

Avaliação das terras e sua importância para o planejamento racional do uso

Helena Maria Ramos Alves¹
Maria Inês Nogueira Alvarenga²
Marilusa Pinto Coelho Lacerda³
Tatiana Grossi Chquilloff Vieira⁴

Resumo: O conhecimento do potencial dos recursos naturais para a produção de alimentos (incluam-se aqui os solos como base da produção sustentada; as riquezas minerais com fonte de energia e/ou nutrientes; a água como principal componente da matéria viva, entre outros), vem de encontro à necessidade de direcionamento de políticas que viabilizem atividades produtivas sustentáveis, em seu sentido mais amplo. Nesta vertente, numa visão holística, a agroecologia está mais próxima da produção de alimentos e conservação ambiental, do que do uso e ocupação das terras sem critérios específicos.

Palavras-chave: avaliação ambiental; microbacia; caracterização de agroecossistemas; aptidão agrícola.

INTRODUÇÃO

O uso inadequado da terra conduz à exploração ineficiente e à degradação dos recursos naturais, à pobreza e outros problemas sociais. É neste risco de degradação que se encontra a raiz da necessidade da avaliação e do planejamento do uso da terra. A terra é a fonte primordial de riqueza e a base sobre a qual muitas civilizações foram construídas e/ou destruídas, em função da degradação causada pela sobrecarga dos recursos naturais (Beek *et al*, 1996).

A situação do mundo atual é complexa. Com relação à produção de alimentos, projeções da FAO (FAO, 1990) indicam que será necessário um aumento

¹ Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, CxPostal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio-E: helenam@ufla.br

² Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, CxPostal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio-E: mines@ufla.br

³ Geóloga, D.Sc., Prof^a. Adjunta UnB-FAV, CxPostal 4508, CEP 70.910-970 Brasília-DF. Correio-E: marilusa@unb.br

⁴ Eng^a Agr^a, M.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio-E: tatiana@ufla.br

significativo na atual produção agrícola mundial para atender às necessidades de uma população ainda em expansão. Contudo, em um grande número de países subdesenvolvidos a produção de alimentos já é insuficiente para atender às necessidades de consumo atuais e é esperado que esta situação perdure ainda por muitos anos. Numa realidade oposta, nos países desenvolvidos a necessidade de alimentos não mais constitui um problema, mas os excedentes de produção que resultam no acúmulo de estoques e os crescentes problemas ambientais associados aos sistemas intensivos de produção normalmente utilizados, tornaram-se questões básicas na formulação de políticas de uso da terra (Verheye, 1987).

É impossível planejarmos alguma coisa que não conhecemos. No planejamento agrícola ou no planejamento sustentável do uso da terra existe uma sequência que precisa ser seguida, independentemente dos métodos que se pretenda usar para realizar cada etapa. Para planejar é preciso avaliar, para avaliar é preciso conhecer e para conhecer é preciso caracterizar (Figura 1). Numa sequência lógica, parte-se dos levantamentos e caracterizações ambientais, para as análises e avaliações, para finalmente ser possível realizar um planejamento consistente, ou seja, com conhecimento da realidade para que possa ser implementado com sucesso (Figura 2).

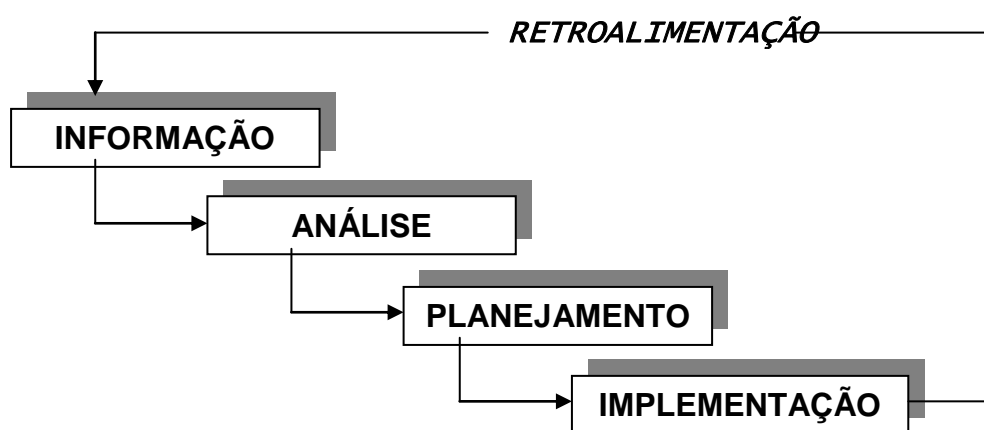


Figura 2: Sequência de etapas do planejamento do uso da terra.

FONTE: Vilchez, 2002.

Observa-se na maioria dos instrumentos de planejamento, dificuldades de compatibilizar os aspectos sócio-econômicos com os aspectos ambientais. O ponto central deste conflito, segundo Souza e Fernandes (2000), está relacionado com o

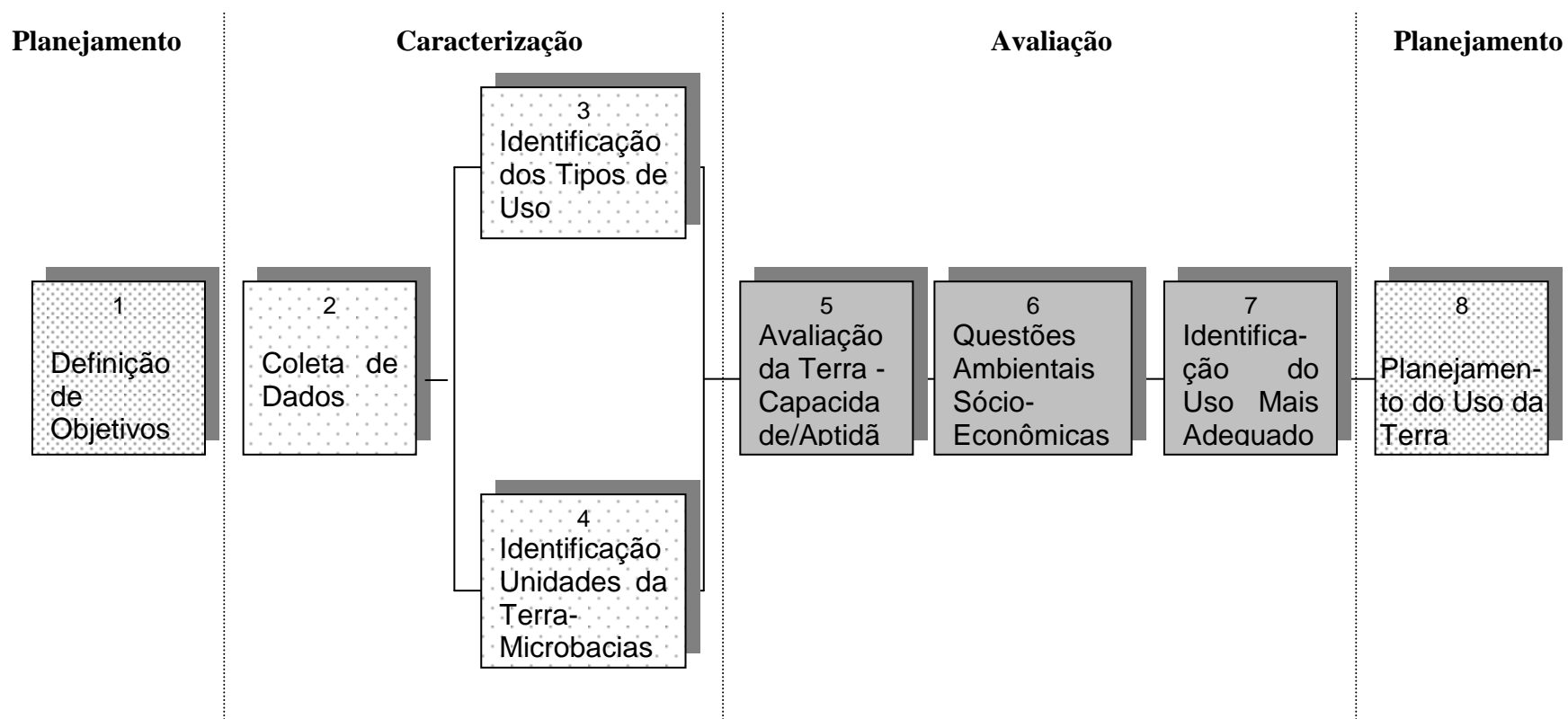


Figura 1 – Avaliação da terra como parte do processo de planejamento racional do uso.
FONTE: Adaptado de FAO, 1990).

espaço territorial adotado para o planejamento, que na maioria dos casos tem seus limites de contorno estabelecidos artificialmente (como é o caso do espaço municipal, que tem seus limites estabelecidos por critérios políticos/administrativos), dificultando a harmonização dos interesses de desenvolvimento e de preservação ambiental. Para os referidos autores, as abordagens de planejamento e gestão, que utilizam a bacia hidrográfica como unidade básica de trabalho são mais adequadas para a compatibilização da produção com a preservação ambiental. Por serem unidades geográficas naturais (seus limites geográficos – os divisores de água – foram estabelecidos naturalmente), as bacias hidrográficas possuem características biogeofísicas e sociais integradas. É neste nível que os problemas se manifestam. As pessoas residentes no local são, ao mesmo tempo, causadoras e vítimas de parte destes problemas e por terem que conviver com os mesmos, têm mais interesse em resolvê-los.

Os programas de desenvolvimento agrícola sustentável se preocupam com a conservação dos recursos naturais e envolvem a análise integrada destes recursos e dos seus mecanismos de interdependência (FAO, 1990). A rede de drenagem, a geologia, a geomorfologia e a vegetação são recursos naturais que interagem entre si e entre a distribuição de classes de solo, considerado o principal recurso natural na elaboração dos planejamentos. O ecossistema agrícola, no entanto, é bastante heterogêneo, variável de acordo com as características do meio físico e biótico que compõem a superfície terrestre e suas inter-relações proporcionam diferentes ambientes. O padrão de uso antrópico, agrícola ou não, é relacionado com esta distribuição de ambientes. Assim, o conhecimento dos recursos naturais permite avaliar a capacidade de uso das terras, que associado com as condições sócio-econômicas constituirá a base do planejamento agrônômico.

Atualmente, a maioria dos profissionais de geociências usa meios computacionais para a manipulação da informação espacial. Uma das ferramentas mais importantes são os Sistemas de Informação Geográfica ou apenas SIG (Vilchez, 2002). Os SIGs combinam os avanços da cartografia automatizada, dos sistemas de manipulação de banco de dados e do sensoriamento remoto com o desenvolvimento metodológico da análise geográfica, para produzir um conjunto distinto de procedimentos analíticos que auxiliam planejadores e tomadores de

decisão, mostrando as várias alternativas existentes por meio de modelos da realidade (Alves *et al*, 2000).

CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS DA MICROBACIA

A caracterização fisiográfica de uma região é a base para qualquer estudo ambiental. O planejamento do uso sustentado dos recursos naturais requer, inicialmente, o levantamento e a organização/disponibilização de informações sobre o ambiente. O conhecimento sobre o meio físico de uma região possibilita a análise dos resultados de produção obtidos, o entendimento das variações encontradas e sua extrapolação para outros locais. O conhecimento de sistemas complexos como os agroecossistemas, requer, contudo, a subdivisão dos mesmos em partes ou estratos mais homogêneos, que depois de caracterizados são novamente integrados ao todo (Resende, 1983).

Desde 1980 tem havido mudanças significativas nas técnicas utilizadas nos levantamentos de recursos naturais. Os sistemas computadorizados e o geoprocessamento têm modificado esta atividade do ponto de vista metodológico, tornando-a mais ágil e precisa. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) oferecem como vantagem a possibilidade de armazenar em um único banco de dados, informações e planos temáticos de diversas modalidades e em diferentes formatos, associando aos procedimentos da análise geográfica, a agilidade e versatilidade dos meios computadorizados. O sensoriamento remoto possibilita ao planejador, a visualização do uso atual da terra, bem como um meio para planejar o seu melhor uso, baseando-se em informações disponibilizadas pelos SIGs. Estas informações originam-se de estratificação e/ou cruzamentos de temas de informação do meio físico, tais como classes de declive, geoformas de relevo e classes de solos. O uso de imagens de satélite e fotografias aéreas, apoiadas por observações da realidade, pode reduzir os trabalhos de campo e aumentar a precisão da representação da superfície do solo (Basher, 1997).

Rede de drenagem

Uma microbacia hidrográfica é definida como o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, cuja delimitação é dada pelas linhas divisoras

de água que demarcam seu contorno. Estas linhas que delimitam a microbacia são definidas pela conformação das curvas de nível existentes na carta topográfica e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada (Cunha & Guerra, 1996). Constituem um ecossistema completo, facilmente monitorável em todos seus aspectos, adequado aos estudos do comportamento e da dinâmica dos fatores ambientais, e que permite a avaliação da conservação dos recursos naturais, em razão desta inter-relação dos seus atributos bióticos e abióticos. A avaliação ambiental de uma paisagem e dos seus principais componentes naturais pode, assim, ser realizada por intermédio da avaliação dos recursos naturais de uma microbacia representativa de tal paisagem como um todo, e sua caracterização pode ser realizada pela hierarquização de seus canais de drenagem, ou seja, a definição do número de ordem dos mesmos, que pode ser feita de acordo com diversas metodologias, sendo a mais utilizada a hierarquização de microbacias proposta por Strahler (1952). Nesta metodologia, os menores canais, que iniciam a rede de drenagem, são considerados de primeira ordem. Quando dois canais de primeira ordem se unem, formam um de segunda ordem, que poderá receber um de primeira. A união de dois canais de segunda ordem, forma um de terceira e assim sucessivamente. Desta forma, numa mesma escala e num mesmo tipo de ambiente, uma drenagem de 1ª ordem terá sempre menor volume que uma de 2ª, menor número de tributários, menor descarga recebida e assim por diante. (Figura 3).

Microbacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório ou oceano. O sistema de drenagem formado é então considerado um sistema aberto, onde ocorre entrada e saída de energia (Guerra & Cunha, 1996), tendo a drenagem papel fundamental na evolução do relevo, uma vez que os cursos d'água constituem importantes modeladores da paisagem. França (1968) atribuiu as variações no padrão de drenagem à natureza do solo, à posição topográfica e à natureza e profundidade do substrato rochoso.

O modelo ou padrão de drenagem de uma região ou microbacia corresponde ao arranjo planimétrico dos cursos d'água, sugerindo uma tendência de

arranjo. O estudo do padrão de drenagem é bastante útil, embora seja difícil estabelecer regras generalizadas.

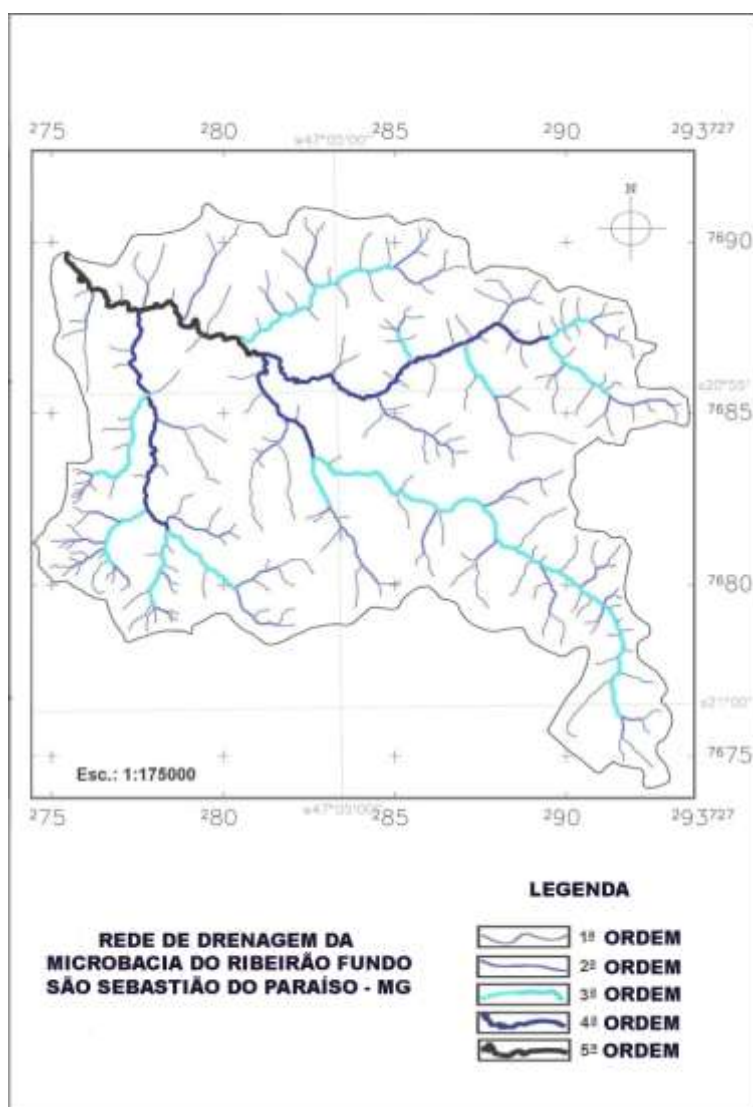


Figura 3 – Hierarquização da rede de drenagem da microbacia do Ribeirão Fundo, município de São Sebastião do Paraíso, MG, segundo metodologia proposta por Strahler (1952)

FONTE: Resende (2000).

Embora o padrão de drenagem desenvolvido em uma área seja, em grande parte, função da relação infiltração/escoamento. Esta razão está, por sua vez, intimamente relacionada com as características do solo, embora o substrato rochoso, clima, relevo e a cobertura vegetal da região exerçam influência. Solos

relativamente arenosos, devido à textura grosseira favorecem a infiltração em detrimento do deflúvio, mostrando um padrão pouco denso. Solos relativamente argilosos oferecem maior resistência à infiltração, favorecendo o deflúvio e criando um padrão de drenagem mais denso. Existem vários modelos relacionados à forma que os drenos adquirem, condicionados ao substrato (dendrítico, treliça, radial, paralelo, anular e retangular). O modelo mais comum nas nossas condições é o dendrítico. Este padrão se forma na presença de substrato que oferece resistência uniforme na horizontal (Marchetti & Garcia, 1986).

Geomorfologia e geologia

A geomorfologia expressa a forma, gênese e evolução do modelado dos relevos da paisagem, que representam a expressão espacial de uma superfície, compondo diferentes configurações da paisagem morfológica. É o seu aspecto visível, a sua configuração, que caracteriza o modelado topográfico de uma área, no caso em questão, de uma microbacia hidrográfica. Entretanto, a geomorfologia não se detém, apenas, em estudar a topografia, pois envolve os processos responsáveis pela configuração de um relevo, que podem ser endógenos ou exógenos. Os primeiros se referem às mudanças ocorridas na litosfera, enquanto os processos exógenos traduzem as mudanças ocorridas na atmosfera, biosfera, e hidrosfera. Na verdade a gênese de um relevo é elaborada pela integração de ambos os processos no espaço e no tempo (Rostagno, 1999).

A geomorfologia moderna procura, ainda, entender os processos morfo-climáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura entender globalmente a fisiologia da paisagem, através da dinâmica climática.

Guerra & Cunha (1996), ressaltam que deve haver o entendimento da evolução no espaço-tempo dos processos do modelado terrestre, tendo em vista as escalas de atuação desses processos, antes e depois da intervenção humana em um determinado ambiente. O geomorfólogo tem que estar muito atento a esta intervenção, que pode acelerar processos geomorfológicos, fazendo com que o que levaria décadas, séculos ou até milhares de anos para acontecer, venha a ocorrer em poucos anos.

O relevo atual, cuja diversidade superficial é o produto do intemperismo da rocha e da ação da cobertura vegetal, somente pode ser compreendido à custa de

uma investigação minuciosa das coberturas superficiais, sem esquecer que a base litológica da paisagem é muito influenciada pelos diferentes domínios climáticos. Portanto, como componente da paisagem, associado aos demais, o modelado de uma paisagem representado por uma microbacia, pode ser considerado como uma grande “moldura”, que encaixa e “acomoda” os recursos da natureza.

Já a geologia envolve o estudo do substrato rochoso de uma dada região ou de uma microbacia, compreendendo a composição, as propriedades físicas e químicas, as formas características de ocorrência, os processos de origem e a idade geológica das rochas. Avalia-se, também, a resistência das rochas em relação aos agentes intempéricos/erosivos, segundo sua origem e constituição mineralógica, responsáveis pela elaboração das formas de relevo e pela pedogênese.

A natureza das rochas, representada basicamente pela constituição mineralógica/geoquímica e estruturação, sob a ação de diferentes condições morfoclimáticas e agentes de erosão, tais como águas correntes (erosão linear ou vertical), erosão mecânica sob variações da temperatura e decomposição química, reflete o comportamento das rochas em relação à erosão. Assim, ocorrem rochas mais e menos resistentes ao intemperismo. De acordo com o comportamento das rochas face à erosão, pode-se classificar os principais tipos de rocha com relação ao grau de resistência ao intemperismo em:

- **Rochas mais resistentes ao intemperismo:** Rochas magmáticas ácidas (granitos leucocráticos) e Rochas psamíticas (quartzitos e arenitos).
- **Rochas menos resistentes ao intemperismo:** Rochas magmáticas básicas (gabros e basaltos) e Rochas sedimentares pelíticas (argilitos, siltitos, filitos e xistos)

Solos

Em uma microbacia hidrográfica, o conhecimento dos ecossistemas naturais, ocupados ou não por atividades antrópicas, é facilitado pela estratificação dos mesmos em segmentos representativos dos seus diversos recursos naturais. Estes interagem entre si e particularmente na distribuição dos solos, sendo a estratificação de ambientes por intermédio do levantamento de solos, de grande utilidade no direcionamento de atividades agrosilvopastoris (Resende, 1983). O solo é o principal

recurso natural para o aproveitamento agrícola, mas é um recurso que pode ser esgotado, se mal utilizado.

O solo é o produto final da atuação de fatores ativos (clima e organismos) sobre rochas e sedimentos (fatores passivos), condicionado pelo tipo de relevo, ao longo de um determinado tempo. Assim, são definidos os fatores de formação de solos, que podem ser simplificados pela equação abaixo:

$$\textbf{SOLO} = F(\textbf{material de origem, relevo, clima, organismos e tempo})$$

A atuação conjunta destes fatores origina diversos tipos de solos, porque mesmo que a maior parte dos fatores de formação do solo seja mantida, ao variar um desses componentes, tem-se produtos diferentes. Por exemplo, comparando-se os solos de topo e base de uma encosta, eles vão se diferenciar pelo menos na profundidade e teor de matéria orgânica de seus horizontes. Verifica-se uma tendência geral de se encontrar solos mais rasos e mais férteis em condições de clima seco e quente e solos mais profundos e ácidos em condições de clima frio e úmido, quando originados de mesmo material de origem. Em bioclimas mais ativos (elevada precipitação e/ou temperatura), os solos são mais desenvolvidos do que em condições de bioclimas menos ativos. A idade de um solo está mais relacionada ao desenvolvimento do perfil do que a idade cronológica, propriamente dita. Dessa forma, a idade do solo é avaliada pelo número e desenvolvimento dos horizontes e/ou camadas diferenciadas de solo em um perfil (Figura 4).

Os solos mais desenvolvidos são constituídos pela seqüência de horizontes O ou H - A - B - C, assentados sobre (R), que representa a rocha, material originário dos solos. A espessura e desenvolvimento desses horizontes variam em função dos fatores de formação dos solos e, de maneira geral, quanto mais distante da superfície está o material de origem, mais velho (intemperizado) é o solo.

O horizonte A é o horizonte mineral superficial dos solos e pode estar sobreposto aos horizontes O ou H, que são horizontes de natureza orgânica. O horizonte subsuperficial denominado de B, quando presente, é também denominado horizonte diagnóstico, por ser aquele que define a classe de solo de acordo com o desenvolvimento de características pedogenéticas específicas. Os mais comuns em nossas condições são o horizonte Bw (B latossólico) que é o horizonte diagnóstico

dos Latossolos, o horizonte Bt (B textural), diagnóstico de várias classes de solos, sendo a mais comum a dos Argissolos e o Bi (B incipiente) diagnóstico de Cambissolos. Já o horizonte C é aquele que se encontra menos intemperizado, mais próximo do material de origem, preservando a composição e estrutura do mesmo. Além destes, existem outros horizontes e camadas que definem e constituem outros solos, tais como o horizonte E, que marca processo de translocação do horizonte A ao B, típico em solos com horizonte B textural (translocação de argila do horizonte A para o B) e podzóis (translocação de matéria orgânica e sesquióxidos de ferro do horizonte A para o B). O horizonte F pode estar presente em solos com mosqueados denominados de plintitas. (Figura 4)

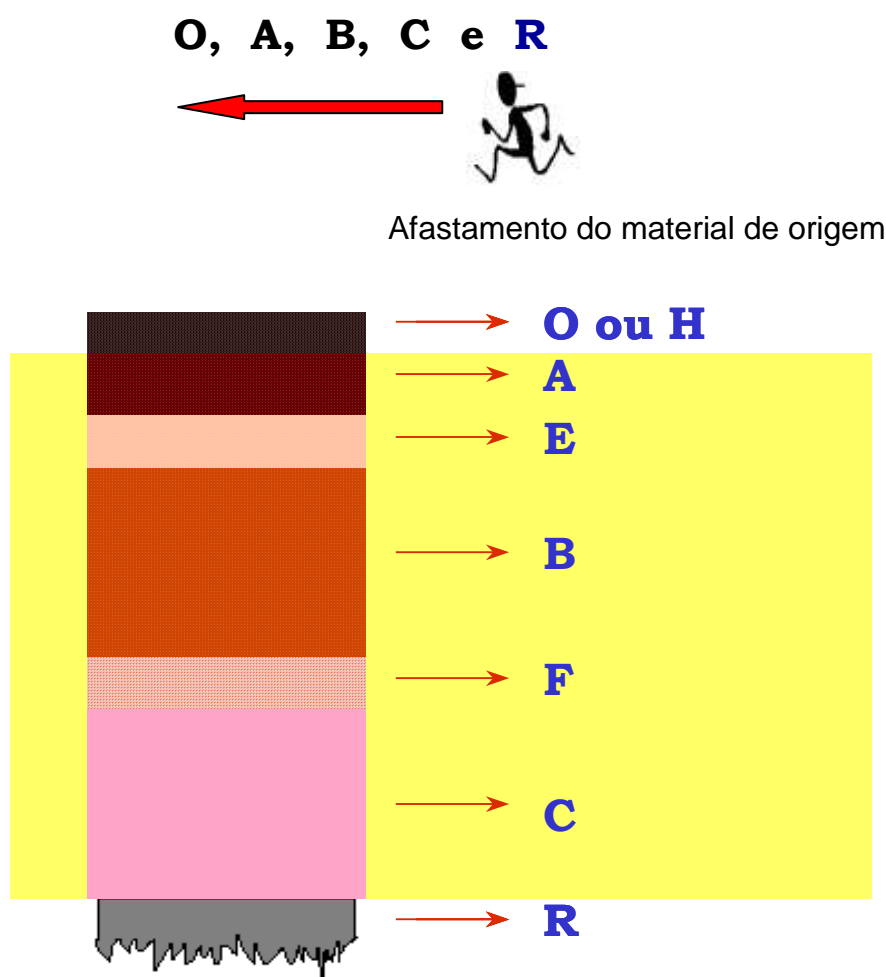


FIGURA 4 – Perfil hipotético de solo mostrando sua subdivisão em horizontes.

Os solos ocupam posição peculiar nos ecossistemas, porque são o resultado da ação conjunta de vários fatores ambientais e, ao mesmo tempo, são importantes

componentes do ambiente, por serem suporte de desenvolvimento de várias formas de vida, que sustentam outras formas de vida e assim sucessivamente, constituindo a base da transferência de energia na terra. Assim, dependendo do produto formado, o que inclui a influência marcante do clima, tem-se uma determinada cobertura vegetal e os demais componentes ambientais a ela associados, o que expressa uma determinada relação ambiental e, conseqüentemente, uma determinada paisagem. O uso antrópico dos solos também implica em relações ambientais, porque qualquer alteração provoca reações no ambiente, que busca um novo equilíbrio ou novas relações. Entretanto, em qualquer circunstância, o solo sempre será um suporte para a transferência de energia na terra.

Levantamento de solos

Para estudos de planejamentos sustentáveis de uso das terras (tais como aptidão agrícola e capacidade de uso das terras) em um determinado ecossistema, tal como uma microbacia é então necessário inicialmente a realização do levantamento, classificação e avaliação das características químicas e físicas dos solos distribuídos nesta microbacia.

O levantamento de solos é efetuado com o exame e identificação dos solos no campo, estabelecendo seus limites geográficos, que são representados em mapas e complementados com a descrição e interpretação dos mesmos, de acordo com as várias finalidades a que se destinam (Lepsch *et al.*, 1991). De acordo com Larach (1981) os objetivos de um levantamento de solos são, justamente: i) determinar suas características; ii) classificá-los em unidades definidas de um sistema uniforme de classificação, de acordo com a nomenclatura padronizada; iii) estabelecer e localizar seus limites, mostrando, em um mapa, sua distribuição e arranjo (representação gráfica); e iv) prever e determinar sua adaptabilidade para diferentes aplicações.

Existem vários tipos de levantamento de solos, cada um adequado a determinado objetivo. O objetivo e a precisão das informações apresentadas é que determinam o tipo de levantamento e, em conseqüência, as decisões a respeito da composição das unidades de mapeamento, das características taxonômicas a serem utilizadas, dos métodos de prospecção, da densidade de observações e frequência de amostragem e da qualidade e escala do material cartográfico, tal como

mostrados nos Tabelas 1 (EMBRAPA, 1989). O mapa de solos constitui a representação cartográfica de uma região, cuja paisagem se apresenta estratificada em unidades de mapeamento, cujo grau de homogeneidade depende do nível de detalhe e escala com que foi feito o levantamento.

AValiaÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DAS TERRAS

Avaliação da terra: um conceito mais abrangente

Segundo a FAO (FAO, 1976) avaliação da terra é o “*processo de predizer o comportamento da terra quando usada para atividades específicas, envolvendo a execução e interpretação de levantamento do relevo, solos, vegetação, clima e outros aspectos do ambiente, com o objetivo de identificar e comparar tipos potenciais de uso aplicáveis à finalidade da avaliação*”. De uma forma mais simplificada Dent & Young (1981) definiram avaliação da terra como “*o processo de estimar o seu potencial para tipos alternativos de uso*”. Estes usos incluem desde a produção agropecuária e florestal até os mais variados tipos de serviços e/ou benefícios tais como recreação, turismo, conservação da vida silvestre, engenharia e hidrologia entre outros. Trata-se de um tema amplo e complexo, para o qual muitas disciplinas devem contribuir. Em primeiro lugar é importante fazer uma distinção clara entre os conceitos de **solo** e **terra**. A terra não deve ser confundida com o solo porque ela é mais ampla e, de acordo com Lepsch (1987), deve-se sempre preferir o termo terra quando aplicável às avaliações do meio físico, evitando-se expressões tais como aptidão dos solos ou aptidão edáfica. Cabe salientar que não obstante este conceito mais amplo de terra, segundo o qual o solo seria apenas um componente entre tantos outros, as informações sobre solos, suas propriedades e distribuição são, de acordo com Nortcliff (1988), imprescindíveis nas avaliações do potencial das terras. Beek (1984) vai além ao afirmar que a avaliação do potencial da terra desenvolveu-se a partir dos estudos de interpretação dos levantamentos de solos e que a base de qualquer avaliação consistente do potencial da terra deve ser um levantamento sistemático do solo. Na prática observa-se que é o pedólogo quem geralmente lida com a integração de informações de outras áreas.

Terra de acordo com a definição da FAO (FAO, 1995) é uma área delineável da superfície terrestre, que abrange todos os atributos da biosfera imediatamente acima ou abaixo desta superfície, incluindo aqueles atributos climáticos próximos à superfície, o solo e as formas de relevo, a hidrologia superficial (incluindo lagos pouco profundos, rios, mangues e pântanos), capas sedimentares subsuperficiais e as reservas de água subterrâneas associadas às mesmas, as populações de plantas e animais, os padrões de povoamento humano e os resultados físicos da atividade humana passada e presente (terraços, depósitos de água ou estruturas de drenagem, estradas, edificações, etc).

Métodos de avaliação do potencial de produção das terras: de capacidade para aptidão

A avaliação do potencial de produção das terras tomou distintas formas no correr dos tempos, sendo realizada e designada por métodos os mais diversos (Diepen *et al*, 1991). Entre estes o que se tornou provavelmente mais conhecido é o Sistema de Classificação da Capacidade de Uso da Terra (USDA Land Capability Classification – Klingebiel & Montgomery, 1961), que foi largamente difundido, tendo sido adaptado e aplicado em diversos países além dos Estados Unidos onde foi originalmente desenvolvido, inclusive o Brasil.

A avaliação da capacidade de uso da terra refere-se a usos agrícolas generalizados e não culturas ou práticas específicas (Figura 5). O sistema agrupa as glebas em um pequeno número de categorias ou classes hierarquicamente ordenadas, de acordo com os valores limites de um número de propriedades do solo e do local. Existe sempre uma sequência de usos prioritários dentro do sistema, ordenados de forma descendente, do mais desejável ao menos desejável. Normalmente a sequência, horticultura, lavouras anuais, pastagem, silvicultura e recreação/preservação está implícita. Espera-se que a terra de maior capacidade de uso seja versátil, permitindo uso intensivo e vários tipos de empreendimento. À medida que a classe de capacidade de uso decresce, o número de usos possíveis também decresce. A terra na menor classe de capacidade pode ser utilizada apenas para recreação ou preservação ambiental. A terra é classificada com base em suas limitações permanentes. Isto implica na comparação de certas características de cada gleba com os valores críticos de cada classe de capacidade de uso. Caso uma única limitação seja suficientemente grave para rebaixar a terra a uma classe

Levantamento Pedológico	Objetivos	Escala de publicação	AMM*	Métodos de prospecção	Material cartográfico e sensores remotos básicos	Constituição das unidades de
Mapa esquemático	Visão panorâmica da distribuição dos solos	$\leq 1:1.000.000$	$> 40 \text{ Km}^2$	Generalizações e amplas correlações com o meio ambiente	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélite, em pequenas escalas	Associações extensas de vários componentes
Exploratório	Informação generalizada do recurso solo em grandes áreas	1:750.000 a 1:2.500.000	22,5 a 250 Km^2	Extrapolações, generalizações, correlações e observações de campo	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélite, fotoíndices, em pequenas escalas	Associações amplas de até 5 componentes
Reconhecimento baixa intensidade	Estimativa de recursos potenciais de solos	1:250.000 a 1:750.000	2,5 a $22,5 \text{ Km}^2$	Verificação de campo e extrapolações	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélite, carta imagem, em pequenas escalas	Associações de até 4 componentes, unidades simples
Reconhecimento média intensidade	Estimativa de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo	1:100.000 a 1:250.000	40 ha a $2,5 \text{ Km}^2$	Verificações de campo e correlações solo-paisagem	Mapas planialtimétricos, imagens de radar e satélite, carta imagem, em escalas $\geq 1:250.000$ e fotografias aéreas em escala $\geq 1:120.000$	Unidades simples, associações de até 4 componentes
Reconhecimento alta intensidade	Avaliação da natureza qualitativa e quantitativa de áreas prioritárias	1:50.000 a 1:100.000	10 a 40 ha	Verificações de campo e correlações solo-paisagem	Mapas planialtimétricos, carta imagem, em escalas $\geq 1:100.000$ e fotografias aéreas em escala $\geq 1:60.000$	Unidades simples, associações de até 3 componentes
Semidetalhado	Planejamento e implantação de projetos agrícolas e de engenharia civil	$\geq 1:100.000$ ($\geq 1:50.000$)	$< 40 \text{ ha}$	Verificações de campo ao longo de topossequências selecionadas e correlações solos-superfícies geomórficas	Mapas planialtimétricos $\geq 1:50.000$, restituições aerofotográficas $\geq 1:50.000$, levantamentos topográficos e fotografias aéreas em escala $\geq 1:60.000$	Unidades simples, associações de até 3 componentes e complexos
Detalhado	Execução de projetos, uso intensivo do solo	$\geq 1:20.000$	$\leq 1,6 \text{ ha}$	Verificações de campo ao longo de topossequências, caminhamentos e quadrículas e correlações solos-superfícies geomórficas	Mapas planialtimétricos, restituições aerofotográficas, levantamentos topográficos com curvas de nível e fotografias aéreas em escala $\geq 1:20.000$	Unidades simples, complexos e associações
Ultradetalhado	Estudos específicos, localizados	$\geq 1:5.000$	$\leq 0,1 \text{ ha}$	Malhas rígidas	Plantas, Mapas planialtimétricos, levantamentos topográficos com curvas de nível a pequenos intervalos, em escala $\geq 1:5.000$	Unidades simples

Tabela 1: Tipos de levantamento de solos e suas características segundo EMBRAPA, 1989.

LIMITAÇÕES & RISCOS	LIBERDADE DE USO	Grupo	Classes de Capacidade de Uso	Aumento da intensidade do uso								
				Vida Silvestre e Ecoturismo	Reflorestamento	Pastoreio		Cultivo				
						Moderado	Intensivo	Restrito	Moderado	Intensivo	Muito Intensivo	
		A	I									
			II									
			III									
		B	IV									
			V									
			VI									
			VII									
C	VIII											

□ abaixo da capacidade de uso

□ Uso máximo racional

□ □ □ Acima da capacidade de uso

A – Terras próprias para todos os usos, inclusive cultivos intensivos

- **Classe I** – Apta para todos os usos. O cultivo exige apenas práticas agrícolas mais usuais.
- **Classe II** – Apta para todos os usos, mas práticas de conservação simples são necessárias se cultivado.
- **Classe III** – Apta para todos os usos, mas práticas intensivas de conservação são necessárias para cultivo

B – Terras impróprias para cultivos intensivos, mas aptas para pastagens e reflorestamento ou manutenção da vegetação natural.

- **Classe IV** – Apta para vários usos, restrições para cultivos
- **Classe V** – Apta para pastagem, reflorestamento ou vida silvestre
- **Classe VI** – Apta para pastagem extensiva, reflorestamento ou vida silvestre
- **Classe VII** – Apta para reflorestamento ou vida silvestre. Em geral, inadequado para pasto.

C – Terras impróprias para cultivo, recomendadas (pelas condições físicas) para proteção da flora, fauna ou ecoturismo.

- **Classe VIII** – Apta, às vezes, para produção de vida silvestre ou recreação. Inapta para produção econômica agrícola, pastagem ou material floresta.

Figura 5 – Sistema de Capacidade de Uso das Terras. (Fonte: adaptado de Lepsch, 2002).

inferior, esta será a classificação final, não importando quão favoráveis sejam as outras características (Dent & Young, 1981; McRae & Burnham, 1981).

O sistema de classificação da capacidade de uso da terra foi originalmente desenvolvido para orientar os produtores americanos quanto ao planejamento do uso sustentado de suas propriedades e para este propósito o sistema provou-se adequado. O mapa de capacidade de uso mostra ao produtor que gleba da fazenda pode ser usada para cada finalidade e quais as práticas de conservação do solo que devem ser empregadas. Ele é relativamente fácil de ser apresentado e tem-se mostrado relativamente simples de ser adaptado a diferentes ambientes físicos e/ou níveis de tecnologia. A principal desvantagem do sistema, contudo, é que ele é essencialmente uma graduação da terra para uso com culturas aráveis, proporcionando uma escala simples de melhor para pior (Dent & Young, 1981). Outras restrições ao sistema salientadas por Lanen (1991) são a inexistência de informação da aptidão para culturas específicas, com necessidades agroecológicas distintas, uma superavaliação da capacidade de uso de terras com inúmeras pequenas limitações e a forma insatisfatória com as limitações climáticas são abordadas pelo sistema. O sistema é baseado nos fatores negativos da terra, ou seja, nas limitações e fatores sócio-econômicos são levados em consideração apenas como referência.

Paralelamente ao sistema de capacidade de uso e suas várias modificações e adaptações, outras propostas foram desenvolvidas em associação com a geografia e geomorfologia, utilizando unidades da paisagem que são identificadas através da interpretação de fotografias aéreas. Assume-se basicamente, que diferenças visíveis nestas unidades refletem diferenças dos recursos naturais, que podem ser traduzidas em termos do potencial de uso da terra e das práticas de manejo requeridas (Diepen *et al*, 1991). Um exemplo destes sistemas é o Sistema de Levantamento de Terras (*Land System Survey*) desenvolvido pelo CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*) na Austrália. Este método formou a base para um tipo de avaliação conhecido como levantamento integrado (Christian & Stewart, 1968), que influenciou no desenvolvimento de avaliações que usam o conceito de terra como unidade espacial básica ao invés do conceito mais restrito de solo.

O surgimento de diferentes propostas e métodos para a avaliação da terra resultou muitas vezes em dificuldades na troca de informações. Para atender à necessidade de uma padronização da metodologia e da terminologia, a FAO produziu em 1976 seu Sistema para Avaliação da Terra (*A Framework for Land Evaluation*, FAO, 1976), que estabeleceu um conjunto de princípios e conceitos básicos sobre os quais procedimentos para a avaliação do potencial das

terras podem ser construídos. Desta forma ele não constitui um sistema de avaliação propriamente dito, mas uma metodologia ou filosofia de trabalho, que serve como base para o desenvolvimento de sistemas locais, regionais ou nacionais de avaliação, cuja finalidade é dar suporte ao planejamento do uso agrícola das terras. Para o desenvolvimento destes conceitos a FAO combinou a experiência dos sistemas americanos de interpretação de levantamentos de solos e classificação da terra com a experiência dos levantamentos integrados (Diepen *et al*, 1991). No entanto, em função da longa associação do termo capacidade com os conceitos do sistema americano e suas várias interpretações, decidiu-se adotar um novo termo, aptidão (*suitability*), para expressar um novo conceito. Enquanto a avaliação da capacidade de uso da terra normalmente refere-se a usos agrícolas generalizados e não culturas ou práticas específicas, aptidão, dentro do sistema FAO, refere-se à avaliação com relação a uma atividade ou tipo de uso da terra claramente definido e razoavelmente uniforme (Nortcliff, 1988).

Os procedimentos a serem seguidos numa avaliação do tipo FAO dependem do objetivo, do nível de detalhe do estudo e do grau de integração da informação econômica. A essência do processo, no entanto, é comparar as qualidades de cada unidade de terra com os requerimentos de cada tipo de uso. Inicia-se com a identificação dos tipos de uso relevantes. Com base nestes tipos, os requerimentos são estabelecidos, caracterizando-se o que a terra, idealmente, deveria “oferecer”. O próximo passo é a descrição das unidades de terra, com a determinação das qualidades relevantes, propiciando informação sobre aquilo que a terra realmente “oferece”. O processo de combinação ou comparação é um processo de síntese onde as qualidades da terra são comparadas aos requerimentos dos tipos de uso, para obtenção da aptidão de cada unidade de terra para cada tipo de uso considerado. Cabe ressaltar que existe um caráter cíclico neste procedimento, que permite o refinamento dos tipos de uso, requerimentos destes usos e qualidades das unidades de terra, com a consequente revisão dos resultados da avaliação, até que os objetivos sejam atingidos. O processo é normalmente dividido em 2 estágios, sendo primeiro estabelecida a aptidão biofísica, sobre a qual é sobreposta a avaliação sócio-econômica. A avaliação é concluída com a checagem a campo das aptidões estimadas. A aptidão final é expressa em duas ordens, apta e não apta, que por sua vez são subdivididas, conforme mostra a Figura 6:

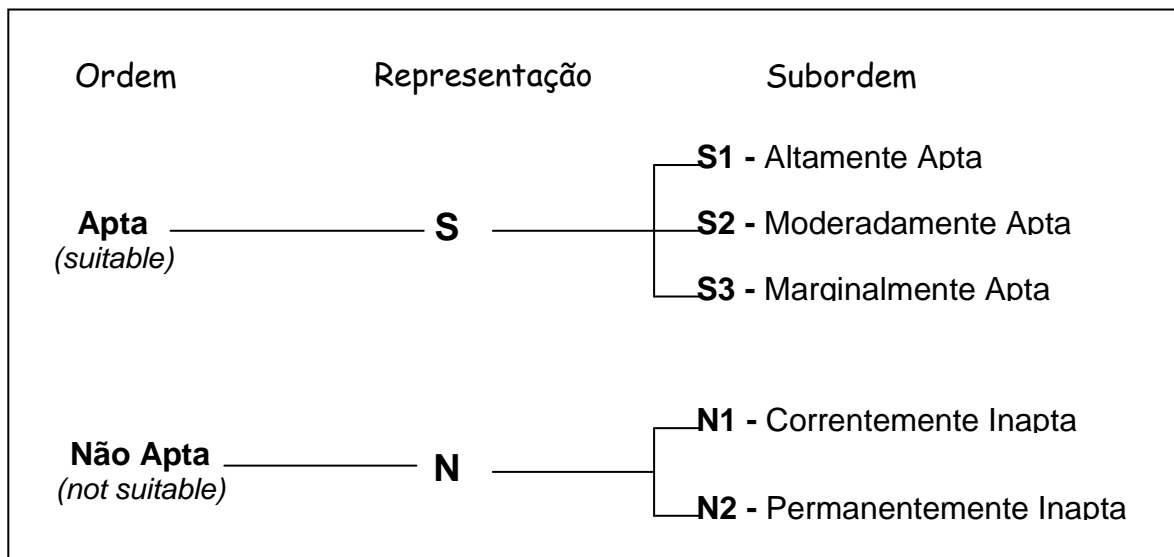


Figura 6 – Sistema FAO para avaliação da aptidão das terras

FONTE: (FAO, 1976).

As terras Permanentemente Inaptas (**N2**) englobam as unidades de terra com limitações que não podem ser melhoradas.

O sistema brasileiro de avaliação da aptidão agrícola das terras

O primeiro sistema para avaliação de terras no Brasil foi desenvolvido por Bennema e colaboradores (Bennema *et al*, 1964), intitulado: *Um sistema de classificação da capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos*. Este sistema usava 4 classes definidas para culturas de ciclo longo e culturas de ciclo curto sob diferentes níveis de manejo. Esta classificação foi posteriormente modificada por Ramalho *et al* (1978), para o sistema atualmente em uso, para incluir entre outras modificações, outros tipos de uso, tais como pastagens naturais e artificiais, reflorestamento e florestas e preservação da flora e fauna. Os autores tentaram incluir na metodologia não apenas os conceitos do sistema de capacidade de uso americano, mas também conceitos expressos pela FAO. Da mesma forma que no sistema americano, assume-se no sistema brasileiro de aptidão agrícola, uma sequência hierárquica de usos, que está implícita na própria estrutura categórica do sistema. Ou seja, numa sequência descendente de aspiração, a melhor terra é alocada para as culturas anuais e a terra inapta para esta finalidade é classificada para outros usos menos intensivos. A justificativa para esta sequência é a maior importância deste primeiro grupo em termos de produção de alimentos e o fato de assumir-se que estas culturas são mais exigentes em termos de requerimentos. Assume-

se da mesma forma, que se a terra é apta para as culturas de ciclo curto ela também será apta para culturas de ciclo longo e outros usos menos intensivos. Este procedimento poderia ser questionado, pois os requerimentos das diferentes culturas não obedecem este tipo de divisão. Um outro ponto é que apenas as terras consideradas inaptas para outros usos e que estão nas classes hierárquicamente mais baixas são consideradas para preservação ambiental. Esta associação de marginalidade e preservação ambiental não pode mais ser aceita.

Outros princípios do sistema são (Ramalho & Beek, 1995):

- A relação favorável entre entradas/saídas, baseada em tendências econômicas históricas, apesar de que de forma subjetiva, é um dos critérios para a alocação da terra em uma determinada classe de aptidão;
- A classe de aptidão não indica necessariamente, o melhor uso para a terra, nem o mais rentável. É mais uma indicação da melhor alocação de recursos no nível de planejamento regional;
- A metodologia foi desenvolvida para a avaliação de grandes áreas e tem que ser ajustada para ser aplicada em pequenas propriedades;
- A localização e o acesso ao mercado, bem como as condições das vias de escoamento não são levadas em consideração, independentemente da importância que estes fatores possam ter na viabilidade econômica de um determinado tipo de uso em um lugar específico.

Dentro de um contexto técnico, social e econômico e considerando-se as práticas agrícolas da maioria dos produtores rurais da região a ser avaliada, são reconhecidos 3 níveis de manejo:

Nível A: baixo nível tecnológico, com baixa aplicação de capital e práticas agrícolas baseadas no trabalho braçal e no uso de tração animal.

Nível B: médio nível de tecnologia e manejo e modesta inversão de capital. Emprego de algumas práticas conservacionistas, mas ainda prevalecendo o uso da tração animal.

Nível C: alto nível de tecnologia com aplicação intensiva de capital, práticas conservacionistas, mecanização em todas as fases e emprego de resultados recentes de pesquisa.

Pastagens artificiais e reflorestamento são avaliados apenas no nível B e pastagens naturais apenas no nível A.

O sistema é estruturado em 3 categorias: grupo, subgrupo e classes de aptidão. Os 6 grupos existentes identificam, no mapa, o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão e podem ser comparados às classes do sistema americano. Os primeiros 3 grupos podem ser utilizados com culturas aráveis, mas são diferenciados pelas classes (boa, regular e restrita). Os grupos 4, 5 e 6 indicam apenas o tipo de utilização independentemente da classe de aptidão. A classe indica até que ponto a terra satisfaz os requerimentos do tipo de uso, refletindo, portanto, a intensidade das limitações. A divisão das classes é baseada no sistema FAO e são: boa, regular, restrita e inapta. Com exceção da última classe, elas são representadas no mapa por letras, de acordo com o tipo de uso e o nível de manejo. O subgrupo é o resultado de tudo isto colocado junto, ou seja, a avaliação da classe de aptidão relacionada ao nível de manejo e indicando o tipo de uso da terra. Os fatores limitantes ou qualidades usadas para a classificação são: deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Estas qualidades são graduadas qualitativamente em: nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte. Esta graduação é feita correlacionando-se o tipo de uso e a unidade de terra e após determinadas todas as limitações, o resultado é plotado em tabelas que determinarão a classificação final. Estas tabelas, elaboradas para condições de clima subtropical, tropical húmido e semi-árido, contêm os graus de limitação máximos que as terras podem apresentar, com relação aos cinco fatores citados, para pertencer a cada uma das categorias de classificação definidas.

O sistema brasileiro apesar de ainda ser um sistema categórico introduziu alguns conceitos do sistema FAO. Ele não trabalha, por exemplo, com atributos isolados do solo como textura, permeabilidade, etc, mas interpreta estes atributos em termos de qualidades do ambiente como disponibilidade de água, nutrientes, etc. Outra vantagem introduzida é a consideração de três níveis de manejo, importante para a melhor representação da nossa realidade. Segundo Resende (1983), no entanto, os principais fatores que têm prejudicado a difusão da metodologia são a dificuldade de entendimento da mesma pelos não especialistas da área e a não aplicação do sistema para culturas ou usos específicos. O autor sugere como principais medidas para o aperfeiçoamento e popularização do uso deste sistema a sua adaptação para utilização para as principais culturas do país e a melhor quantificação das qualidades ambientais usadas na avaliação.

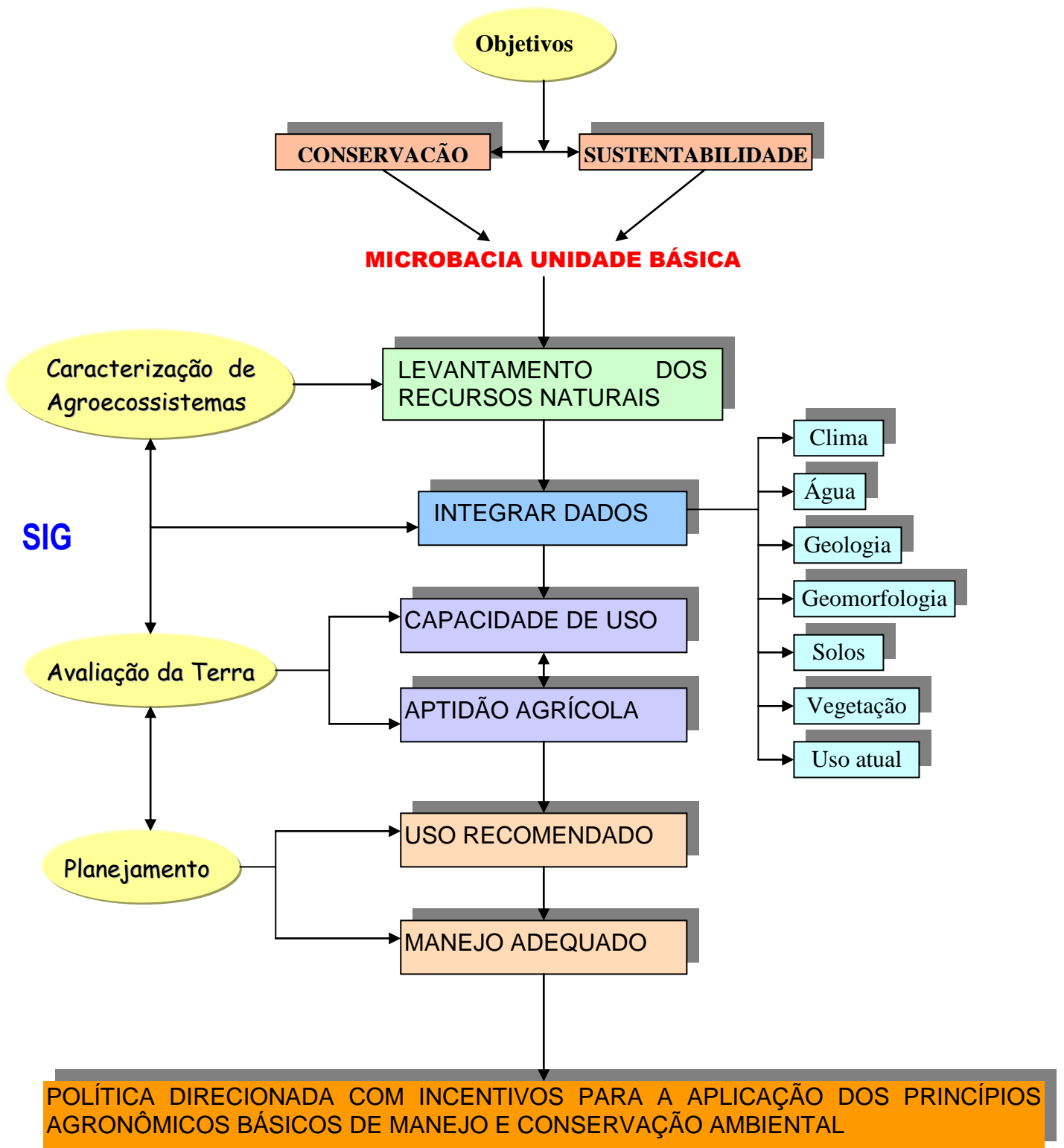
Com relação às sugestões de Resende (1983), observa-se que as principais tendências na avaliação das terras observadas nas últimas décadas têm sido a mudança de avaliações generalizadas para avaliações para usos mais específicos, o aumento no uso de fatores relacionados unicamente ao solo e, principalmente, o aumento nas tentativas de quantificação dos resultados das avaliações. Na verdade, a necessidade de informação mais detalhada sobre a aptidão das terras a usos específicos parece existir não apenas nos países em desenvolvimento, mas também nos países desenvolvidos. Um estudo conduzido no Reino Unido e citado por Nortcliff (1988), cujo objetivo era comparar o nível de informação dos produtores rurais britânicos sobre a capacidade de suas terras com a adequação destas a usos específicos, evidenciou que em termos de avaliação mais generalizada, os produtores estavam perfeitamente conscientes da qualidade de suas terras. Estavam, contudo, muito menos informados sobre a real aptidão das mesmas para as finalidades específicas que foram pesquisadas.

A tendência moderna na avaliação quantitativa do potencial de produção das terras é o uso de técnicas de análise de sistemas e modelos de simulação computadorizados, que permitem combinar de forma mais dinâmica, dados ambientais com seus efeitos nas culturas. Estes modelos calculam a produção em resposta a fatores ambientais de controle do crescimento, com base no conhecimento das relações fundamentais entre a performance da cultura, o clima e a água do solo, da forma como são manipulados pelo produtor. A avaliação pode então ser feita diretamente, através da aplicação de um modelo de cultura específico a um determinado local, ou de outra forma, utilizando os resultados dos modelos de várias culturas para desenvolver um zoneamento agroecológico. Apesar das vantagens que os modelos e sistemas quantificados oferecem, o que se observa é que a maioria das avaliações ainda são de natureza qualitativa. Isto, de acordo com Driessen (1988) explica-se em função do grande número de fatores, complexos e interativos, que determinam o potencial de produção e consequentemente, da enorme quantidade de dados necessários a uma análise compreensiva e totalmente quantitativa. Na realidade, é muito difícil traçar a linha entre avaliação qualitativa e avaliação quantitativa. Diepen e seus colaboradores (Diepen *et al*, 1991) definiram como método de avaliação quantitativa, aqueles que utilizam parâmetros numéricos para a avaliação e produzem resultados numéricos. Lanen (1991) não concorda com esta definição. Para o autor o resultado numérico apenas não é suficiente, e a avaliação física quantitativa está relacionada à obtenção de resultados em termos de produção. O sistema da FAO (FAO, 1976) originalmente restringia o caráter quantitativo ao uso de critérios econômicos na avaliação. Posteriormente (FAO, 1983), este conceito foi revisado e quantitativo agora refere-se à forma de expressar os resultados da

avaliação. Uma divisão do processo em dois estágios foi proposta, sendo este o método normalmente utilizado pelos avaliadores. No segundo estágio, uma análise sócio-econômica é sobreposta à análise da produção física da cultura, com a finalidade de decidir se o que é tecnicamente viável, é também economicamente recomendável e socialmente aceitável. De acordo com Purnell (1987) no entanto, uma vez que os requerimentos dos inúmeros tipos de uso da terra são tão variados, é esperado que a quantificação seja introduzida de formas variadas e isto deve ser, na verdade, encorajado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa interdisciplinar do uso da terra é um campo relativamente novo, apesar de que aspectos do uso da terra, particularmente a agricultura, silvicultura e ecologia, serem estudadas por muitas décadas. Estudos novos têm surgido, propiciando a integração de resultados de várias disciplinas para um melhor entendimento do que é uso da terra, o que determina o uso da terra e que consequências futuras, mudanças no uso da terra podem causar. Desde 1980 tem havido mudanças substanciais na metodologia e nos tipos de questões relativas aos recursos da terra formuladas por planejadores e administradores. A mudança tecnológica é refletida no crescente uso de técnicas de modelagem integradas a sistemas de informações geograficas, que oferecem possibilidades promissoras nas avaliações dos recursos naturais. Muita ênfase tem sido dada à simulação do crescimento das culturas através do uso de modelos. Não se deve esquecer, no entanto, que o uso da modelagem na avaliação de terras depende da disponibilidade de dados sobre os recursos naturais. A isto se contrapoe o problema de os recursos financeiros governamentais alocados para levantamentos de solos ou do ambiente são geralmente insuficientes ou têm sido reduzidos. No futuro, os grandes desafios da pesquisa no campo da avaliação da terra são a validação dos modelos e sua interligação a sistemas de informações geográficas e o desenvolvimento de estudos integrados e multidisciplinares para as questões do uso da terra. Espera-se que através destes avanços científicos, a avaliação da terra possa desempenhar um papel chave na adoção de uma postura mais sensível no uso dos recursos naturais e na preservação ambiental. Entretanto, independentemente das metodologias a serem adotadas para a resolução dos problemas ambientais advindos do uso da terra, é imprescindível um planejamento que integre de maneira sólida, todas as fases do processo, como sintetizado na Figura 7.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C.; ANDRADE, H. Sistemas de informação geográfica na avaliação de impactos ambientais provenientes de atividades agropecuárias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, 0.99-109, 2000.
- BASHER, L.R. Is pedology dead and buried? **Journal of Soil Research**, New Zealand, v.35, p.974-979, 1987.
- BEEK, K.J. Summary and conclusions. In: PROGRESS IN LAND EVALUATION, PROCEEDINGS OF, A SEMINAR ON SOIL AND LAND EVALUATION (eds: J.C.F.M. Haans, G.G.L. Steur & G. Heide), 1984, Wageningen. A.A.Balkema, Wageningen, 1984, p.279-292.
- BEEK, K. J.; BIE, C. A. de; DRIESSEN, P. M. La evaluación de las tierras (el método FAO) para su planeación y manejo sostenible: estado actual y perspectivas. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 13, 1996, Águas de Lindóia, SP. **Anais...Águas de Lindóia: SBCS**, 1996, 24p. CD-ROM.
- BENEMMA, J.; BEEK, K.J.; CAMARGO, M.N. Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos. DPFS/DPEA/MA/FAO, Rio de Janeiro, 1964. (mimeografado).
- CHRISTIAN, C.S.; STEWART, G.A. Methodology of integrated surveys. In: AERIAL SURVEYS AND INTEGRATED STUDIES (ed.: P. Rey), 1968, UNESCO, Paris, p.233-280.
- CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. da (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand do Brasil, 1996. p.337-379.
- DENT, D.; YOUNG, A. **Soil survey and land evaluation**. George Allen and Unwin, London, 1981.
- DIEPEN, C. A. VAN; KEULEN, H. VAN; WOLF, J.; BERKOUT, J. A. A. Land evaluation: from intuition to quantification. **Advances in Soil Science** 15, p.139-204, 1991.
- DRIESSEN, P. M. **The Q.L.E. Primer – A first introduction to quantified land evaluation procedures**. Department of Soil Science and Geology, University of Wageningen, Wageningen, 1988.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Normas e critérios para levantamentos pedológicos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1989. 94p.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **A Framework for Land Evaluation**. FAO Soils Bulletin 32, Rome: FAO, 1976.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Guidelines: Land evaluation for rainfed agriculture**. FAO Soils Bulletin 52, Rome: FAO, 1983.

- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Water and sustainable agricultural development**. Rome: FAO, 1990. 48p.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Planning for sustainable use of land resources: Towards a new approach**. FAO Land and Water Bulletin 2, Rome: FAO, 1995, 60p.
- FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicadas a solos da região de Piracicaba**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1968. 151p. Tese Doutorado.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da, **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372p.
- KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P. H. **Land capability classification**. USDA Handbook 210, Washington, 1961.
- LANEN, H. A. J. VAN. Qualitative and quantitative physical land evaluation: an operational approach. Wageningen: University of Wageningen, 1991. PhD Thesis.
- LARACH, J. O. I. **Base para leitura de mapas de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1981. 91p. (EMBRAPA-SNLCS. Série Miscelânea, 4).
- LEPSCH, I.F. Influência dos fatores edáficos na produção. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T., ed. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p.83-111.
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. BERTOLINI, D. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991. 175p.
- LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- McRAE, S. G.; BURNHAM, C.P. **Land evaluation**. Clarendon Press, Oxford, 1981.
- MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. Princípios de fotogrametria e fotointerpretação. São Paulo: Nobel, 1986. 257p.
- NORTCLIFF, S. Soil and land evaluation, **Outlook on Agriculture**, 17, p.169-174, 1988.
- PURNELL, M. F. Quantitative land evaluation in some FAO programmes. In: Quantified land evaluation procedures, Proceedings of the international workshop (eds.: k.j. Beek, P.A. Burrough, D.E. McCormack), ITC Publication 6, Enschede, p.7-15, 1987.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. SUPLAN/SNLCS, Brasília, 1978.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p.13-18, ago. 1983.
- RESENDE, R. J. T. P. de. **Caracterização do meio físico de áreas cafeeiras do Sul de Minas Gerais por meio do SPRING**. 2000. 120p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ROSTAGNO, L. da S. C. **Caracterização de uma paisagem na área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, Ijaci – MG**. Lavras: UFLA, 1999. 66p. Dissertação Mestrado.
- SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n. 21, p.15-20, 2000.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (Area-Altitude) analysis of erosional topography. **Bulletin of the Geological Society of America**, Rochester, v. 63, n. 4, p.1117-1141, 1952.
- VERHEYE, W. H. Quantified land evaluation as a basis for alternative land use planning. In: **QUANTIFIED LAND EVALUATION PROCEDURES**, Proceeding of the International Workshop (eds.: K. J. Beek; P. A. Burrough; D. E. McCormack), ITC Publication 6, Enschede, Netherlands, p.144-146, 1987.
- VILCHEZ, J. L. Q. Análisis en planificación territorial. In: **CONGRESO GEOEXPO**, 6, 2002, Lima. Edición extraordinária com las exposiciones y conclusiones del... Lima, 2002. p. 19-22.