonstrado grande utilidade e rapidez nos levantamentos. Além do fato
8.1 Elementos básicos da Proteção de Culturas	das informações meteorológicas poderem ser interpretadas em tempo real e alimentar os modelos de dispersão de pragas e doenças, sugerindo a necessidade de controle das mesmas.
Título 11. GESTÃO DE RESÍDUOS E POLUENTES, RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO	
11.1 Identificação dos Resíduos e Poluentes	O conhecimento da direção predominante dos ventos, da rede de drenagem e das possíveis fontes de poluição são fundamentais. Neste aspecto, os mapas ou mesmo croquis auxiliam na prevenção de problemas e na manutenção de adequadas condições de controle.
11.2 Plano de Ação para os Resíduos e Poluentes	
Neste título esta sintetizada a maior parte das preocupações com os componentes ecológicos antes mencionados. Valem todos os comentários realizados, principalmente da necessidade de planos de ação para a gestão do ambiente da propriedade de maneira integrada. Ou seja, quando se comenta da importância de mapas de situação dos vários tipos de ocupação das terras na propriedade e seu entorno, da rede de drenagem e dos ventos predominantes, é porque estas variáveis são as mínimas necessárias para uma avaliação do grau de comprometimento a que está exposto o local e o possível efeito adverso que este pode causar nas áreas próximas. É importante para o caso da existência de áreas com vegetação nativa (matas, capoeiras, várzeas, paredões ou afloramentos de pedras, entre outras), sua manutenção e conservação como reservas de área natural para maior diversificação dos tipos de ocupação das terras. A legislação ambiental brasileira é bastante extensa e muito pouco cumprida, exatamente por ser rigorosa nas exigências e normas de conduta dificultando a sua execução. Mesmo assim, este é um fator que cada vez mais será exigido num futuro não muito distante, sendo necessária a antecipação aos problemas jurídico-ambientais dentro das possibilidades presentes.	
Título 13. QUESTÕES AMBIENTAIS	
13.1 Impacto da Agricultura sobre o Meio Ambiente	
13.2 Política de Conservação do Meio Ambiente	
13.3 Áreas improdutivas	

Agradecimentos

As equipes da Embrapa Meio Ambiente e do IBAMA/PB agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto “Gestão Ambiental das Atividades Rurais na APA da Barra do Rio Mamanguape (PB)”, que dá suporte aos trabalhos aqui apresentados. Agradecimentos são dirigidos à Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), que possibilitou acesso ao acervo bibliográfico referente à APA; à Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP), pelo fornecimento de informações sobre as indústrias localizadas na área de estudo; à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/PB); ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); ao Centro de Mamíferos Aquáticos, Projeto Peixe-Boi Marinho; à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), especialmente ao Núcleo de Estudos e Pesquisas dos Recursos do Mar (NEPREMAR), pela parceria no curso “Gestão Ambiental e Certificação das Atividades Rurais da APA da Barra do Rio Mamanguape”, realizado na Universidade. Agradecemos aos gestores e administradores locais e à Prefeitura do Município de Rio Tinto, pela atenção. O êxito nas atividades realizadas até o presente momento pela equipe do IBAMA/PB e da Embrapa Meio Ambiente, que resultam na elaboração desse livro, deve-se, sobretudo, à colaboração dos agricultores e produtores rurais da APA, dos presidentes das associações de moradores, pescadores e agricultores, dos representantes dos trabalhadores e dos moradores das comunidades visitadas – Aritingui, Barra de Mamanguape, Cravassu, Curral de Fora, Lagoa de Praia, Pacaré, Praia de Campina, Tanques, Taberaba, Tatupeba, Tavares, Vila Veloso e aos caciques das Aldeias Indígenas: Akajutibiró, Brejinho, Caieira, Camurupim e Jaraguá – que tão calorosamente receberam e colaboraram com o nosso grupo de trabalho na APA da Barra do Rio Mamanguape. A esses todos somos especialmente gratos.

Referências

ANA. **Hidrogeo – Base cartográfica**: regiões e estados do Brasil: versão preliminar. Brasília, 2001. 1 CD-ROM. (Série Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Naturais, 7).

ARMITAGE, D. An integrative methodological framework for sustainable environmental planning and management. **Environmental Management**, New York, v.19, n. 4, p. 469-479, 1995.

ASSAD, E. D.; SANO E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2.ed. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. 434 p. il.

BURROUGH, P. A.. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986. 194 p.

BUSCHINELLI, C. C. A.; SILVA, A. S.; RODRIGUES, I. A.; MACHADO, R. E. Proposta metodológica de apoio à gestão participativa dos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica do Poxim/SE: ISA_ÁGUA. In: WORKSHOP GESTÃO AMBIENTAL PARA O USO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Aracajú. **Anais...** Aracajú, 2003.

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3. p. 395-403, May-Jun 1996.

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. **Elaboração de cadastro de usuários de água de subsídio a Gestão de Recursos Hídricos - subprojeto 2: proposta de apoio à gestão dos recursos hídricos do Aquífero Serra Grande (PI): Relatório Técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003a. 126 p. il. Segundo termo aditivo ao Convênio 009/2001 - ANA/Embrapa.

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. **Índice de sustentabilidade ambiental da produção integrada de citros em São Paulo - ISA_PIC: Relatório Técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente - Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro: Coopercitrus: Fundecitrus: Prefeitura Municipal de Bebedouro, 2003b. 81 p. il.

ENGESAT. Satélites de alta resolução. Ficha técnica Ikonos II. Disponível em: <www.engesat.com.br/satelites/ikonos.htm>. Acesso em: 22 ago. 2004.

ESRI. **ArcMap: release 8.2**. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2001. 1 CD-ROM.

EUREPGAP. Checklist para frutas e legumes, versão portuguesa 2.0 Jan-04. Válido a partir de: 12 de Setembro 2003. Disponível em: <www.eurep.org>. Acesso em: 18 maio 2004.

LAVAROTO, M. L. A. As vantagens do benchmarking ambiental. **Revista Produção** on line, v. 4, n. 2. 2003. Disponível em: <www.producaoonline.inf.br>. Acesso em: 18 ago. 2004.

NIJKAMP, P. Regional sustainable development and natural resource use. In: WORLD BANK ANNUAL CONFERENCE ON DEVELOPMENT AND ECONOMICS, 1990, New York. **Proceedings...** Washington, D.C.: World Bank, 1990. p. 124-139.

ONU. Divisão para o Desenvolvimento Sustentável. Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies. 2001. Disponível em: <http://www.un.org/esa/sustdev/isd.htm >. Acesso em: 5 jan. 2002.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; RODRIGUES, I. A.; BROMBAL, J. C.; TOLEDO, L. G. de. **Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 44 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C.C.A.; RODRIGUES, I.A.; MARCON NEVES, M.C. Avaliação de impactos ambientais para a gestão da APA da Barra do Rio Mamanguape/PB. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. Presente volume.

SILVA, A. S.; BUSCHINELLI, C. C. A.; RODRIGUES, I. A.; MACHADO, R. E. **Índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (ISA_ÁGUA):** municípios da região do entorno do Rio Poxim, SE. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 46 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 22. Disponível on line em http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_22.pdf).

SMYTH, A. J.; DUMANSKI, J. A framework for evaluating sustainable land management. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, p. 401-406, 1995.

VETTORAZZI, C.A.; ANGULO FILHO, R.; COUTO, H.T.Z. Sistema de Posicionamento Global - GPS. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.5, n.2, p.61-70, 1994.