

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E
RECURSOS HÍDRICOS

**Avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores visuais em ambientes
da sub-bacia do Ribeirão José Pereira, Itajubá (MG)**

Kelly Rejane de Souza

Itajubá (MG)

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E
RECURSOS HÍDRICOS

Kelly Rejane de Souza

**Avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores visuais em ambientes
da sub-bacia do Ribeirão José Pereira, Itajubá (MG)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte dos
requisitos para obtenção do título de mestre em
Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Rogério Melloni

Itajubá (MG)

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E
RECURSOS HÍDRICOS

Kelly Rejane de Souza

**Avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores visuais em ambientes
da sub-bacia do Ribeirão José Pereira, Itajubá (MG)**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 10 de julho
de 2015, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências
em Meio Ambiente e Recursos Hídricos*

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rogério Melloni (Orientador)

Profa. Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga

Profa. Dra. Francisca Alcivânia de Melo Silva

Itajubá (MG)

2015

Se temos de esperar, que seja para colher a semente boa que lançamos hoje no solo da vida. Se for para semear, então que seja para produzir milhões de sorrisos, de solidariedade e amizade.

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos concedidas e vitórias alcançadas.

Aos meus pais, Maria José Veloso de Souza e Carlos José de Souza, que me incentivaram e acreditaram na minha vitória. Muito obrigada por toda dedicação e ensinamentos ao longo desses anos.

Ao meu irmão, Sandro Augusto, que juntamente com sua esposa, Kate Gentil, me deram o presente de ser madrinha da Maria Alice, grande alegria nos finais de semana.

Agradeço ao meu marido, Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior, pela ajuda nas pesquisas, por toda sua força, paciência e atenção.

A Fapemig, pela concessão da bolsa de estudos e à Unifei pela infraestrutura necessária à realização desse trabalho.

Ao Professor Dr. Rogério Melloni, muito obrigada por ajudar nas pesquisas, pelas leituras, esclarecimentos e críticas valiosas. Sua companhia e conhecimento foram muito importantes para a identificação da situação do solo das áreas selecionadas.

Aos professores, membros da banca de defesa da dissertação, pelas contribuições.

Agradeço ao microbiologista Paulo Sérgio Marques, pela companhia e momentos de descontração no campo. Agradeço, também, a todos os funcionários dos Laboratórios de Solos e de Geoprocessamento, da Universidade Federal de Itajubá, por disponibilizarem os materiais necessários à pesquisa em campo.

Aos alunos da graduação e pós-graduação, Steve Angstrom, Marcos Duque, Juliana Trevisan Rezende, Raphael Lima, Ana Camila, Jéssica e outros que se dispuseram a me ajudar nos trabalhos de campo.

Agradeço à Bárbara Flauzino, que reservou parte de seu tempo para alterar seus mapas e disponibilizá-los para minha dissertação.

Agradeço às amigas Lívia Mara, TÁCILA, Brenda, Thaísa, Janine, Fernanda Kelly, Larissa, Amanda Ramos, Érica Maia e tantos outros que, mesmo distantes, me acompanharam durante essa jornada. Muito obrigada por toda compreensão e companheirismo.

A todos que me auxiliaram na elaboração deste trabalho e que contribuíram de alguma forma para que eu pudesse completar mais uma etapa importante da minha vida.

RESUMO

O monitoramento da qualidade do solo por meio de indicadores visuais é recomendado por diversos autores e pode ser utilizado em estudos relacionados à sustentabilidade do ambiente. O objetivo desse trabalho foi avaliar visualmente ambientes sob diferentes usos e coberturas da sub-bacia do Ribeirão José Pereira, no município de Itajubá, sul de Minas Gerais, por diferentes metodologias e propor uma nova metodologia de avaliação visual da qualidade do solo. Dessa forma, foram aplicadas, neste estudo, metodologias de avaliação visual propostas por Melloni, Casalinho, Nicholls e outros autores, Manual *Visual Soil Assessment* e Carlesi, as quais contribuíram para a elaboração e aplicação da nova metodologia denominada RAQS - Referência para Avaliação da Qualidade do Solo. Todas as metodologias permitiram a avaliação da qualidade do solo de forma fácil, rápida e sem custos. Apesar da similaridade entre os ambientes avaliados, com grande domínio de pasto em diferentes condições de manejo, as metodologias mostraram graus diferentes de sensibilidade na distinção desses ambientes. A nova metodologia RAQS engloba um maior número de indicadores, tornando-a mais sensível às alterações provocadas pelos diferentes manejos do solo.

Palavras-chave: Metodologia. Qualidade ambiental. Pastagem. Manejo do solo.

ABSTRACT

The soil quality monitoring through visual indicators is recommended by several authors and can be used in studies related to environment sustainability. The aim of this work was to visually evaluate environments under different uses and covers from Ribeirão José Pereira subwatershed, in the city of Itajubá, in South of Minas Gerais State, through different methodologies and propose a new method of visual evaluation of soil quality. Thereby, in this study were applied visual evaluation methods proposed by Melloni, Casalinho, Nicholls and other authors, Manual Visual Soil Assessment and Carlesi, which contributed to the elaboration and application of the new method called RAQS - Reference for evaluation of soil quality. All the methods allowed the evaluation of the soil quality easily, quickly and free of charge. Despite the similarity among the environments evaluated, with large domain of pasture in different managements, the methods demonstrated different rates of sensibility on the distinction of these environments. The new method RAQS covers a larger number of indicators, making it more sensible to changes occurred by different soil management.

Keywords: Methodology. Environmental quality. Pasture. Soil management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. 1 Tendências temporais na avaliação dinâmica da qualidade do solo.	21
Figura 3. 2 Quadro de seleção de um conjunto mínimo de dados para indicadores.	22
Figura 3. 3 Modelo conceitual para a conversão de um conjunto mínimo de dados de indicadores para valores de índice de qualidade do solo.....	27
Figura 3. 4. Relação hierárquica da qualidade do solo para a sustentabilidade da agricultura.	29
Figura 4. 1. Fluxograma geral das atividades.....	33
Figura 4. 2 Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia do Ribeirão José Pereira.....	36
Figura 4. 3 Mapa hipsométrico da sub-bacia do Ribeirão José Pereira.....	38
Figura 4. 4 Mapa de declividade da sub-bacia do Ribeirão José Pereira	39
Figura 4. 5 Mapa de unidades geomorfológicas da sub-bacia do Ribeirão José Pereira.....	39
Figura 4. 6 Mapa de solos da sub-bacia do Ribeirão José Pereira.....	40
Figura 4. 7 Limpeza da camada superficial do solo	41
Figura 4. 8 Avaliação visual da fauna do solo.....	41
Figura 4. 9 Avaliação visual da serapilheira no solo.....	42
Figura 4. 10 Avaliação visual da atividade de organismos no solo.....	43
Figura 4. 11 Avaliação da compactação do solo	43
Figura 4. 12 Avaliação do odor do solo.....	44
Figura 4. 13 Avaliação da estrutura e consistência do solo.....	45
Figura 4. 14 Pontos de avaliação da qualidade do solo	46
Figura 4. 15 Ambientes selecionados para avaliação visual da qualidade do solo	47
Figura 4. 16 Avaliação da porosidade do solo.....	55
Figura 4. 17 Avaliação visual do índice de cobertura do solo.....	56
Figura 4. 18 Avaliação visual de plantas daninhas.....	57
Figura 4. 19 Avaliação da fauna no ambiente 14	57
Figura 5. 1 Índice de qualidade do solo dos ambientes 3 e 6 por metodologia.....	64
Figura 5. 2 Dendrograma de dissimilaridade das metodologias de avaliação visual da qualidade do solo	65
Figura 5. 3 Proporção, em porcentagem relativa ao número de indicadores de solo, vegetação e fauna, por metodologia de avaliação visual da qualidade do solo.....	66

Figura 5. 4 Gráficos dos Índices de Qualidade do Solo dos ambientes 3 e 6.....	68
Figura 5. 5 Dendrograma de dissimilaridade dos ambientes avaliados.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 4. 1 Descrição dos ambientes submetidos à avaliação visual da qualidade do solo.....	48
Tabela 5. 1 Resultados do Índice de Qualidade do Solo (IQS) por ambiente e por metodologia	62
Tabela 5. 2 Menores e maiores Índices de Qualidade do Solo por metodologia	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAP: Capoeira

FL: Floresta

GPS: *Global Positioning System*

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IQS: Índice de Qualidade do Solo

MSQR: *Muencheberg Soil Quality Rating*

PB: Pasto de braquiária

PN: Pasto nativo

RAQS: Referência para Avaliação da Qualidade do Solo

SMAF: *Soil Management Assessment Framework*

UTM: *Universal Transverse Mercator*

VESS: *Visual Evaluation of Soil Structure*

VSA: *Visual Soil Assessment*

VSSA: *Visual Soil Structure Assessment*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Histórico do conceito de qualidade do solo	17
3.2 Desenvolvimento de metodologias de avaliação da qualidade do solo	19
3.2.1 Seleção de indicadores de qualidade do solo	20
3.2.2 Definição de limites e pontuação	27
3.2.3 Avaliação	28
3.3 Metodologias de avaliação visual da qualidade do solo selecionadas para este estudo	29
3.3.1 Melloni (2001)	30
3.3.2 Casalinho (2003)	30
3.3.3 Nicholls et al. (2004)	31
3.3.4 Manual Visual Soil Assessment (2005)	31
3.3.5 Carlesi (2008)	32
4 METODOLOGIA	33
4.1 Diagnóstico da sub-bacia do Ribeirão José Pereira	34
4.1.1 Caracterização dos ambientes	34
4.1.2 Seleção dos ambientes	35
4.1.3 Campanhas de campo para aplicação das metodologias selecionadas	37
4.2 Desenvolvimento da nova metodologia RAQS	51
4.2.1 Seleção dos indicadores, definição de limites e pontuação	51
4.2.2 Campanhas de campo para aplicação da metodologia RAQS	54
4.3 Cálculo do Índice de Qualidade do Solo (IQS)	58
4.4 Análise Estatística	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1 Considerações gerais sobre os ambientes	60
5.3 Resultado Geral dos Índices de Qualidade do Solo	61
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	72
REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

O solo é resultado da ação de adições, perdas, transformações, transportes e remanejamentos mecânicos. As características do solo também dependem da intensidade com que os fatores de formação atuam sobre o material de origem (OLIVEIRA, 2011). Assim, as rochas expostas a diversos fatores ambientais, com o tempo, resultam em diferentes tipos de solos, em diferentes ambientes.

Para que a sustentabilidade desses ambientes seja mantida, é necessária a manutenção da qualidade do solo, com a adoção de técnicas adequadas ao seu uso (MELLONI; MELLONI; ALVARENGA, 2008).

A qualidade do solo reflete a sustentabilidade do ambiente, mas existe uma grande dificuldade em compreender e realizar essa avaliação. Por isso, indicadores de qualidade podem ser utilizados no monitoramento de diversos ambientes, como florestas, áreas em sucessão, pastagens, áreas agrícolas e áreas degradadas. Os indicadores devem ser simples e fáceis de mensurar, permitir seu uso no monitoramento de alterações e prover informação disponível e confiável (LÓPEZ-RIDAURA; MASERA; ASTIER, 2001).

A avaliação da qualidade do solo pode ser realizada por meio da escolha de um conjunto de indicadores de fácil aplicação e interpretação, que tenham capacidade de ser integrados e sensíveis às variações do manejo e do clima. Além disso, deve ser considerada a capacidade do solo quanto à estrutura, resistência à erosão, retenção de água, atividade biológica, disponibilidade de nutrientes para as plantas e suporte para o seu crescimento (CASALINHO et al., 2007).

Os indicadores de qualidade do solo podem ser divididos em quatro categorias: físicos, químicos, biológicos e visuais (SANTANA; BAHIA FILHO, 1999). Apesar da divisão estabelecida, os atributos estão interligados e, para que sejam eficientes em representar a sua qualidade, é necessário determinar valores e/ou padrões críticos (GOMES et al., 2006).

Segundo Melloni, Melloni e Alvarenga (2008), utilizar indicadores visuais, conjuntamente com os físicos, químicos e biológicos, é importante na avaliação e monitoramento da qualidade de ecossistemas. Atualmente, têm sido utilizados indicadores físicos, químicos e biológicos para avaliação de ambientes naturais ou que sofreram intervenções antrópicas, sendo que os melhores indicadores são aqueles que combinam diversos atributos.

As avaliações da qualidade do solo têm sido conduzidas sob diferentes condições de cultivo, incluindo: agricultura orgânica e convencional, com preparo e manejo de resíduos, rotação de culturas, qualidade do solo em torno de áreas de mineração, aplicação de resíduos orgânicos e queima, efeito do tráfego de máquinas no plantio direto, entre outras. Isso demonstra que a necessidade de compreender e avaliar a qualidade do solo está ficando cada vez mais importante pelo crescente interesse público em determinar os efeitos das práticas de gestão dos recursos para a sustentabilidade do solo (CARLESI, 2008; MELLONI (2001); VSA, 2005; YAO et al., 2013).

Devido às crescentes pressões de uso da terra, existe um aumento na demanda por metodologias de avaliação da qualidade do solo. Entre as metodologias mais recentes estão as metodologias propostas por: Melloni (2001), Casalinho (2003), Nicholls et al. (2004), Manual *Visual Soil Assessment* (2005) e Carlesi (2008).

Melloni (2001) avaliou a qualidade do solo em áreas de mineração por meio de uma planilha desenvolvida na Universidade Federal de Lavras. Cinco avaliadores atribuíram notas 0 (pior) a 5 (melhor ou referência) para diversas características dos solos de mineração sob diferentes coberturas vegetais.

Casalinho (2003) desenvolveu, no Rio Grande do Sul, uma ferramenta para avaliação da qualidade do solo por meio da classificação do desempenho de cada indicador, utilizando-se três níveis de limitação: alto, médio e baixo.

Nicholls et al. (2004) desenvolveram uma metodologia prática para avaliar rapidamente a qualidade do solo e a saúde em cultivos de uvas para produção de vinhos. Posteriormente, sua metodologia foi aplicada simultaneamente em várias fazendas no norte da Califórnia.

O Manual *Visual Soil Assessment* - VSA (2005) foi desenvolvido no Reino Unido para ajudar os gestores da terra a avaliar a condição do solo com facilidade, rapidez, economia e de forma confiável, com o objetivo de implementar uma gestão sustentável do solo em toda a Europa. Esse manual é baseado na avaliação visual dos principais indicadores do solo e de desempenho da planta, onde cada indicador recebe uma pontuação visual de 0 (ruim), 1 (moderada), ou 2 (bom), com base na condição observada quando comparada a amostra de campo com imagens padronizadas de um guia de campo.

No sul do Uruguai, Carlesi (2008) selecionou dez agricultores cuja principal atividade econômica fosse a olericultura. Esses auxiliaram na seleção de indicadores de qualidade do solo a serem medidos nas fazendas e avaliaram os atributos classificando-os em "pobre", "médio" ou "bom", com atribuição dos valores 1, 3 e 5 respectivamente.

Atualmente, uma análise comparativa da eficiência das metodologias sob as condições descritas anteriormente não tem sido encontrada na literatura, dificultando a possível padronização e proposição de uma metodologia que envolva indicadores para diferentes ambientes.

Neste presente estudo, realizado na sub-bacia do Ribeirão José Pereira, quatro tipos de áreas representativas foram selecionadas em função das grandes dimensões e ocorrência em posições estratégicas da paisagem, são elas: floresta (FL), capoeira (CAP), pasto nativo (PN) e pasto de braquiária (PB), muito comum na região.

O uso de avaliações visuais para a determinação da qualidade do solo, nesta e em outras sub-bacias, fornece diretamente, de maneira rápida, segura e barata, informações necessárias ao planejamento com respaldos metodológico e científico de forma facilmente replicável. Há, portanto, a necessidade de desenvolver métodos de campo simples para avaliar e monitorar a qualidade do solo, mas é importante que tais métodos se relacionem com outros indicadores de qualidade do solo.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi comparar metodologias de avaliação visual da qualidade dos solos, de forma a desenvolver uma metodologia de avaliação que seja prática e sensível às alterações do uso do solo de um ambiente.

Para atender ao objetivo geral, os objetivos específicos foram:

- Aplicar as metodologias de avaliação visual da qualidade do solo nos ambientes selecionados e analisar os resultados obtidos;
- Sintetizar as informações coletadas, selecionando os indicadores mais sensíveis e discriminantes para a avaliação visual da qualidade do solo;
- Propor uma nova metodologia de avaliação visual da qualidade do solo com os indicadores selecionados;
- Aplicar a nova metodologia de avaliação visual da qualidade do solo nos ambientes avaliados anteriormente;
- Analisar os resultados obtidos pela nova metodologia, comparando-os com os resultados obtidos pelas metodologias pré-existentes e avaliando sua eficiência.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Histórico do conceito de qualidade do solo

Warkentin e Fletcher (1977) sugeriram o desenvolvimento de um conceito de qualidade do solo em virtude de suas múltiplas funções: ciclo da água, decomposição de resíduos vegetais e outras fontes de matéria orgânica, reciclagem de nutrientes essenciais para as plantas, produção de alimentos e outras. Estes autores enfatizaram que (1) os recursos do solo estão sendo constantemente avaliados para os mais diferentes usos; (2) diversos grupos interessados (pesquisadores, agricultores, consumidores etc.) estão preocupados com os recursos do solo; (3) as prioridades e as demandas da sociedade sobre os recursos do solo estão mudando; e (4) as decisões quanto aos recursos do solo e usos da terra são tomadas em um contexto humano ou institucional. Eles também afirmaram que, devido às diferenças entre os solos, não há nenhuma medida única que sirva para avaliar a qualidade de todos os solos.

Após a sua introdução, a qualidade do solo não foi discutida na literatura por mais de uma década porque a principal ênfase do manejo do solo foi o controle da erosão e a minimização dos efeitos da perda de solo na produtividade. Entretanto, desde o início da década de 1990, o conceito de qualidade do solo tem recebido mais atenção.

Primeiramente, grandes esforços foram feitos para definir a qualidade do solo e ao longo do tempo houve a transformação deste conceito vago em algo tangível através do Índice de Qualidade do Solo (IQS) que surgiu com a necessidade de transformar essa ferramenta em uma base científica para medir a qualidade do solo (ARMENISE et al., 2013).

Larson e Pierce (1991) definiram qualidade do solo como a capacidade do solo para funcionar dentro dos limites do ecossistema e interagir positivamente com os ecossistemas circundantes. Estes autores propuseram uma fórmula quantitativa para avaliar a qualidade do solo e sugeriram que essas avaliações poderiam ajudar a determinar como os solos respondem às várias práticas de gestão.

A qualidade do solo começou a ser interpretada como uma forma sensível e dinâmica para documentar a condição do solo, fornecer respostas para a gestão, ou determinar a resistência ao estresse imposto por forças naturais ou por usos humanos (ARSHAD; COEN, 1992).

Várias definições de qualidade de solo têm sido propostas, sendo que uma das mais amplamente utilizadas é a de Karlen et al. (1997, p. 6), segundo essa definição a qualidade do solo pode ser conceituada como:

A capacidade que um determinado tipo de solo apresenta, em ecossistemas naturais ou agrícolas, para desempenhar uma ou mais funções relacionadas à sustentação da atividade, da produtividade e da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas e dos animais e à sustentação de estruturas socioeconômicas e de habitação humana.

O conceito de qualidade do solo evoluiu ao longo dos anos 90 em resposta ao aumento da ênfase global atribuída ao conceito de sustentabilidade com enfoque no manejo sustentável do solo, o que inclui duas vertentes: educação e avaliação. Ferramentas como *kits* de avaliação da qualidade do solo, cartões de pontuação elaborados a partir de informações de agricultores, procedimentos de avaliação visual, fichas técnicas, apresentações e vídeos com materiais educativos fornecem uma melhor compreensão e consciência de que os recursos do solo apresentam propriedades físicas, químicas e biológicas nos processos que executam para os ecossistemas (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003).

Novos modelos agrícolas baseados em uma produção sustentável surgiram a partir da preocupação com as futuras gerações e das limitações sociais, econômicas e ambientais do modelo conservador da agricultura. A busca por atividades agrícolas mais sustentáveis está diretamente relacionada com o manejo do solo. Assim, surgiu a necessidade de repensar os ambientes, principalmente agrícolas, por meio do desenvolvimento de conceitos de qualidade e saúde do solo (CASALINHO et al., 2007).

Em vários países, *kits* de avaliação da qualidade do solo estão sendo desenvolvidos para auxiliar os gestores nas decisões sobre práticas de manejo do solo. Como exemplos, podem ser citadas as metodologias VSSA - *Visual Soil Structure Assessment*, VESS - *Visual Evaluation of Soil Structure*, SMAF - *Soil Management Assessment Framework*, MSQR - *Muencheberg Soil Quality Rating*, *Cotton SOILpak*, entre outros. Para maiores detalhes podem ser consultados os trabalhos de Larson e Pierce (1994), Karlen e Stott (1994), Romig (1995), Medvedev et al. (2002), Andrews, Karlen e Cambardella (2004), Shaw (2005), Ball, Batey e Munkholm (2007), Mueller et al. (2007), Tóth T. et al. (2007) e Guimarães, Ball e Tormena (2011), com aplicação de metodologias desenvolvidas em diversos países como Ucrânia, Austrália, Rússia, Hungria e outros.

Todos esses exemplos demonstram que, ao longo dos últimos 20 anos, sistemas específicos de avaliação do solo foram desenvolvidos ou estão em construção. Concomitantemente, países com produção agrícola substancial e crescente, como China e Brasil, pretendem implementar sistemas rápidos de avaliação quantitativa do solo e da produtividade da terra (MUELLER et al., 2010).

O conceito de qualidade do solo ainda é criticado na literatura devido a sua aceitação prematura e institucionalização de metodologias incompletas e não testadas (SOJKA; UPCHURCH, 1999). Os esforços para definir e quantificar a qualidade do solo não são novos, mas estabelecer um consenso sobre um conjunto padronizado de indicadores ainda é uma tarefa muito difícil (LIMA et al., 2013).

Assim, há uma grande necessidade em desenvolver indicadores de qualidade do solo da seguinte forma: integrar propriedades e processos físicos, químicos e biológicos; ser aplicável a diversas condições no campo; apresentar dados facilmente mensuráveis ou complementar banco de dados já existente e responder ao uso da terra, às práticas de gestão, clima e fatores humanos (SHUKLA et al., 2006).

3.2 Desenvolvimento de metodologias de avaliação da qualidade do solo

Os principais motivos para o desenvolvimento de metodologias de avaliação da qualidade do solo são promover uma maior consciência sobre os recursos do solo e incentivar os agricultores a observar melhor o solo quando estão avaliando as práticas de manejo adotadas na área (KARLEN; ANDREWS; DORAN, 2001).

Percepções sobre o que constitui um solo de boa qualidade variam e dependem das prioridades individuais com relação à função do solo, uso da terra pretendido e interesse dos observadores (DORAN; PARKIN, 1994 apud YAO et al., 2013).

Para os agricultores pode significar a capacidade do solo para sustentar a produtividade vegetal e animal, mantendo os recursos do solo para o futuro. Para os ambientalistas, pode significar a manutenção ou aumento da biodiversidade, da água e qualidade do ar. Para os consumidores, pode significar capacidade para suprir as necessidades humanas, entre outros (MAUSBACK; SEYBOLD, 1998 apud YAO et al., 2013).

O desenvolvimento de um procedimento para avaliação da qualidade do solo envolve três etapas:

1^a) A seleção dos indicadores de qualidade para monitorar com eficácia as funções críticas do solo;

2^a) O estabelecimento de faixas para cada indicador de acordo com a capacidade do solo, ou seja, a definição de limites e a forma para cada pontuação;

3^a) A avaliação, na qual a pontuação dos indicadores pode ser definida por uma variedade de formas dependendo da função.

3.2.1 Seleção de indicadores de qualidade do solo

A seleção de indicadores representativos é fundamental para avaliação da qualidade do solo, pois esses indicadores devem abranger uma ampla gama de características que afetem diretamente sua qualidade (WANG; GONG, 1998 apud LI et al., 2013).

Apesar da divergência entre pesquisadores na escolha dos indicadores, é consenso que um conjunto de atributos deve ser utilizado em pesquisas de avaliação da qualidade ambiental. Assim, Visser e Parkinson (1992) listaram os seguintes requisitos para a definição de um bom indicador:

- Apresentar resposta rápida à perturbação;
- Refletir alguns aspectos de funcionamento do ecossistema;
- Ser economicamente viável;
- Possibilitar sua distribuição universal mesmo com características específicas para cada ambiente;
- Ser independente das estações do ano.

Para Nicholls et al. (2004), a seleção dos atributos para avaliação envolve diversos fatores. Esses autores recomendam que os indicadores escolhidos devam ser fáceis de usar, ser relativamente precisos e fáceis de interpretar, práticos para a tomada de novas decisões de gestão, sensíveis o suficiente para refletir as mudanças ambientais e os efeitos das espécies vegetais existentes e das práticas de gestão no solo, ter a capacidade de integração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e se relacionar com os processos do ecossistema.

Além disso, na seleção de indicadores, é importante considerar se o mesmo é capaz de detectar mudanças significativas ao longo dos intervalos de amostragem (NEWELL-PRICE et al., 2013). Segundo Mueller et al. (2010), quando o foco é a produtividade, deve-se responder as seguintes perguntas:

- Quais atributos dos solos mais afetam sua produtividade?

- Quais informações sobre potenciais de produtividade do solo não são fornecidas pelos sistemas de classificação existentes?
- Quais os métodos de avaliação da produtividade dos solos disponíveis?
- Como esses métodos são úteis para avaliar diferentes aspectos de qualidade do solo agrícola?

Tradicionalmente, classificações e interpretações são baseadas quase inteiramente em características dinâmicas inerentes ao solo avaliado, determinadas por fatores básicos como clima, material de origem, tempo, topografia e vegetação (JENNY, 1941).

A qualidade do solo é relativamente dinâmica, ou seja, muda consideravelmente em resposta à gestão adotada (CARTER et al., 1997 apud YAO et al., 2013). Por meio da avaliação dinâmica, é possível acompanhar a evolução dos principais indicadores ao longo do tempo e determinar se a qualidade de um solo sob um determinado sistema de gestão está melhorando, está estável ou em declínio (KARLEN et al., 2008), conforme ilustrado pela Figura 3. 1.

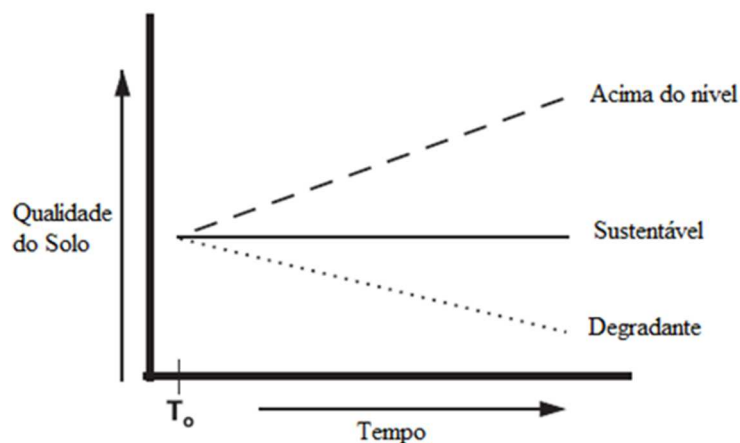


Figura 3. 1 Tendências temporais na avaliação dinâmica da qualidade do solo.
Fonte: adaptado de Karlen et al. (2008).

O manejo do solo em um sistema agrícola pode desempenhar um papel importante na proteção do solo, mas o sucesso de uma gestão que mantenha a qualidade do solo depende da forma como o solo responde ao longo do tempo (GREGORICH et al., 1994).

Sistemas de monitoramento precisam de indicadores relevantes para uma variedade de funções do solo, devem ser interpretados facilmente e identificar, em termos quantitativos, as mudanças temporais na qualidade do solo (MERRINGTON et al., 2006).

No entanto, atualmente não há consenso sobre um conjunto definitivo das propriedades do solo para monitoramento de sua qualidade, uma vez que a qualidade do solo é um conceito

complexo e a seleção de indicadores de qualidade do solo depende muito da finalidade do uso da terra (SCHIPPER; SPARLING, 2000).

O principal requisito para um determinado atributo do solo ser selecionado como um indicador de sua qualidade é mostrar sensibilidade às mudanças que ocorrem no solo e que podem modificar suas funções (ANDREWS; KARLEN; CAMBARDELLA, 2004). Importantes funções do solo incluem: fluxo e retenção de água, suporte e estabilidade física, ciclo de nutrientes, crescimento e desenvolvimento das plantas, manutenção do habitat e de sua biodiversidade, entre outros (DAILY et al., 1997 apud ARMENISE et al., 2013).

Para desenvolvimento de metodologias de avaliação da qualidade do solo, o primeiro passo é selecionar indicadores de qualidade do solo adequados que possam fornecer um conjunto mínimo de dados (ANDREWS; KARLEN; CAMBARDELLA, 2004). Esse conjunto mínimo de dados pode ser usado para determinar o quão bem as funções críticas do solo associadas a cada objetivo de gestão estão sendo realizadas (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003), conforme representado pela Figura 3. 2.

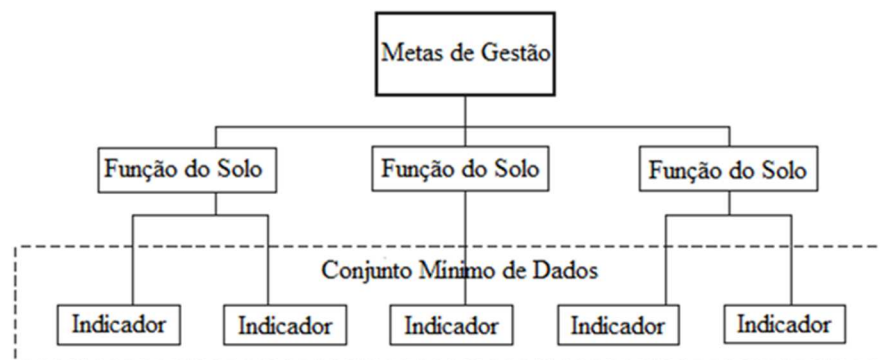


Figura 3. 2 Quadro de seleção de um conjunto mínimo de dados para indicadores.
Fonte: adaptado de Karlen, Ditzler e Andrews (2003)

Como existem diferentes ambientes e diferentes interesses para as funções do solo, não existe uma metodologia para caracterizar a qualidade do solo baseado em conjunto universal de indicadores (BOUMA, 2002).

Os indicadores do solo podem incluir: estrutura; porosidade; cor; número e cor de mosqueados; número de minhocas; evidências de compactação; presença de torrões; quantidade e tempo de infiltração da água na superfície e susceptibilidade aparente de erosão eólica e hídrica. Entre os indicadores de plantas, que podem apresentar relação direta com a qualidade do solo podem ser citados: grau de uniformidade e de emergência; altura da planta na maturidade; tamanho e desenvolvimento do sistema radicular; quantidade e qualidade da

produção; incidência de doenças na raiz; grau de infestação de plantas daninhas e custos de produção. Outros indicadores de solo e planta podem ser utilizados para avaliação de regiões montanhosas, pastagens e várzeas (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003).

Considerando os indicadores em uma escala global, as restrições naturais do solo podem ser classificadas em três grandes grupos:

O primeiro grupo de restrições inclui os regimes térmicos e umidade, já que as plantas requerem temperatura e umidade do solo adequadas ao seu crescimento (MURRAY et al, 1983; LAVALLE et al, 2009 apud MUELLER et al., 2010). Em todos os climas apropriados para a agricultura, a disponibilidade de água no solo é um pré-requisito para o crescimento das plantas. A capacidade de armazenamento de água do solo é uma propriedade crucial para a sua funcionalidade (MUELLER et al., 2010).

O segundo grupo de restrições inclui deficiências do substrato do solo que limitam principalmente o enraizamento e a nutrição das plantas, como solos rasos, pedregosidade, compactação, horizontes anaeróbicos, ou solos com adversidades químicas (salinidade, acidez, esgotamento de nutrientes ou contaminações) que podem causar severas restrições para o crescimento das plantas ou para a utilização de biomassa (MURRAY et al., 1983; LOUWAGIE et al., 2009 apud MUELLER et al., 2010).

O terceiro grupo inclui diversos fatores que controlam a erosão do solo e fornecem ou não acessibilidade à área, sobretudo a topografia, considerada uma propriedade externa (FISCHER et al., 2002; ZUAZO, 2008 apud MUELLER et al., 2010).

Atualmente, nos países em desenvolvimento, cerca de dois terços dos solos têm severas restrições para a agricultura. A baixa fertilidade (38%), solos arenosos ou pedregosos (23%), má drenagem do solo (20%) e encostas íngremes (10%) são as principais limitações à produtividade (SCHERR, 1999).

A estrutura do solo, por exemplo, é uma característica conhecida por interagir com propriedades físicas, químicas e biológicas (KAY et al, 2006) e estes por sua vez são diretamente influenciados pela gestão do solo (MOSADDEGHI et al., 2009). Além disso, muitas funções do solo relacionadas com a diversidade biológica, atividade e produtividade, que fornecem a estabilidade física do solo, suporte para instalação e crescimento das plantas, ciclagem de carbono e nutrientes, também estão relacionadas com a estrutura e são indicadores da qualidade do solo (KAVDIR; SMUCKER, 2005 apud ASKARI; CUI; HOLDEN, 2013).

A avaliação visual da estrutura do solo é uma ferramenta útil para avaliar sua qualidade física, pois permite examiná-lo detalhadamente e identificar camadas modificadas pelos sistemas de gestão adotados (GIAROLA et al., 2013). É vulnerável às mudanças por compactação e erosão, e sua preservação é fundamental para sustentar a função do solo. A estrutura do solo, bem como a abundância e a disposição dos agregados e raízes podem indicar que as propriedades dos solos são dependentes do manejo adotado (MUELLER et al., 2009).

A estrutura do solo está relacionada com o crescimento da planta e com a resposta da cultura porque é um fator determinante na disponibilidade de água, aeração e resistência mecânica ao crescimento radicular. A degradação do solo implica na degradação da estrutura física do sistema e conseqüente diminuição da produtividade do agroecossistema (GALE et al., 2000; KAY; ANGERS, 2001 apud GIAROLA et al., 2010).

A avaliação da estrutura geralmente é realizada através de parâmetros quantitativos, como a densidade do solo e porosidade, características da curva de retenção de água e resistência do solo ao crescimento radicular. A medição das propriedades estruturais do solo, como a densidade por exemplo, é mais cara e demorada e não fornece a ampla avaliação que está disponível nos processos de avaliação visual (MURPHY et al., 2013).

Essas avaliações de campo podem ajudar os agricultores e profissionais a decidirem sobre as melhores práticas de manejo do solo fornecendo resultados imediatamente interpretáveis sem a necessidade de uma grande quantidade de equipamentos. Por outro lado, metodologias semelhantes ainda não foram desenvolvidas para solos tropicais e algumas técnicas européias têm sido aplicadas no Brasil (Tavares Filho et al., 1999; Fregonezi et al., 2001; Giarola et al., 2009 apud GIAROLA et al., 2010).

Métodos para avaliação da qualidade da estrutura do solo baseados em avaliações de campo são úteis para estabelecer estratégias de manejo do solo, com a vantagem de exigirem a utilização de poucos equipamentos e a possibilidade de interpretações imediatas (GIAROLA et al., 2010).

A utilização de esquemas de avaliação visual do solo tem demonstrado eficácia na identificação da condição estrutural de solos, em especial para identificar o grau de compactação (MURPHY et al., 2013).

A compactação do solo é caracterizada pela compressão dos agregados resultando em uma maior massa por unidade de volume e uma redução na porosidade se comparado com um solo bem estruturado (BATEY, 2009 apud NEWELL-PRICE et al., 2013).

A compactação do solo pode também envolver o rearranjo de agregados e partículas do solo através da compressão. Mosqueados e orientação, tamanho e forma dos agregados do solo são evidências de compactação (SCHOLEFIELD et al., 1985 apud NEWELL-PRICE et al., 2013).

Normalmente, a compactação do solo é evidenciada por um adensamento ou perda de unidades estruturais do solo, diminuição no volume de solo, aumento da densidade, diminuição de porosidade e redução na condutividade hidráulica do solo, entre outros (NEWELL-PRICE et al., 2013).

O crescimento reduzido das raízes das plantas tem sido associado com a compactação superficial excessiva dos solos de climas tropicais e temperados (MUNKHOLM et al., 2008 apud GIAROLA et al., 2013).

O pisoteio do gado na pastagem estão entre as principais causas de compactação do solo, sendo que o risco de compactação geralmente é maior em locais onde a umidade está mais elevada (NEWELL-PRICE et al., 2013).

A caracterização da compactação do solo apresenta numerosos desafios devido à natureza da estrutura tridimensional do solo. Os principais indicadores físicos de qualidade do solo atualmente aceitos são a densidade, resistência à penetração e macroporosidade, que são muito úteis, mas relativamente demorados e caros, e cada amostra fornece somente uma indicação de compactação ou condição estrutural em um ponto do perfil do solo (MERRINGTON et al., 2006).

Análises de resistência de penetração são relativamente simples, rápidas e baratas e tem o potencial de fornecer informações em uma variedade de profundidades com relativa facilidade (NEWELL-PRICE et al., 2013).

Camadas compactadas são detectadas por meio da verificação de propriedades físicas quantitativas. No entanto, avaliações visuais do solo também permitem o exame detalhado dos aspectos de sua estrutura e indicam as camadas que têm sido mais modificadas pelos sistemas de gestão (BATEY, 2000; BATEY; MCKENZIE, 2006; GIAROLA et al., 2009 apud GIAROLA et al., 2013).

Uma redução do tamanho e da continuidade dos poros pode gerar implicações potencialmente graves para a capacidade do solo de fornecer serviços ecossistêmicos importantes. Um exemplo é a redução da produtividade da pastagem e o aumento do risco de inundações, devido à redução das taxas de infiltração de água. Há algumas evidências de que as reduções de porosidade e, conseqüentemente, da aeração podem reduzir também a

exploração dos poros por hifas fúngicas e a presença de microfauna (nematóides), mesofauna e macroinvertebrados do solo devido às condições dos poros habitáveis da superfície do solo (NEWELL-PRICE et al., 2013).

Os resíduos de superfície aumentam a infiltração e a retenção de água no solo e assim reduzem a erosão em um evento de tempestade. Por isso, deixar resíduos suficientes para cobrir a superfície do solo é a estratégia de gestão agrícola mais eficaz para diminuir a erosão do solo (GILLEY et al., 1986 apud LAIRD; CHANG, 2013).

A serapilheira também influencia o balanço de radiação e assim mantém a temperatura da superfície de solo equilibrada, reduzindo a perda de água por evaporação. Os resíduos, na superfície ou incorporados por plantio direto, são os principais substratos para os microrganismos, minhocas e outros tipos de fauna edáfica (LAIRD; CHANG, 2013).

A matéria orgânica contribui para a qualidade do solo e para a produtividade agrícola através de numerosos processos físicos, químicos e biológicos. A matéria orgânica melhora a estrutura e estabilidade dos agregados do solo, o que aumenta a aeração, a drenagem, a capacidade de retenção de água e diminui a resistência à penetração proporcionando um melhor ambiente para enraizamento das plantas (LAIRD; CHANG, 2013).

As propriedades microbiológicas do solo são conhecidas como valiosos indicadores da qualidade do solo. Microrganismos do solo têm funções importantes em muitos processos vitais, como a decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, e são responsáveis, em grande parte, pelo funcionamento dos ecossistemas do solo (EPELDE et al., 2014).

Com o objetivo de facilitar a interpretação das propriedades microbiológicas do solo em termos de qualidade do solo são utilizados indicadores mais universais. Garbisu et al. (2011 apud EPELDE et al., 2014) propuseram vincular o conceito de qualidade do solo e de saúde do ecossistema por meio do agrupamento de propriedades microbiológicas do solo em um conjunto de atributos de ecossistemas de relevância ecológica, como o vigor (atividade, metabolismo ou produtividade de um sistema), organização (que pode ser avaliada em termos da diversidade de componentes e o seu grau de dependência mútua), estabilidade (capacidade de um sistema manter a sua estrutura e padrão de comportamento na presença de estresse), condições climáticas e o número de espécies por grupo funcional. Estes atributos devem se sobrepor e ao mesmo tempo se complementarem de forma que todos os atributos sejam medidos, quando possível.

3.2.2 Definição de limites e pontuação

Os indicadores de qualidade do solo devem ser escolhidos de acordo com as funções de interesse e os valores-limite devem ser identificados com base nas condições locais para gerar um significativo índice de qualidade do solo. A seleção de indicadores pode ser feita usando a opinião de especialistas, baseado em procedimentos estatísticos, ou uma combinação de ambos para se obter um conjunto mínimo de dados (LIMA et al., 2013).

Um conjunto de propriedades de um indicador de qualidade do solo é marcado por uma série de relações entre as características do solo e os objetivos de gestão, incluindo produtividade do solo, reciclagem de resíduos e proteção ambiental. A meta de gestão é designada pelo usuário e um índice de qualidade do solo é calculado a partir da aplicação de metodologias de que pontuam as propriedades de um indicador (MERRILL et al., 2013).

Essa segunda etapa (Figura 3. 3) é necessária para que medições dos indicadores físicos, químicos e biológicos, com unidades de medida totalmente diferentes, possam ser combinados em um Índice de Qualidade do Solo - IQS (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003).

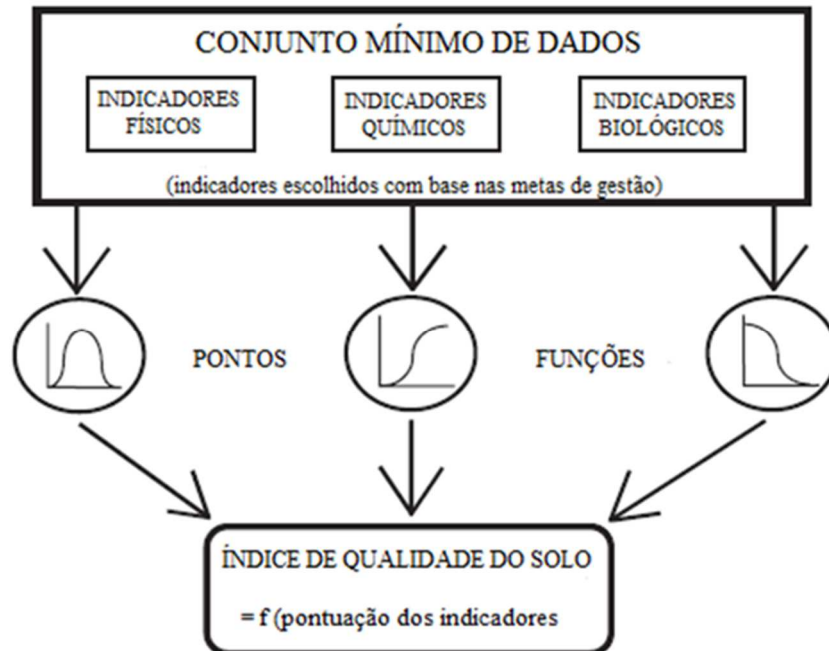


Figura 3. 3 Modelo conceitual para a conversão de um conjunto mínimo de dados de indicadores para valores de índice de qualidade do solo.

Fonte: adaptado de Karlen, Ditzler e Andrews (2003)

Na literatura, o conceito de Índice de Qualidade do Solo evoluiu. O IQS é um valor gerado a partir da combinação de uma variedade de informações sobre o solo, ou seja,

características físicas, químicas e biológicas são pontuadas de acordo com sua aptidão para realizar uma ou mais funções, por exemplo, uma baixa aptidão resulta em um valor baixo do IQS (ARMENISE et al., 2013).

Normalmente, um IQS não é capaz de abranger todas as funções mencionadas. Por isso, em uma avaliação específica, as funções de maior relevância são selecionadas de acordo com a meta de gestão para o qual a avaliação deve ser feita. (ANDREWS; KARLEN; CAMBARDELLA, 2004).

Conseqüentemente, a definição do IQS começa pela avaliação dos objetivos de gestão associando-os, de forma crítica, com as funções do solo. Entre os objetivos de gestão estão: a produtividade das culturas, a reciclagem de resíduos e a proteção do meio ambiente. Uma vez que as funções não são diretamente mensuráveis por meio de atributos físicos, químicos e biológicos apropriados são selecionados indicadores de qualidade do solo para medir indiretamente o quão bem cada função está sendo executada (ARMENISE et al., 2013).

Para algumas metas de gestão, o mesmo indicador pode ser incluído em diferentes funções e ser pontuado de diferentes maneiras, por exemplo: "mais é melhor" para nitrogênio, pois auxilia no crescimento das plantas, mas "menos é melhor" no que diz respeito à lixiviação (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003).

3.2.3 Avaliação

Na terceira etapa, os valores sem unidades são combinados em um índice geral da qualidade do solo e podem ser utilizados para comparar os efeitos de diferentes práticas sobre os solos ou as tendências semelhantes temporais no mesmo solo (Figura 3. 4).

Os métodos convencionais para a medição dessas propriedades e avaliação da qualidade do solo exigem conhecimentos metodológicos variados, infraestrutura (equipamentos e laboratórios), tempo e recursos consideráveis (GUIMARÃES et al., 2011 apud ASKARI; CUI; HOLDEN, 2013). Portanto, um método confiável e rápido para quantificar a qualidade estrutural do solo, que seja sensível aos efeitos do manejo, seria muito útil para os cientistas e gestores de terras.

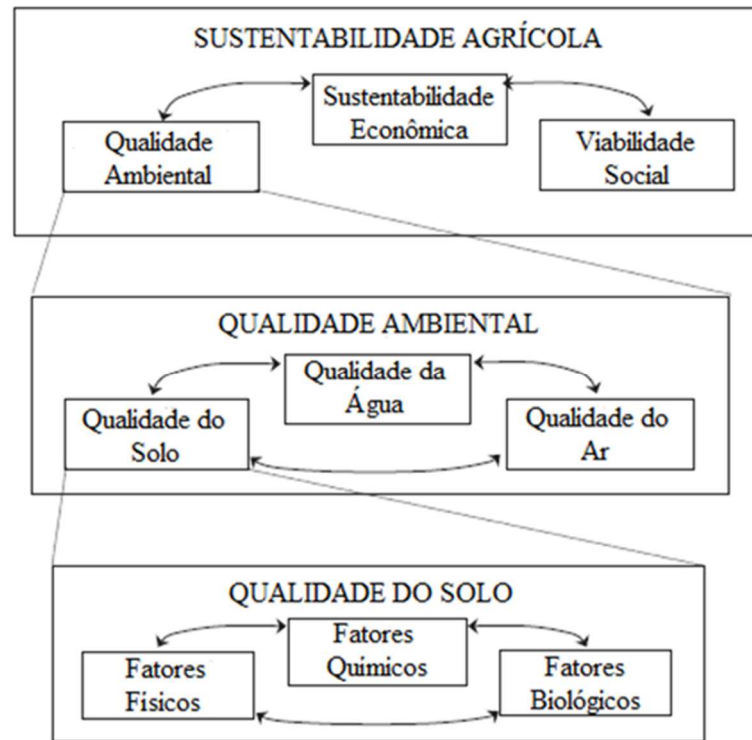


Figura 3. 4. Relação hierárquica da qualidade do solo para a sustentabilidade da agricultura.
Fonte: adaptado de Karlen, Ditzler e Andrews (2003).

Os métodos visuais de avaliação da qualidade do solo variam desde testes facilmente compreendidos e rápidos até avaliações mais complexas, mas todos são projetados para ajudar os gestores de terras na tomada de melhores decisões de manejo do solo e ajudar os cientistas na aquisição de dados através de métodos simples, objetivos e de baixo custo, sobretudo em áreas com alta frequência de amostragem. Além disso, os métodos mais simples não requerem conhecimentos e equipamentos específicos e ainda proporcionam um resultado rápido e significativo (GIAROLA et al., 2010).

Conforme relatado pelo Soil Quality Institute (USDA, 2006 apud LI et al., 2013), o objetivo final de avaliar a qualidade do solo não é somente conseguir alta estabilidade de agregados, atividade biológica, ou outras propriedades do solo, mas também proteger e melhorar a longo prazo a produtividade agrícola, a qualidade da água e os habitats de todos os organismos, incluindo as pessoas.

3.3 Metodologias de avaliação visual da qualidade do solo selecionadas para este estudo

Durante o levantamento do estado da arte sobre avaliação visual da qualidade do solo, foram selecionadas para este estudo as metodologias descritas a seguir.

3.3.1 Melloni (2001)

Melloni (2001) selecionou sítios de estudo em áreas de mineração pertencentes à empresa ALCOA Alumínio S/A, localizada no município de Poços de Caldas (MG). Para avaliação visual da qualidade do solo desses ambientes, Melloni (2001) desenvolveu uma planilha na Universidade Federal de Lavras, por meio da qual cinco avaliadores atribuíram notas de 0 (pior) a 5 (melhor ou referência) para diversas características dos solos avaliados.

Entre os atributos avaliados estão: erosão, pedregosidade, fauna do solo, índice de cobertura, índice de diversidade, porte/estratificação, vigor da vegetação, sucessão na vegetação, quantidade de serapilheira, decomposição da serapilheira, incorporação da serapilheira no solo e fauna.

Muitas vezes a fauna é responsável pela liberação de matéria orgânica e nutrientes para o ambiente por meio das excretas e pela dispersão de sementes, o que auxilia na recuperação de ambientes em diversos estágios de sucessão (REIS et al., 2003).

Exemplos e aplicações dessa metodologia podem ser obtidos em Silveira, Melloni e Pereira (2004), Mendes, Melloni e Melloni (2006), Melloni et al. (2008), Zanella et al. (2009), entre outros.

3.3.2 Casalinho (2003)

A metodologia participativa utilizada por Casalinho (2003) também é um exemplo da importância da participação do agricultor em processos de avaliação e monitoramento da qualidade do solo. Seu trabalho foi desenvolvido junto a agricultores do Rio Grande do Sul e avaliou o desempenho de cada indicador utilizando três níveis de limitação: alto, médio e baixo, que retratam as condições do solo no momento da avaliação pelo agricultor, no qual o nível de limitação baixo representa a melhor qualidade do solo. O objetivo da metodologia foi desenvolver uma ferramenta para monitoramento da qualidade do solo e ao final foi gerado e testado um modelo considerado compreensível e facilmente executável pelos agricultores.

Exemplos e aplicações dessa metodologia podem ser obtidos em Lima e Montanary (2001), Arcoverde (2013), Fey et al. (2013) e Rosset et al. (2014), entre outros.

3.3.3 Nicholls et al. (2004)

Nicholls et al. (2004) desenvolveram uma metodologia a ser aplicada simultaneamente em várias fazendas no norte da Califórnia, Estados Unidos. É uma metodologia prática para avaliar rapidamente a qualidade do solo e a saúde de sistemas de cultura de uvas para produção de vinhos.

Em sua metodologia, cada indicador recebe uma nota de 1 a 10 e existe uma definição das características correspondentes a nota 1, 5 e 10 para que os valores designados para os indicadores sejam somados e divididos pelo número de indicadores analisados. Assim, as propriedades que apresentaram um valor médio geral inferior a 5 para qualidade do solo e/ou saúde do cultivo são consideradas abaixo do valor de sustentabilidade.

Exemplos e aplicações dessa metodologia podem ser obtidos em Altieri e Nicholls (2005), Ferreira (2005) e outros estudos.

3.3.4 Manual *Visual Soil Assessment* (2005)

O Manual *Visual Soil Assessment* - VSA (2005) foi uma das metodologias desenvolvidas que uniu a participação dos agricultores com seu conhecimento popular e os avanços tecnológicos para a obtenção de resultados mais reais no campo. Essa metodologia foi desenvolvida no Reino Unido com o objetivo de implementar uma gestão sustentável do solo em toda a Europa.

Este manual traz uma metodologia baseada em indicadores-chave que pode ser aplicada de forma simples, rápida e econômica para avaliação visual da qualidade dos solos e apresenta um modelo de caderneta de campo elaborada a partir da técnica de avaliação visual. Essa caderneta de campo possui fotos que podem ser comparadas com as áreas avaliadas.

Os dados da caderneta são baseados na variação dos atributos em relação a uma área não cultivada (floresta). O Manual *Visual Soil Assessment*, ou VSA, é baseado na avaliação visual dos principais indicadores da condição do solo e desempenho da planta. Para cada indicador é atribuída uma pontuação visual de 0 (ruim), 1 (moderada) ou 2 (bom) com base na condição do solo observada, sendo que esse método permite uma pontuação flexível, ou seja, se a amostra avaliada não for parecida com as fotos do guia de campo, mas situar-se entre duas paisagens, é possível pontuar o solo com uma nota 0,5 ou 1,5. Para se obter o resultado

da qualidade do solo as notas são multiplicadas por diferentes pesos e posteriormente somadas.

O processo de avaliação dessa metodologia leva cerca de quinze minutos por amostra, sendo que a área deve ser avaliada em três ou quatro locais. Os locais pisoteados ou erodidos devem ser excluídos ou evitados, permitindo a avaliação correta de um solo relativamente inalterado. Essas áreas somente deverão ser escolhidas para avaliar, por exemplo, os efeitos de tráfego de veículos e animais em comparação com áreas de baixo ou nenhum tráfego.

Um exemplo e aplicação dessa metodologia está representada no trabalho de Niero et al. (2010).

3.3.5 Carlesi (2008)

No sul do Uruguai, Carlesi (2008) selecionou dez agricultores que trabalhavam com sistemas de manejo orgânico e convencional, cuja principal atividade econômica fosse a olericultura.

Essa metodologia participativa objetivou identificar indicadores de qualidade do solo a partir do conhecimento local e avaliar a sustentabilidade ambiental destas unidades familiares por meio de indicadores visuais. Esse tipo de avaliação proporcionou aos agricultores maior conhecimento quanto ao manejo das áreas e os técnicos puderam aplicar seu conhecimento com maior aproximação da realidade.

Com a seleção dos indicadores, Carlesi (2008) elaborou uma planilha simples com indicadores relacionados a atributos físicos e conteúdo de matéria orgânica do solo que podem ser pontuados com as notas 1 para situações onde o solo é pobre, 3 para situações medianas ou 5 para solos que apresentam uma boa condição para determinado indicador.

Exemplos e aplicações dessa metodologia podem ser obtidos em Comin et al. (2011), Silva (2011), Shiavon (2012) e outros estudos.

4 METODOLOGIA

As atividades desenvolvidas neste estudo foram divididas em etapas. Para facilitar a organização e o entendimento sobre a execução do trabalho foi elaborado um fluxograma geral da metodologia empregada, apresentado na Figura 4. 1.

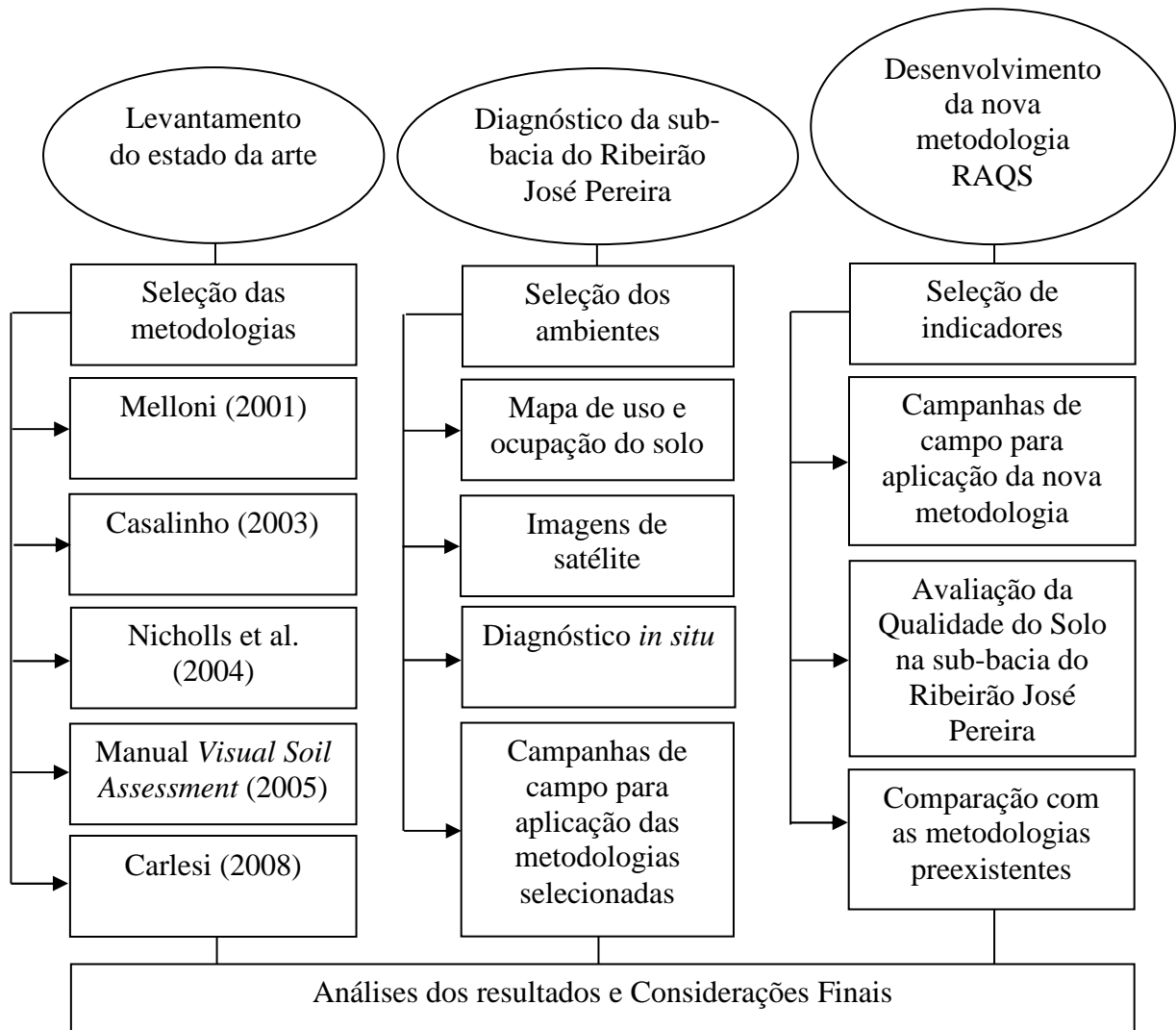


Figura 4. 1. Fluxograma geral das atividades

O levantamento do estado da arte e seleção das metodologias encontra-se detalhado no item 3.3.

4.1 Diagnóstico da sub-bacia do Ribeirão José Pereira

4.1.1 Caracterização dos ambientes

Itajubá, ao sul do Estado de Minas Gerais, ocupa uma área de 294,835 km² com uma população de 94.940 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2013). O município tem altitudes que podem variar de 830 a 1740 metros com topografia do tipo ondulada-montanhosa. O rio Sapucaí é o grande rio de Itajubá, atravessando a cidade desde o bairro Santa Rosa até o Boa Vista. À margem direita, o mais importante dos seus afluentes é o Ribeirão José Pereira.

A sub-bacia do Ribeirão José Pereira está situada integralmente no município de Itajubá ocupando 14% de seu território, incluindo a zona rural e urbana, com uma área de aproximadamente 40 km². Este ribeirão nasce na Reserva Biológica Serra dos Toledos, um importante remanescente de Mata Atlântica da região, e passa pelos bairros Cruzeiro, Pinheirinho, BPS e Centro até desaguar no rio Sapucaí. É delimitada ao norte, pelas serras do Juru e dos Toledos, ao sul, pela Serra da Pedra Amarela, a leste, pela Serra da Água Limpa e a oeste por pequenos divisores que a separam da bacia do rio Sapucaí (FLAUZINO, 2012).

A classificação climática de Koppen-Geiger determina que a sub-bacia do Ribeirão José Pereira apresenta, em sua maioria, o clima Cwa - temperado úmido com inverno seco (temperaturas inferiores a 18 °C) e verão quente (temperaturas superiores a 22 °C). Apenas em uma pequena porção noroeste da sub-bacia ocorre o clima Cwb - subtropical de altitude com inverno seco e verão ameno, sendo que nessa região a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C.

Segundo Flauzino (2012), a sub-bacia do Ribeirão José Pereira apresenta quatro classes de solos, sendo:

- Cambissolos Háplicos: ocupam 26 % da área e encontram-se, sobretudo, no relevo montanhoso, onde os processos de intensa erosão não permitem o aprofundamento e envelhecimento do perfil.

- Gleissolos: ocupam 7 % da sub-bacia, principalmente em locais baixos, onde ocorre acúmulo de água, condicionando aos solos características hidromórficas. O horizonte glei apresenta maior porcentagem de areia e menor de argila e possui estrutura maciça e textura média com cores acinzentadas e presença de mosqueados.

- Latossolos: predominam no relevo plano-ondulado, principalmente nos topos de morros, ocupando 6 % da área. É comum encontrar estrutura granular e subangulares, de grau moderado a forte, textura média no horizonte superficial e argilosa nos demais.

- Argissolos: são a classe de solo dominante na sub-bacia, representando 56 % da área, ocupam o relevo ondulado e forte ondulado, nos quais predomina a estrutura em blocos angulares e subangulares. A maior parte dos perfis apresenta textura média nos horizontes superficiais e argilosa nos subsuperficiais, principalmente em função do processo de translocação do horizonte A ao B. Em alguns perfis é possível identificar, ainda, uma mudança textural abrupta.

A sub-bacia do Ribeirão José Pereira está inserida no bioma Mata Atlântica com vegetação primária definida como Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 1992). Segundo Flauzino (2012), a Reserva Biológica Serra dos Toledos é o maior remanescente de Mata Atlântica na sub-bacia com cobertura vegetal original de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, mas a maior parte da reserva é composta por vegetação secundária.

4.1.2 Seleção dos ambientes

A sub-bacia do Ribeirão José Pereira é bastante ampla se comparada com outras sub-bacias do Rio Sapucaí no município de Itajubá. Por isso, foi necessário definir algumas condições para determinar quais ambientes seriam objetos do estudo.

Assim, buscou-se verificar no mapa de uso e ocupação do solo elaborado por Flauzino (2012) ambientes de cultura, mata/floresta, pastagem e solo exposto (Figura 4. 2).

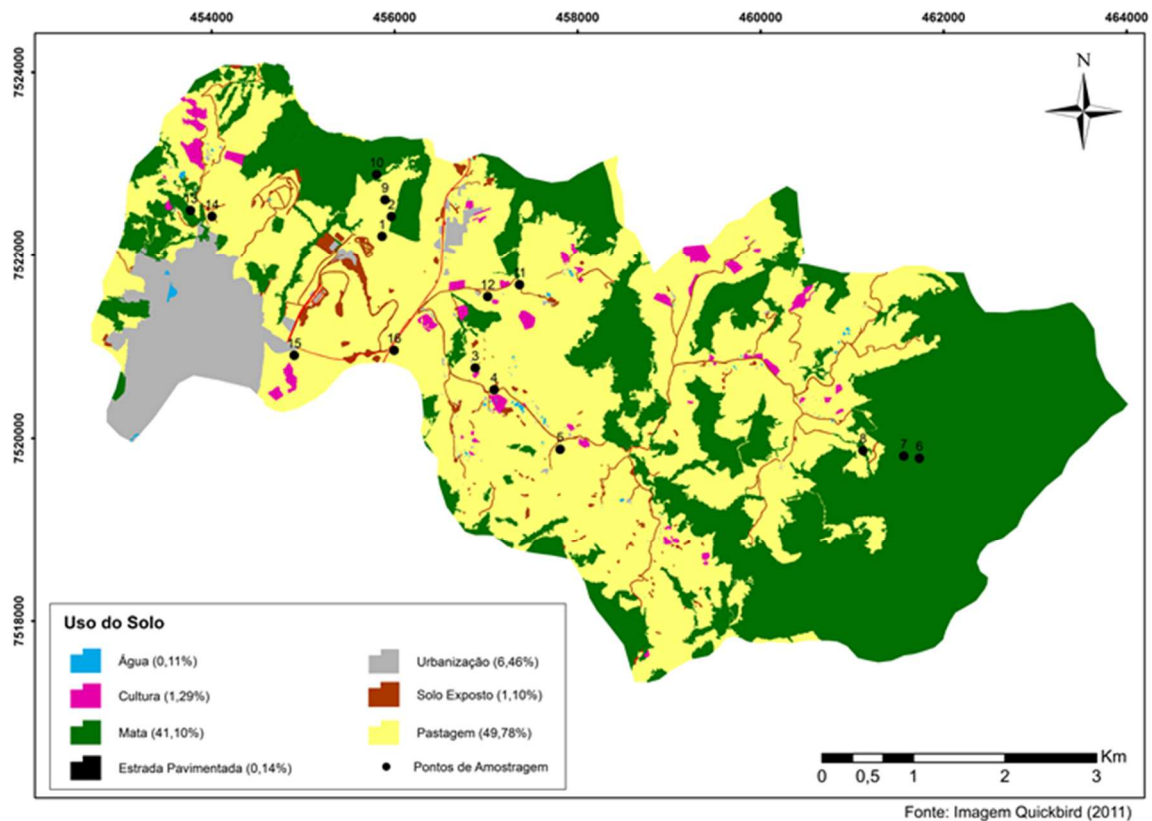


Figura 4. 2 Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia do Ribeirão José Pereira. Fonte: Adaptado de Flauzino (2012)

Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU (2005), mata é uma palavra usada para designar uma vegetação mais densa de formações diversas e floresta é uma região de, no mínimo, meio hectare, com uma cobertura arbórea de, pelo menos, 10 % de sua área e cujas árvores tenham cinco metros de altura ou mais. Para este estudo, portanto, todas as áreas de mata avaliadas foram denominadas de florestas.

Os ambientes de cultura (1,29%), sobretudo de olerícolas, e solo exposto (1,10%) não foram selecionados para este estudo, pois são relativamente pequenos se comparados com todos os outros usos representados no referido mapa.

Os ambientes de floresta (41,10%) foram selecionados pois são comumente utilizados como valores de referência para este tipo de avaliação e as pastagens (49,78%) também foram selecionadas devido à abundância desses ambientes na sub-bacia.

Como não é possível observar a situação das florestas e pastagens por meio do mapa de uso e ocupação do solo, acessaram-se imagens de satélite de janeiro de 2012 disponíveis no Google Earth.

Posteriormente, foi realizado, em dezembro de 2013, um diagnóstico *in situ* com visitas na sub-bacia para se fazer um levantamento da situação dos principais ambientes observados nas imagens de satélite.

Nesse contexto, foram definidos 16 ambientes, entre eles ambientes de floresta (FL), capoeira (CAP), pastos nativos (PN) e pastos de braquiária (PB).

Ambientes de capoeira são ambientes com vegetação que surge após a destruição da cobertura vegetal primitiva por ação antrópica para serem utilizados na pecuária e agricultura. Com posterior abandono, esses ambientes sofrem uma sucessão natural dividida em fases de colonização (RODRIGUES, 2005).

Pastos nativos são áreas de vegetação com espécies forrageiras naturais da região utilizadas para pastoreio. As pastagens nativas estão presentes geralmente nas áreas marginais, que apresentam limitações físicas ou químicas para cultivos agrícolas. Essas limitações podem ser em razão da baixa precipitação, topografia inadequada, drenagem deficiente, de solos de baixa fertilidade ou pedregosos, altitude, entre outras (SANTOS et al., 2012).

Pastos de braquiária são pastos muito comuns na sub-bacia do Ribeirão José Pereira. São pastagens plantadas dominadas por gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria*, sobretudo da espécie *Brachiaria decumbens*.

Como ocorre um número significativo desses ambientes e, procurando caracterizar toda a sub-bacia do Ribeirão José Pereira, foram selecionados aqueles considerados representativos devido às grandes dimensões e ocorrência em posições estratégicas da paisagem.

4.1.3 Campanhas de campo para aplicação das metodologias selecionadas

As campanhas para avaliação da qualidade do solo por meio das metodologias selecionadas ocorreram no período de 01 de abril e 18 de junho de 2014.

Os ambientes avaliados foram divididos em “falsas repetições” de acordo com o número de avaliadores, ou seja, foram avaliadas, no mínimo, quatro “falsas repetições” no campo de forma que cada avaliador atribuisse sua nota individualmente.

Os pontos avaliados foram georreferenciados com o auxílio de um GPS - Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global) da marca Garmin para possibilitar a identificação das características dos ambientes nos mapas hipsométrico (Figura 4. 3), de declividade (Figura 4. 4), de domínios geomorfológicos (Figura 4. 5) e de solos (

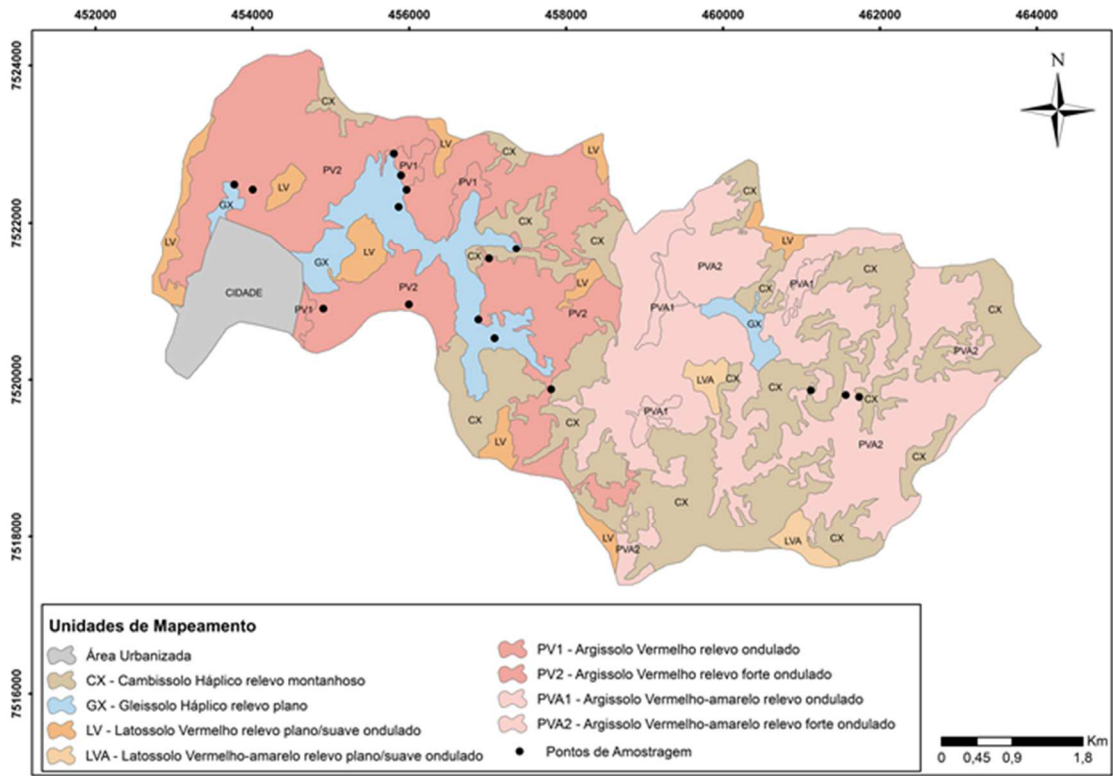


Figura 4. 6) elaborados por Flauzino (2012).

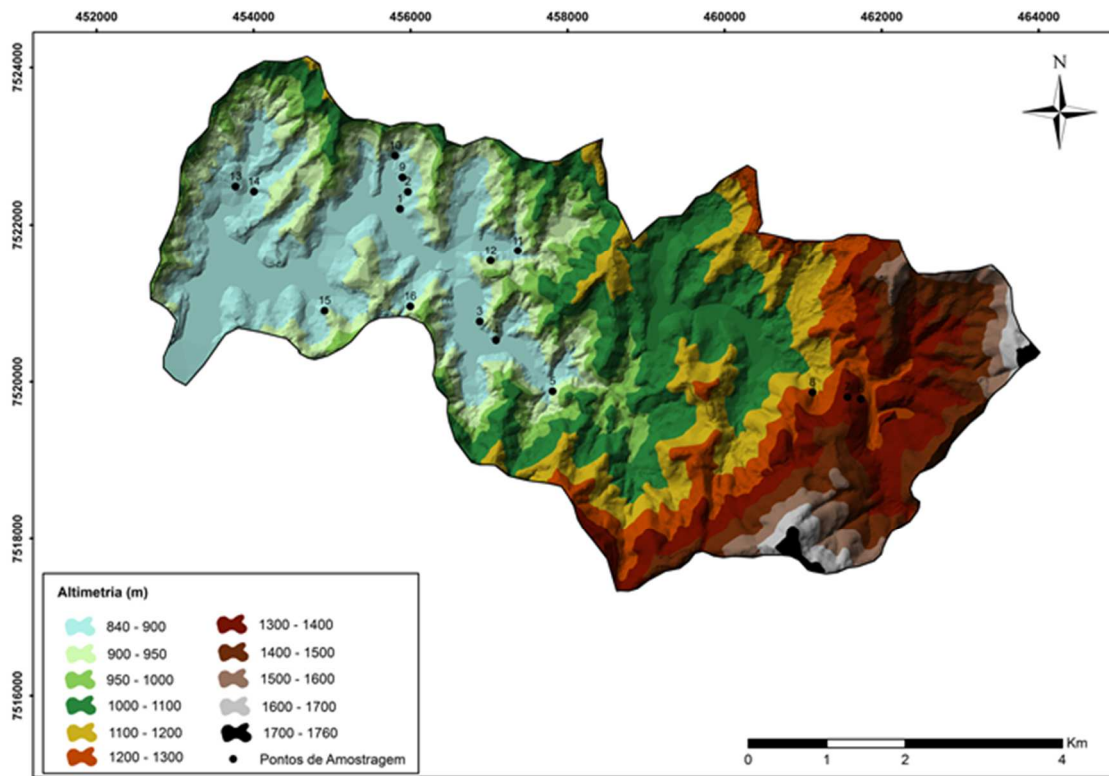


Figura 4. 3 Mapa hipsométrico da sub-bacia do Ribeirão José Pereira. Fonte: Adaptado de Flauzino (2012)

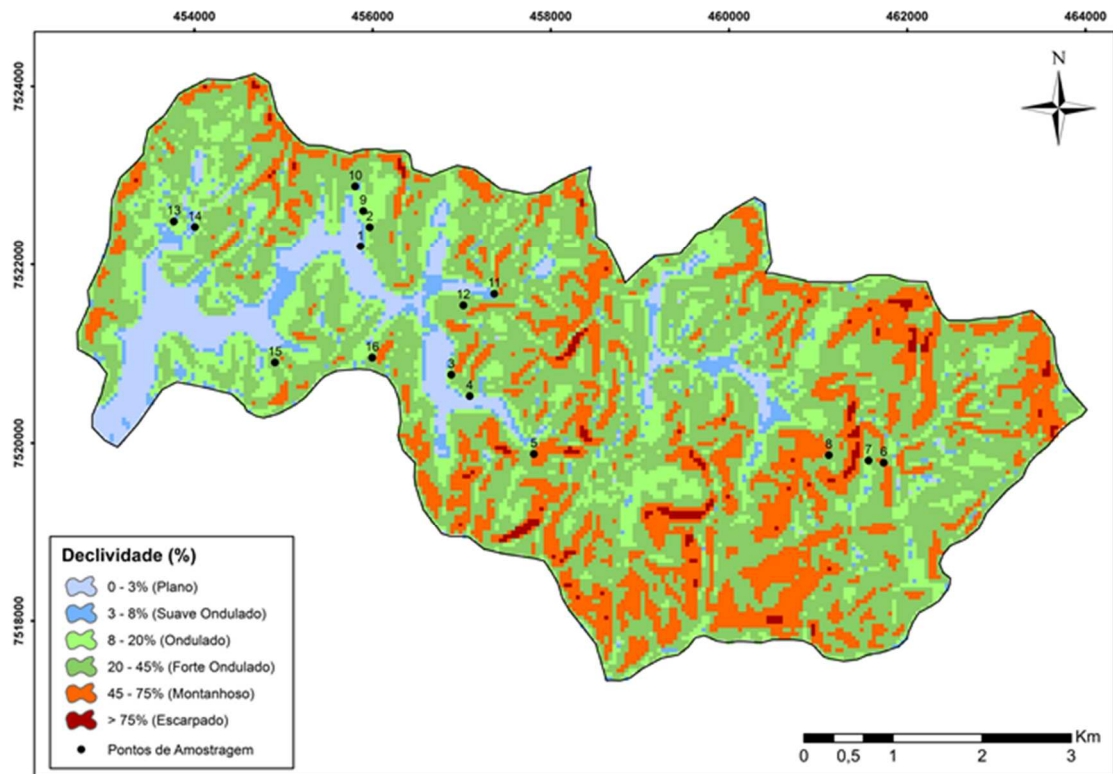


Figura 4. 4 Mapa de declividade da sub-bacia do Ribeirão José Pereira. Fonte: Adaptado de Flauzino (2012)

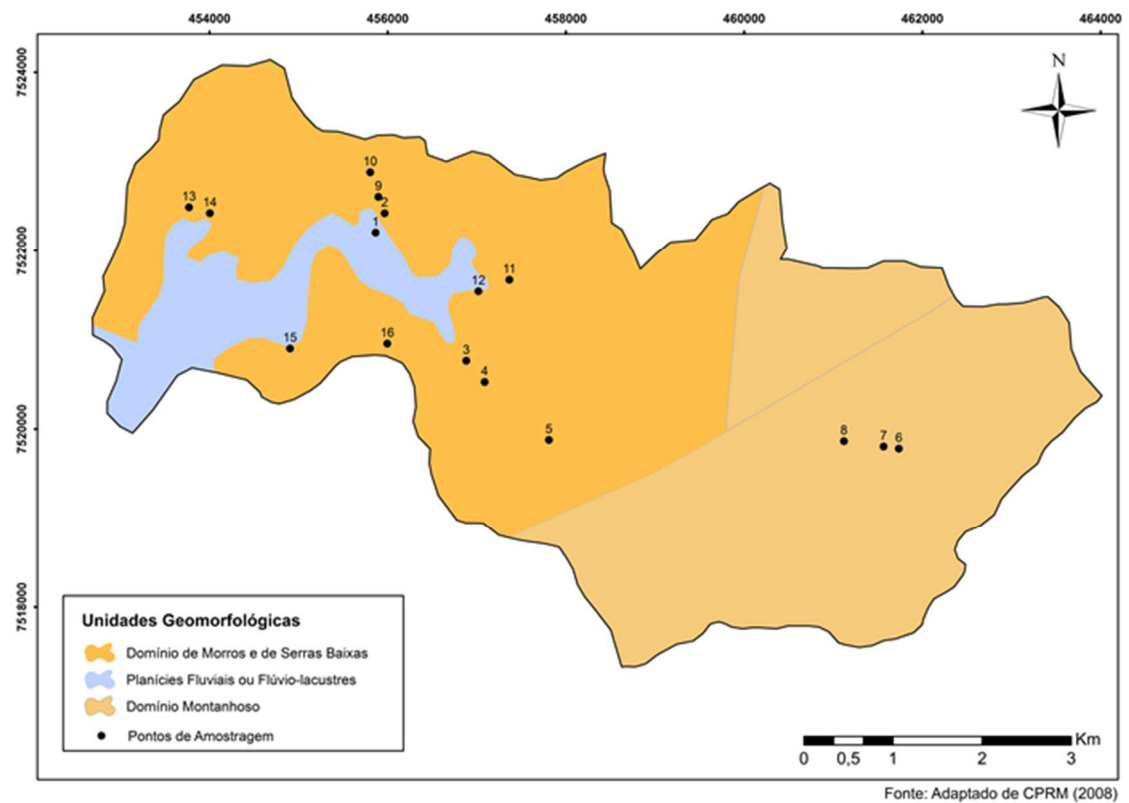


Figura 4. 5 Mapa de unidades geomorfológicas da sub-bacia do Ribeirão José Pereira. Fonte: Adaptado de Flauzino (2012)

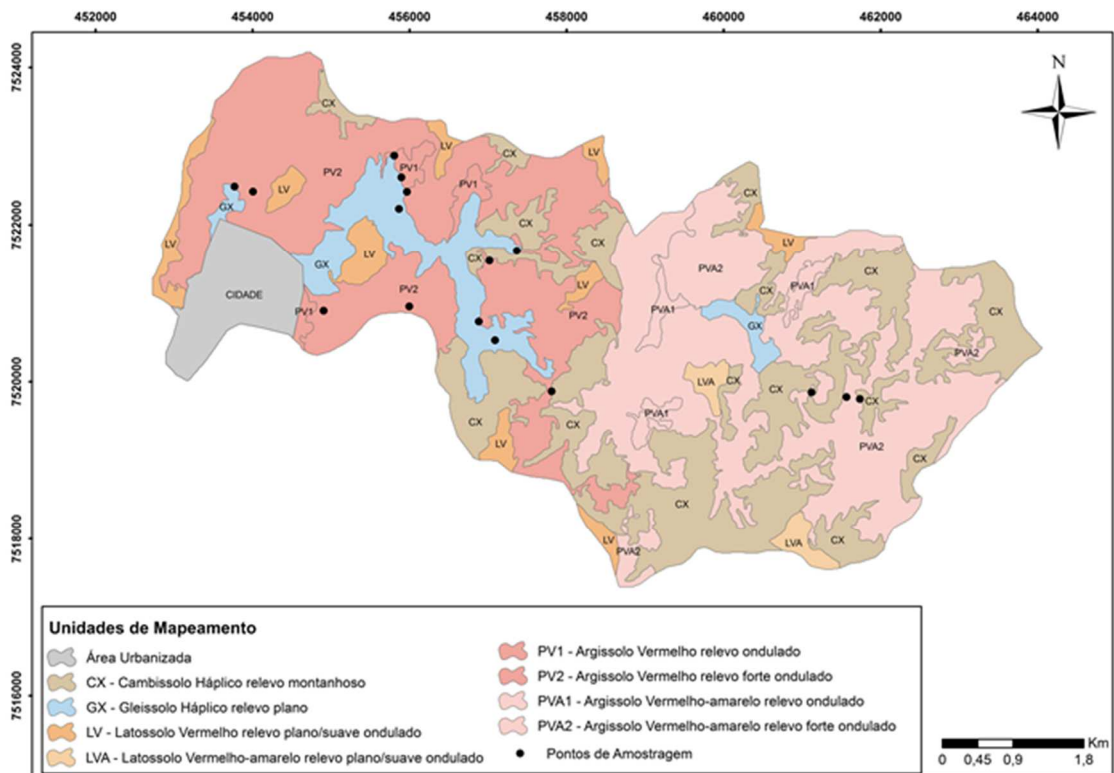


Figura 4. 6 Mapa de solos da sub-bacia do Ribeirão José Pereira.

Fonte: Adaptado de Flauzino (2012)

Para facilitar a avaliação no campo, todas as planilhas elaboradas para as metodologias de avaliação visual da qualidade do solo propostas por Melloni (2001), Casalinho (2003), Nicholls et al. (2004), Manual *Visual Soil Assessment* (2005) e Carlesi (2008) sofreram algumas adaptações.

No estudo de Melloni (2001), utilizou-se uma planilha para avaliação visual de indicadores de solo, vegetação e fauna da sub-bacia do Ribeirão José Pereira (Anexo A).

Para aplicação desta e de todas as outras metodologias foi necessário retirar, com o auxílio de enxadinha, a camada superficial do solo (0-10 cm), possibilitando a avaliação dos atributos, sendo que todos os indicadores propostos por Melloni (2001) não podem receber notas com valores decimais (Figura 4. 7).



Figura 4. 7 Limpeza da camada superficial do solo (a) Detalhe da retirada da amostra; (b) Vista geral da amostra retirada para início da aplicação da metodologia de avaliação visual da qualidade do solo

A erosão, por exemplo, pode ser identificada pela ausência de cobertura vegetal até a presença de sulcos ou valetas, sendo que a nota 5 foi atribuída a um solo sem nenhum indício de erosão. Da mesma forma, a melhor nota foi atribuída à inexistência de fragmentos de rocha na área avaliada.

Para a fauna do solo, a melhor nota é a 3 que foi atribuída a solos com a efetiva presença de formigas, minhocas, gafanhotos, besouros, aranhas, entre outros (Figura 4. 8). A presença da fauna edáfica no solo pode estar relacionada à presença de cobertura vegetal e/ou matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes e melhor aeração e infiltração de água, pois é um fator atuante nos processos de movimentação de partículas, ciclagem de nutrientes e proporcionam ao solo o aumento da aeração e da taxa de infiltração de água (STEFFEN et al., 2013).



Figura 4. 8 Avaliação visual da fauna do solo (a) Presença de minhocas no ambiente 3; (b) Presença de caramujo no ambiente 7

Os indicadores de vegetação são índice de cobertura, índice de diversidade, porte/estratificação, vigor da vegetação, sucessão na vegetação, quantidade de serapilheira, decomposição da serapilheira e incorporação no solo (Figura 4. 9). Esses atributos

apresentaram notas de 0 a 5 e foram avaliados separadamente, pois diversos solos podem, por exemplo, apresentar alto índice de cobertura e índice de diversidade muito baixo ou grande quantidade de serapilheira sem a decomposição da mesma e incorporação ao solo quase nula, entre outros fatores.



Figura 4. 9 Avaliação visual da serapilheira no solo (a) Ambiente 7; (b) Ambiente 9; (c) Ambiente 13

A avaliação dos ambientes selecionados por meio da metodologia de Casalinho (2003) foi facilitada pela planilha detalhada proposta pelo autor, onde os indicadores foram descritos minuciosamente em cada nível de limitação (Anexo B).

Foram utilizados os níveis de limitação para avaliação das áreas, o que corresponde às limitações alta, média e baixa para avaliação do desempenho dos indicadores. Para este estudo, as classificações A, M e B foram transformadas nos valores 1 (alta limitação), 3 (média limitação) e 5 (baixa limitação), considerando que quanto melhor a qualidade do solo, menor será sua limitação. Dessa forma, foi possível fazer a média das notas atribuídas pelos diferentes avaliadores para os diferentes indicadores.

Os ambientes avaliados foram divididos em glebas, nas quais foram selecionados quatro pontos para coleta de amostras de solo nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm com o auxílio da enxadinha, conforme procedimentos sugeridos por diversos autores (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1998; EMBRAPA, 1997; PAULETTO, 1997; TEDESCO et al., 1995; STOLF, 1991; VANCE et al., 1987; MEINICKE, 1983 apud CASALINHO et al., 2007).

Após a retirada das amostras de solo, adicionou-se água na superfície do solo para verificar a infiltração e porosidade e colocou-se uma pequena quantidade de água oxigenada 10 volumes em uma amostra de solo úmido para verificar a formação de efervescência (bolhas) que são evidências da presença de organismos e de atividade biológica no solo conforme representado pela Figura 4. **10**.



Figura 4. 10 Avaliação visual da atividade de organismos no solo (a) Sem efervescência no ambiente 15; (b) Pouca efervescência no ambiente 3; (c) Muita efervescência no ambiente 16

A planilha utilizada para avaliação da qualidade do solo por meio dessa metodologia não permite que o avaliador coloque a sua nota, mas apenas marque um X entre as opções existentes (Anexo C).

Entre os atributos avaliados estão: estrutura; compactação; profundidade do solo; estado dos resíduos orgânicos na superfície; cor, odor e matéria orgânica e competição e supressão de plantas espontâneas.

Foi utilizada a enxadinha para remover um bloco de solo e possibilitar a avaliação dos atributos. Cada indicador foi avaliado separadamente, sendo atribuído um valor de 1 a 10, sendo 1 o valor mínimo desejável, 5 o valor moderado e 10 o valor que reflete a melhor condição para o indicador que está sendo avaliado.

Para o indicador "Compactação", o valor 1 é dado a um solo compactado, ou seja, ao tentar penetrar um arame, este encurva-se facilmente. O valor 5 é aplicado a um solo com fina camada compactada, com alguma restrição à penetração do arame e 10 é a nota atribuída para um solo sem compactação, onde o arame penetra com facilidade. Para este estudo foi utilizado um arame galvanizado de 25 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro aplicando-se uma força moderada para a penetração do arame (Figura 4. 11).



Figura 4. 11 Avaliação da compactação do solo

Outro item avaliado nessa metodologia requer que o solo seja cheirado para avaliar se existe um odor químico, se o solo não apresenta odor ou se há um odor de matéria fresca conforme representado pela Figura 4. 12.



Figura 4. 12 Avaliação do odor do solo

Os atributos descritos na caderneta do Manual *Visual Soil Assessment* foram transcritos para uma planilha de avaliação, são eles: estrutura e consistência do solo; porosidade do solo; cor do solo; número e cor dos mosqueados do solo; contagem de minhocas; zonas de compactação; grau de desenvolvimento dos torrões; grau de erosão; taxa de infiltração de água; desenvolvimento da cobertura; altura da vegetação na maturidade; tamanho e desenvolvimento do sistema radicular; doenças do sistema radicular e infestação de plantas daninhas (Anexo D).

Para a avaliação foram utilizadas enxadinha e pá para retirar um cubo de 20 cm do solo superficial ou subsolo, dependendo da profundidade das camadas, e posteriormente realizou-se o teste de quebra. Para o teste, a amostra é solta em uma bacia de uma altura de um metro por no máximo três vezes e compara-se a quantidade, forma e resistência à pressão entre os dedos dos torrões maiores e menores, sendo que para avaliar os outros atributos aproveita-se a amostra de solo retirada (Figura 4. 13).



Figura 4. 13 Avaliação da estrutura e consistência do solo, mostrando diferentes qualidades no (a) Ambiente 14; (b) Ambiente 6; (c) Ambiente 7

A taxa de infiltração de água é avaliada colocando-se uma pequena quantidade de água no solo e observando se a infiltração ocorre de forma rápida ou lenta. Os indicadores de plantas, como o “desenvolvimento das raízes”, devem ser avaliados, preferencialmente, em plantas adultas, mas é importante considerar que esses atributos são da metodologia original que objetivou a avaliação da qualidade do solo de culturas.

Para aplicação da metodologia desenvolvida por Carlesi (2008) utilizou-se sua planilha de avaliação visual da qualidade do solo (Anexo E).

Nessa metodologia, a amostra de solo foi retirada com o auxílio de uma enxadinha e foi colocada sobre uma bacia para facilitar a observação e avaliação. Também foi utilizado um pouco de água para avaliar sua capacidade de retenção. Para avaliação da estrutura do solo, é possível exemplificar da seguinte forma:

- Valor 1: corresponde a um solo que não forma agregados e com aparência de pó. Características associadas: solos compactados, com escasso crescimento radicular e baixo conteúdo de matéria orgânica.

- Valor 3: Solos com agregados que se quebram com alguma pressão.

- Valor 5: Solos com agregados bem formados que desagregam com facilidade. Características associadas: solo solto, poroso, fácil de preparar e com raízes bem desenvolvidas.

A análise dos dados obtidos com a aplicação dessa metodologia foi feita por meio da média dos valores de cada indicador e calculando-se, posteriormente, a média geral dos valores do solo.

As cinco metodologias descritas anteriormente foram aplicadas nos pontos conforme georreferenciados no mapa (Figura 4. 14). As características dos ambientes estão apresentadas na Tabela 4. 1.

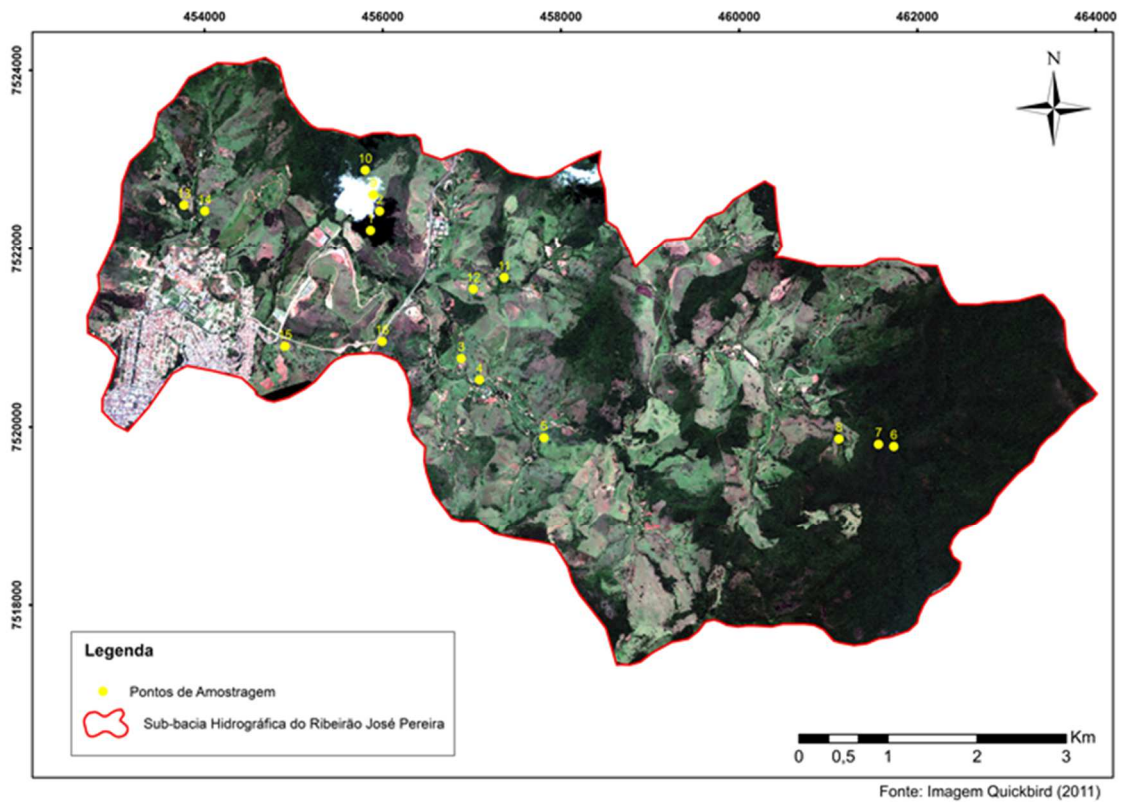


Figura 4. 14 Pontos de avaliação da qualidade do solo. Projeção: Universal Transverse Mercator. Datum: South American 1969. Zona: 23 S. Fonte: Adaptado de Flauzino (2012)

Entre as características estão os pastos considerados bons. "Pastos bons" são aqueles capazes de fornecer quantidades adequadas de forragem para criação de bovinos e equinos (VEIGA, 2005).

É importante ressaltar que os ambientes, amostras e procedimentos foram registrados com câmera fotográfica para facilitar a comparação e permitir futuramente a elaboração de uma caderneta de campo com um guia fotográfico de diferentes solos (Figura 4. 15).

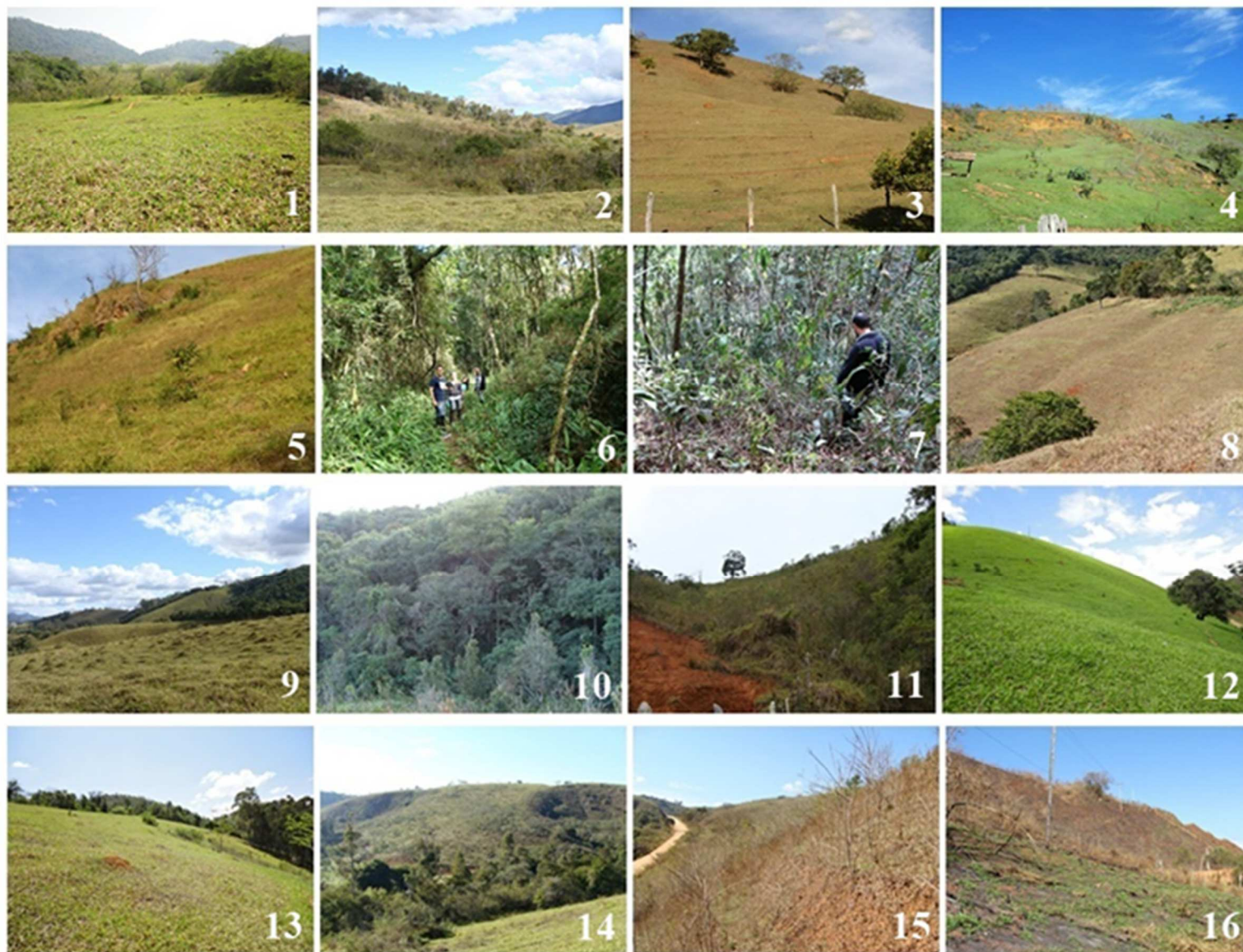


Figura 4. 15 Ambientes selecionados para avaliação visual da qualidade do solo

Tabela 4. 1 Descrição dos ambientes submetidos à avaliação visual da qualidade do solo (continuação)

Ambiente	Características	Datas de Avaliação	Coordenadas (23 K - UTM)	Elevação (metros)	Altitude (metros)	Declividade (%)	Domínio Geomorfológico	Tipo de Solo
PB1	Pasto bom em área plana entre um pasto em sucessão, floresta e zona urbana	29/05/2014 13/10/2014	455864 7522207	862	840-900	0 - 3 % Plano	Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	Gleissolo Háptico
CAP1	Pasto em estágio intermediário de sucessão em área plana entre pasto, floresta e zona urbana	29/05/2014 13/10/2014	455966 7522424	880	840-900	8 - 20 % Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho
PN1	Pasto com início de degradação em área inclinada na zona rural	15/05/2014 03/12/2014	456882 7520765	912	840-900	8 - 20 % Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Gleissolo Háptico
PN2	Pasto degradado em área inclinada na zona rural	15/05/2014 03/12/2014	457089 7520527	896	840-900	8 - 20 % Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Gleissolo Háptico
PB2	Pasto bom em área inclinada na zona rural	15/05/2014 03/12/2014	457810 7519879	910	900-950	20 - 45 % Forte Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho
FL1	Floresta em área plana na Reserva Biológica Serra dos Toledos	21/05/2014 11/11/2014	461736 7519782	1234	1300-1400	45 - 75 % Montanhoso	Domínio Montanhoso	Cambissolo Háptico
FL2	Floresta em área inclinada na Reserva Biológica Serra dos Toledos	21/05/2014 11/11/2014	461565 7519806	1237	1300-1400	20 - 45 % Forte Ondulado	Domínio Montanhoso	Argissolo Vermelho-amarelo

Tabela 4.1. Descrição dos ambientes submetidos à avaliação visual da qualidade do solo (continua)

PB3	Pasto bom em área pouco inclinada em zona rural próximo à Reserva Biológica Serra dos Toledos	21/05/2014 11/11/2014	461120 7519866	1114	1200-1300	20 - 45 % Forte Ondulado	Domínio Montanhoso	Cambissolo Háplico
PB4	Pasto bom em área pouco inclinada a plana próximo a um pasto em sucessão, floresta e área urbana	29/05/2014 13/10/2014	455895 7522608	886	840-900	8 - 20 % Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho
FL3	Floresta em área inclinada próxima a pasto bom, pasto em sucessão	29/05/2014 13/10/2014	455804 7522883	870	840-900	20 - 45 % Forte Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho
CAP2	Pasto em estágio intermediário de sucessão em área inclinada entre pasto, floresta e estrada na zona rural	06/06/2014 03/12/2014	457366 7521670	885	840-900	20 - 45 % Forte Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Gleissolo Háplico
PB5	Pasto bom em área inclinada próximo a estrada na zona rural	06/06/2014 03/12/2014	457018 7521541	882	900-950	20 - 45 % Forte Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho
PB6	Pasto bom em área pouco inclinada próximo à estrada na zona rural	18/06/2014 23/10/2014	453770 7522491	884	840-900	8 - 20 % Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho

Tabela 4.1. Descrição dos ambientes submetidos à avaliação visual da qualidade do solo (conclusão)

CAP3	Pasto em estágio intermediário de sucessão em área inclinada entre pasto, floresta e estrada na zona rural	18/06/2014 23/10/2014	454005 7522426	877	840-900	3 - 8 % Suave Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho
CAP4	Pasto em estágio intermediário de sucessão em área inclinada entre pasto, floresta e estrada na zona rural	18/06/2014 13/10/2014	454904 7520902	873	900-950	20 - 45 % Forte Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho
PB7	Pasto queimado em área inclinada entre pasto e rodovia na zona rural	18/06/2014 23/10/2014	455995 7520956	902	900-950	8 - 20 % Ondulado	Domínio de Morros e de Serras Baixas	Argissolo Vermelho

4.2 Desenvolvimento da nova metodologia RAQS

Um novo modelo de avaliação do solo se baseia em uma combinação de métodos de avaliação visual, modernas bases de dados do solo e testes laboratoriais adicionais quando necessário. A seguir está descrito como foi realizado o desenvolvimento da nova metodologia RAQS - Referência para Avaliação da Qualidade do Solo, proposta abrangendo a seleção dos indicadores, a definição de limites, as pontuações que podem ser atribuídas, bem como sua aplicação em campo.

4.2.1 Seleção dos indicadores, definição de limites e pontuação

Para o desenvolvimento da nova metodologia, observaram-se durante as campanhas de campo para aplicação das metodologias selecionadas quais eram os indicadores mais sensíveis e que melhor representavam a real situação do ambiente. Além disso, os avaliadores foram consultados quanto às dificuldades encontradas para avaliar o solo, utilizando cada metodologia e seus respectivos indicadores.

Para a elaboração da nova metodologia, foram consideradas também outras dificuldades enfrentadas pelos avaliadores. Entre elas estava o fato de não conseguir identificar exatamente qual a situação do solo para cada pontuação quando o indicador não era detalhado, pois somente a metodologia de Casalinho (2003) descrevia as características dos indicadores avaliados para cada pontuação.

Além disso, os avaliadores identificaram solos que não se encaixavam em nenhuma das descrições/pontuações propostas nas metodologias utilizadas. Por exemplo, na metodologia de Melloni (2001) poderiam ser atribuídas notas de 0 a 3 ou de 0 a 5, na metodologia de Casalinho (2003) os solos deveriam ser classificados pelos níveis de limitação A (alto), M (médio) ou B (baixo), na metodologia de Nicholls et al. (2004) poderiam ser as notas 1, 5 ou 10, para o Manual VSA (2005) as notas possíveis eram 0, 1 ou 2 e para a metodologia de Carlesi (2008) poderiam ser atribuídas as notas 1, 3 ou 5.

A nova metodologia abordou características de cada indicador para cada pontuação, abrangendo quatro situações que permitem ao avaliador ampliar sua avaliação visual da qualidade do solo. As quatro notas e respectivas situações atribuídas aos indicadores da nova metodologia foram: 0 (pobre), 1 (moderado), 2 (bom) ou 3 (ótimo).

A seguir serão listados indicadores da nova metodologia RAQS obtidos a partir de cada metodologia selecionada e aplicada na sub-bacia do ribeirão José Pereira.

Por meio da metodologia de Melloni (2001) foram determinados indicadores a partir dos seguintes atributos utilizados por este autor: erosão, pedregosidade, fauna do solo, índice de cobertura, índice de diversidade, porte/estratificação, vigor da vegetação, sucessão na vegetação, quantidade de serapilheira, decomposição da serapilheira, incorporação no solo e fauna.

Os avaliadores demonstraram dificuldade em avaliar o atributo "plantas indicadoras", proposto na metodologia de Casalinho (2003), devido à especificidade das plantas. A metodologia utiliza nomes populares ao invés de nomes científicos para descrever as plantas características de cada nível de limitação. Além disso, as plantas sugeridas podem variar muito de região para região e existe uma grande dificuldade em identificá-las no campo. Para auxiliar nessa identificação pode ser utilizado um guia fotográfico das espécies.

Desta metodologia foram utilizados os seguintes atributos para definir os indicadores da nova metodologia RAQS: compactação, profundidade do solo, erosão, população de minhocas, presença de organismos, aparência da planta, cor do solo, porosidade e plantas indicadoras.

Um dos indicadores utilizados na nova metodologia é o odor do solo, conforme proposto por Nicholls et al. (2004). Entretanto este autor propõe a identificação de um odor químico no solo, o que torna esse indicador restrito a locais muito específicos e pode não ser selecionado como indicador para novas metodologias.

Por isso, optou-se por utilizar o indicador "odor do solo" com características que abrange desde um solo completamente sem odor a um solo com forte odor de matéria fresca devido a grande presença de material orgânico decomposto, excluindo-se o odor químico.

Da metodologia proposta por Nicholls et al. (2004) utilizou-se os seguintes indicadores: estrutura, compactação, profundidade do solo, estado dos resíduos orgânicos na superfície, cor, odor e matéria orgânica, competição e supressão de plantas espontâneas.

Entre os indicadores do Manual *Visual Soil Assessment* (2005) está a infestação de plantas daninhas, sendo que sua presença ou ausência depende da função do solo que se quer atingir. Nesse sentido, a infestação de plantas daninhas pode ser ruim para o manejo na agricultura ou pecuária, pois reduz a produtividade. Já para uma área degradada ou pra uma capoeira, esse indicador pode representar um ganho de cobertura vegetal e aumento da diversidade, quando o interesse é de recuperação do ponto de vista ambiental.

Desta metodologia foram utilizados todos os atributos para auxiliar na definição dos indicadores a serem utilizados na metodologia RAQS, com exceção de: grau de desenvolvimento dos torrões, tamanho e desenvolvimento do sistema radicular e doenças do sistema radicular.

Por meio da metodologia proposta por Carlesi (2008) utilizou-se os seguintes indicadores: profundidade, vegetação e vigor, erosão, estrutura, compactação, cor e matéria orgânica, retenção de água e atividade de microrganismos.

Para a verificação da porosidade do solo é aplicada uma quantidade de água que não foi determinada em nenhuma das metodologias. Para a nova metodologia RAQS definiu-se uma quantidade de 50 mL de água.

O mesmo fato ocorreu para a avaliação da presença e atividade de organismos. Assim, na metodologia RAQS definiu-se uma quantidade de 5 mL para água oxigenada.

Para ambos os casos o procedimento pode ser repetido inúmeras vezes até que o avaliador tenha segurança em atribuir sua nota para o indicador avaliado.

Dessa forma, os indicadores mais representativos selecionados para a nova metodologia foram divididos em indicadores de solo, indicadores de vegetação e indicadores de fauna, pois todos retratam, direta ou indiretamente, a qualidade do solo do local.

Os indicadores de solo selecionados foram: cor e odor; susceptibilidade à erosão; pedregosidade; estrutura e consistência; compactação; porosidade; profundidade da camada superficial; quantidade, decomposição e incorporação da serapilheira no solo; presença e atividade de organismos e fauna.

Os indicadores selecionados para avaliação da vegetação foram: índice de cobertura; índice de diversidade; porte e estratificação; vigor da vegetação; sucessão na vegetação e infestação de plantas daninhas.

E, finalmente, os indicadores de fauna, que representam a presença efetiva ou indícios da presença de anfíbios, répteis, aves ou mamíferos no local.

Assim, as pontuações permitidas para classificação de cada indicador foram: 0 (pobre), 1 (moderado), 2 (bom) e 3 (ótimo), sendo que a menor nota foi atribuída às piores condições e a maior nota para a melhor condição ou qualidade encontrada. Além disso, todos os indicadores propostos não receberam notas com valores decimais.

Os critérios listados, quando da aplicação das metodologias de avaliação visual da qualidade do solo, possibilitaram a definição dos indicadores selecionados para essa nova metodologia e, a partir das conclusões da primeira e segunda etapas deste estudo, foi possível

desenvolver uma planilha com instrumentos de avaliação da qualidade do solo nas mais diferentes escalas (Anexo F).

4.2.2 Campanhas de campo para aplicação da metodologia RAQS

Para avaliação da qualidade do solo por meio da nova metodologia foi necessário retirar, com o auxílio da enxadinha, a camada superficial do solo (0-10 cm), possibilitando a avaliação de parte dos atributos citados.

Após a retirada das amostras de solo, os avaliadores prosseguiram com a avaliação do solo com os indicadores descritos na tabela de aplicação da metodologia. Cada indicador foi avaliado separadamente e atribuído a ele um valor de 0 a 3, sendo 0 o valor mínimo desejável e 3 o valor que reflete a melhor condição ou qualidade para o indicador que está sendo avaliado.

O primeiro passo que requer a determinação do odor do solo, sendo que entre as opções de descrição desse indicador estão solos com a cor do material de origem e sem odor, até cores mais escuras e odor de matéria fresca, pela forte presença de material orgânico decomposto.

Posteriormente, verificou-se se o ambiente é susceptível à erosão, pois esse indicador foi sugerido em todas as metodologias selecionadas neste estudo. Para este indicador, a pior situação é quando a área apresenta muitos sulcos ou valetas e ou ausência de vegetação/resíduos na superfície. Essa situação costuma ocorrer em ambientes muito inclinados, mas não foi encontrada em nenhum ambiente avaliado na sub-bacia do Ribeirão José Pereira.

O indicador pedregosidade, sugerido por Melloni (2001), exige que o avaliador estime, de forma visual, a porcentagem de fragmentos de rocha na superfície do ambiente selecionado, sendo que a pior situação é um solo muito pedregoso (> 50 % da superfície total) pois torna-se uma limitação a diversos fatores, entre eles o crescimento de plantas.

Para avaliação da estrutura e consistência do solo sugerida por Nicholls et al. (2004), Manual VSA (2005) e Carlesi (2008), é necessário realizar uma análise visual e tátil, pois assim é possível verificar a forma e a resistência dos agregados quando submetidos à pressão.

Para a avaliação do indicador “compactação”, optou-se pela utilização de um arame, conforme metodologia proposta por Nicholls et al. (2004). O valor 0 é atribuído a um solo compactado, ou seja, ao tentar penetrar um arame, este encurva-se facilmente, e o valor 3 é aplicado a um solo "fofo", sem compactação, onde o arame penetra facilmente.

A avaliação da porosidade do solo foi realizada colocando-se uma pequena quantidade de água na superfície do solo e observando-se o tempo da infiltração, conforme recomendado pelo Manual VSA (2005) e pelo autor Casalinho (2003) e Carlesi (2008) e ilustrado na Figura 4. **16Erro! Fonte de referência não encontrada..**



Figura 4. 16 Avaliação da porosidade do solo (a) Adição de água ao solo para avaliação da porosidade; (b) Análise visual da velocidade de infiltração; (c) Avaliação final da infiltração de água no solo do ambiente 11

Com relação à profundidade da camada superficial do solo, deve-se observar as camadas do solo sempre que possível, sendo que a menor nota é atribuída a solos com camada superficial ausente e subsolo exposto, como sugerido nas metodologias de Nicholls et al. (2004), Casalinho (2003) e Carlesi (2008).

A quantidade, decomposição e incorporação da serapilheira podem variar muito de um solo para outro. Por isso, é importante considerar que em alguns ambientes possa ocorrer, por exemplo, grande quantidade de serapilheira, com baixa decomposição e incorporação da mesma no solo. A avaliação desse indicador pode ser feita, de acordo com Melloni (2001), recolhendo-se amostras da serapilheira que se encontra na superfície do solo e observando sua quantidade e decomposição. No entanto, para avaliar a incorporação é necessário observar sua presença em amostra de solo subsuperficial, com o auxílio de enxadinha.

Para avaliação da atividade de organismos colocou-se uma pequena quantidade de água oxigenada 10 volumes em uma amostra de solo úmido para verificar a formação de efervescência ou bolhas, que são evidências da presença de organismos e de atividade biológica no solo, conforme metodologia proposta por Casalinho (2003).

Isso ocorre porque a decomposição desses organismos e ou de seus produtos pela água oxigenada (peróxido de hidrogênio) resulta em oxigênio e água, sendo que o oxigênio é o responsável pela efervescência observada durante a avaliação. A destruição de substâncias orgânicas em solos ricos é muito maior e, por isso, observa-se maior efervescência (VERDADE, 1954).

Para a fauna do solo, indicador proposto nas metodologias de Melloni (2001), Casalinho (2003) e Manual VSA (2005) foi atribuída a nota 3 para solos com fortes indícios e a efetiva presença de formigas, minhocas, gafanhotos, besouros, aranhas, cupins, entre outros.

Posteriormente à avaliação dos indicadores de solo, iniciou-se a avaliação dos indicadores de vegetação. O primeiro indicador foi o “índice de cobertura”, por meio do qual o avaliador verifica a porcentagem de solo coberto com planta ou resíduos, conforme recomendação de Melloni (2001), que possui relação direta com a ocorrência de processos erosivos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**Figura 4. 17).



Figura 4. 17 Avaliação visual do índice de cobertura do solo (a) Muito coberto; (b) Pouco coberto; (c) Sem cobertura

O “índice de diversidade” de plantas considera a variedade de espécies vegetais, abrangendo desde ambientes sem nenhuma espécie de cobertura até aqueles com grande variedade de espécies. Estas áreas, por sua vez, devem receber as maiores notas pois representam uma maior capacidade de suportar as adversidades e de dispersão de espécies auxiliando na recuperação de outras áreas. Da mesma forma, as áreas que apresentam todos os estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo, devem receber a maior nota, conforme proposto por Melloni (2001).

Com relação ao “vigor da vegetação”, ambientes com ausência de plantas ou muitas falhas, mínimo desenvolvimento, coloração esbranquiçada, doentes ou muito atacadas por insetos podem indicar solos que não são capazes de suprir as suas necessidades nutricionais. Para esse indicador, a melhor nota foi atribuída a um ambiente com plantas visualmente mais saudáveis, desenvolvimento normal, vigorosas, com muito viço e resistentes ao ataque de doenças e insetos.

Mesmo com diferentes definições, a presença de plantas daninhas está entre os indicadores propostos por Melloni (2001), Casalinho (2003), Nicholls et al. (2004) e Manual VSA (2005).

A melhor situação/nota para o indicador “sucessão na vegetação” se dá quando há ocorrência intensa de espécies não introduzidas pelo homem, o que indica que o ambiente está se recuperando naturalmente (Figura 4. 18). Entre essas espécies estão as plantas daninhas, que costumam ser as pioneiras nas áreas em recuperação. Portanto, áreas com grande quantidade e diversidade de plantas daninhas devem receber as maiores notas de acordo com sua função.



Figura 4. 18 Avaliação visual de plantas daninhas (a) Ambiente 14; (b) Presença de planta daninha

A infestação de plantas daninhas, bem como outros indicadores de vegetação, pode influenciar negativamente uma cultura ou para um pasto voltado para a pecuária, pois reduzem a produtividade. Entretanto, para um pasto degradado ou em diversos estágios de sucessão que não serão mais utilizados para esse fim, a presença dessas plantas pode ser avaliada de forma positiva pois aumenta a cobertura do solo, contribuindo para redução de processos erosivos, além de atuarem como hospedeiros de animais e microrganismos do solo, fundamentais para a recuperação do ambiente.

Outro atributo selecionado para avaliação visual da qualidade do solo é a “fauna”, conforme proposto na metodologia de Melloni (2001) e que está representado pela Figura 4. 19.

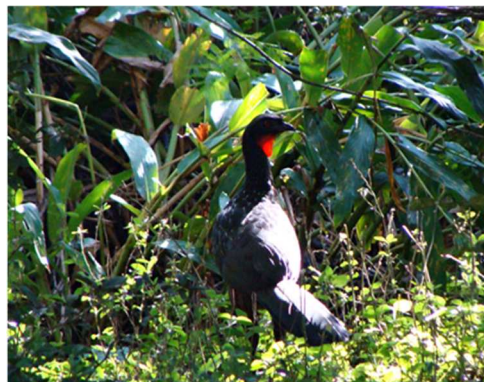


Figura 4. 19 Avaliação da fauna no ambiente 14

4.3 Cálculo do Índice de Qualidade do Solo (IQS)

Os itens avaliados pela metodologia de Melloni (2001) receberam notas que, posteriormente, foram ponderadas em função da importância atribuída à sua condição e reabilitação, ou seja, o peso atribuído a cada atributo é referente à contribuição relativa do mesmo, sendo que para o ambiente ideal foi atribuído o valor de 100 % (Apêndice A).

A metodologia proposta por Casalinho (2003) requer a avaliação dos indicadores identificando seu desempenho, o que representa seu nível de limitação. Por isso, nessa avaliação foram atribuídas as letras A, M e B que correspondem à alta, média e baixa limitação respectivamente, ou seja, quanto melhor o solo de um ambiente, menor será sua limitação.

Para este estudo, as classificações foram transformadas nos valores 1 (alta limitação), 3 (média limitação) e 5 (baixa limitação). Dessa forma, foi possível fazer a média das notas atribuídas pelos diferentes avaliadores para os diferentes indicadores (Apêndice B).

Para verificar a avaliação obtida por meio da metodologia de Nicholls et al. (2004), os valores atribuídos aos indicadores foram somados e divididos pelo número de indicadores medidos, considerando-se que um valor global inferior a 5 indica que o ambiente está abaixo do “limite da sustentabilidade” e devem ser tomadas medidas de correção para melhorar os baixos indicadores do ambiente (Apêndice C).

A metodologia VSA apresenta notas correspondentes à classificação: pobre (0), moderado (1) e bom (2). Para se chegar ao resultado da qualidade do solo, as notas foram multiplicadas por diferentes pesos e, posteriormente, somadas.

O VSA fornece um fator de ponderação de 1, 2 ou 3. Por exemplo, a estrutura do solo é um indicador mais importante (peso 3) que o desenvolvimento do torrão (peso 1). A pontuação atribuída a cada indicador é multiplicada pelo fator de ponderação resultando em um ranking, sendo que o total do ranking dá a pontuação geral para a amostra que está sendo avaliada (Apêndice D).

Com a seleção dos indicadores propostos por Carlesi (2008), foi elaborada uma planilha simples para que os indicadores fossem pontuados de acordo com a situação encontrada. As notas atribuídas para cada indicador foram: 1 (pobre), 3 (médio) ou 5 (bom). Posteriormente, foi feita a média das notas atribuídas para o cálculo do Índice de Qualidade do Solo dos ambientes (Apêndice E).

4.4 Análise Estatística

As notas atribuídas pelos avaliadores em todos os ambientes, dentro de cada metodologia, foram utilizadas para cálculo da média aritmética de cada indicador, para o cálculo do IQS de cada ambiente, conforme descrito no item anterior.

Utilizando-se, portanto, as médias das notas atribuídas aos indicadores pelos avaliadores em todas as metodologias calculou-se o IQS, em porcentagem (%), dos ambientes avaliados. As variáveis "ambientes" e "metodologias" foram agrupadas por meio de dendrogramas de dissimilaridade pelo programa estatístico *Past* (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001)

A análise de dissimilaridade foi feita seguindo-se as opções *Multivar > Cluster analysis*. Nesta opção foi escolhida uma medida de similaridade ou função de similaridade conhecida como distância euclidiana, que corresponde a uma distância entre dois pontos no espaço euclidiano. Com essa distância, o espaço euclidiano torna-se um espaço métrico.

A medida de similaridade é uma função real que quantifica a semelhança entre dois objetos. Embora não exista uma definição única de uma medida de similaridade, geralmente medidas de similaridade assumem grandes valores para objetos semelhantes e zero ou um valor negativo para objetos muito diferentes.

Considerando as opções disponíveis no programa *Past*, definiu-se *Single linkage* no contexto da análise de agrupamento para representar a similaridade/dissimilaridade encontrada entre as metodologias e entre os ambientes avaliados.

- *Single linkage* : É um dos vários métodos de aglomeração de agrupamento hierárquico. No início do processo, cada elemento é de um cluster e posteriormente os clusters são combinados sequencialmente em conjuntos maiores, até que todos os elementos acabam sendo do mesmo cluster. A cada passo, os dois grupos separados pela distância mais curta são combinados. Neste método a ligação entre os clusters é feita por único par de elementos, ou seja, esses dois elementos (um em cada grupo) que estão mais próximos uns dos outros. O menor destes elos que permanece em qualquer passo provoca a fusão dos dois grupos cujos elementos estão envolvidos. Por isso, o método também é conhecido como agrupamento do vizinho mais próximo. O resultado da aglomeração pode ser visualizado por meio de um dendrograma, que mostra a sequência da fusão de agrupamento e a distância em que cada fusão teve lugar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Considerações gerais sobre os ambientes

Conforme já descrito no item 4.2, é necessário enfatizar que, durante este estudo, foram avaliados 16 ambientes, sendo: 3 ambientes de floresta, 4 ambientes de capoeira, 2 pastos nativos e 7 pastos de braquiária, sendo que um deles encontrava-se queimado no momento das avaliações.

Foi possível observar, pelo mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia do Ribeirão José Pereira, que as áreas de floresta ocupam cerca de 41 % da sub-bacia, das quais, aproximadamente metade é remanescente de Mata Atlântica protegida pela Reserva Biológica Serra dos Toledos. O restante está fragmentado, com matas concentradas, principalmente, nas Áreas de Preservação Permanente do curso d'água (FLAUZINO, 2012).

As áreas degradadas ocorrem em menor quantidade na parte alta da sub-bacia, o que está diretamente relacionado com a presença de remanescentes florestais protegidos pela Reserva Biológica Serra dos Toledos. A densa vegetação desses locais mantém o solo protegido do impacto das chuvas, além de aumentar a infiltração de água e manter a matéria orgânica, proporcionando maior agregação do solo (EPAMIG, 2009).

A pecuária está entre as principais atividades econômicas da zona rural de Itajubá. Nos ambientes avaliados na sub-bacia do Ribeirão José Pereira foi possível observar que esse fator contribui para a compactação do solo e consequente redução da porosidade.

Não foram observadas práticas de manejo conservacionistas como sistemas de rotação e terraços nas pastagens na sub-bacia do Ribeirão José Pereira. Além disso, muitos proprietários adotam as queimadas, como prática de limpeza das pastagens conforme observado no ambiente 16. Isso revela que os próprios pecuaristas contribuem para a degradação da qualidade do solo, o que reflete a falta de informação e o baixo nível de consciência.

As pastagens ocupam 49,8 % da sub-bacia, sendo que na porção sudoeste da bacia predominam as pastagens com baixo nível de conservação, sobretudo em altas declividades, o que contribui, consideravelmente, para o aumento de processos erosivos (FLAUZINO, 2012).

A declividade é um fator topográfico relevante na avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores visuais. As menores notas para os indicadores relacionados à erosão foram registradas nos ambientes de relevo ondulado, que abrangem declividades de 8 a 20 %.

Observou-se que oito dos dezesseis ambientes avaliados estavam em declividades superiores a 20 %, ou seja, apresentavam relevo forte ondulado e montanhoso.

5.3 Resultado Geral dos Índices de Qualidade do Solo

A qualidade do solo pode ser avaliada pelo monitoramento de indicadores e seus comportamentos ao longo do tempo. Normalmente, o resultado é dado pela comparação de seu desempenho com valores de referência, que são estabelecidos pelo resultado de uma pesquisa ou por valores determinados em ecossistemas naturais com as mesmas condições do solo avaliado (KARLEN et al., 1997).

Na metodologia RAQS, de posse das pontuações atribuídas aos indicadores por avaliador, foi feita a média dos valores de cada atributo, gerando-se uma nota, conforme já relatado no item 4. As notas de cada atributo foram somadas para gerar o índice de qualidade do solo (IQS) de cada ambiente avaliado, possibilitando uma comparação entre eles (Apêndice F).

Assim, para todas as áreas e em todas as metodologias, os resultados de cada indicador foram transformados em porcentagens e o ambiente considerado “ideal” recebeu nota 100 %. O ambiente “ideal” foi considerado aquele que recebeu notas máximas em todos os indicadores e, considerando todas as metodologias aplicadas e ambientes avaliados, é possível compará-los utilizando os resultados dos Índices de Qualidade do Solo em porcentagem (Tabela 5. 1).

De maneira geral, os menores Índices de Qualidade do Solo foram encontrados nos ambientes PN1, PN2, PB3, PB5, CAP4 e PB7. Com exceção do ambiente PB3, todos os demais encontram-se em áreas inclinadas. As áreas inclinadas podem ter forte influência nas notas atribuídas pelos avaliadores, pois estão mais propensas à erosão e, conseqüentemente, diminuição na taxa de infiltração de água, indicadores avaliados em todas as metodologias. Os maiores valores de IQS foram encontrados para os ambientes FL1, FL2 e FL3, que são áreas de floresta, sendo os dois últimos em área inclinada.

Para a metodologia proposta por Melloni (2001), o maior IQS foi encontrado no ambiente FL3, com 80,26 %. O menor IQS foi encontrado no ambiente PB7 (23,91 %), o que demonstra a grande sensibilidade dessa metodologia em função do manejo adotado. O ambiente PB7, localizado em área inclinada ao lado de uma rodovia na zona rural do município, é um pasto que havia sido queimado antes da avaliação. As outras metodologias

apresentaram alto IQS relativo alto (60 % a 80 %) para esse ambiente, ou seja, não foram sensíveis o suficiente para identificar as alterações do solo causadas pela queimada.

Tabela 5. 1 Resultados do Índice de Qualidade do Solo (IQS) por ambiente e por metodologia

Ambientes	IQS (%)					
	Metodologias					
	Melloni (2001)	Casalinho (2003)	Nicholls et al. (2004)	Manual <i>Visual Soil Assessment</i> (2005)	Carlesi (2008)	RAQS
PB1	66,37	68,00	51,67	79,64	83,00	54,69
CAP1	56,00	64,80	68,33	77,14	89,00	69,01
PN1	44,25	36,00	36,25	35,71	36,25	76,04
PN2	43,98	52,00	42,52	59,38	58,75	53,82
PB2	66,34	56,00	49,17	78,57	81,25	68,75
FL1	92,73	96,00	85,00	92,86	100,00	92,08
FL2	77,55	84,00	80,00	81,43	96,00	95,42
PB3	41,59	44,00	58,67	50,71	48,00	58,13
PB4	64,77	88,00	83,33	90,71	91,00	68,49
FL3	80,26	84,00	90,00	89,64	96,00	97,40
CAP2	68,44	70,00	71,67	82,59	83,13	89,93
PB5	50,16	40,00	61,67	61,16	37,50	72,57
PB6	60,86	44,80	58,00	53,21	55,00	64,84
CAP3	69,78	69,60	72,17	79,64	74,00	76,30
CAP4	49,46	38,40	55,33	50,36	44,00	58,59
PB7	23,91	55,20	70,33	64,29	55,00	66,67

PB: Pasto de Braquiária; CAP: Capoeira; PN: Pasto Nativo; FL: Floresta

Segundo cálculos de IQS para a metodologia de Casalinho (2003), o ambiente com menor Índice de Qualidade do Solo também foi o ambiente PN1 com 36 %, enquanto o maior IQS foi para o ambiente FL1, assim como nos resultados obtidos pelo Manual VSA (2005).

Na metodologia de Nicholls et al. (2004), o menor IQS foi encontrado no ambiente PN1 (36,25 %) e o maior IQS, de 90 %, também foi para o ambiente FL3. Assim como na metodologia citada anteriormente, o ambiente PN1 recebeu o menor IQS na metodologia proposta pelo Manual *Visual Soil Assessment* (2005), com valor de 35,71 % e o ambiente visualmente melhor foi o FL1 com 92,86 %.

Na metodologia de Carlesi (2008) novamente o ambiente PN1 resultou no menor IQS, 36,25 % e, assim como nas duas metodologias anteriores, o ambiente FL1 apresentou o maior Índice de Qualidade do Solo, sendo também o melhor resultado de IQS de todas as metodologias em todos os ambientes, 100%.

Diferentemente das outras metodologias, o menor IQS encontrado pela aplicação da metodologia RAQS foi para o ambiente PN2 com 53,82 %. E assim como nos resultados obtidos pelas metodologias de Melloni (2001) e Nicholls et al. (2004), o maior IQS (97,4 %) foi encontrado para o ambiente FL3.

A Tabela 5. 2 retrata, de forma simplificada, os ambientes que resultaram no menor (pior) e no maior (melhor) valor de IQS obtidos por metodologia.

Tabela 5. 2 Menores e maiores Índices de Qualidade do Solo por metodologia

Metodologias	Ambientes	
	MENOR IQS	MAIOR IQS
Melloni (2001)	PB7	FL1
Casalinho (2003)	PN1	FL1
Nicholls et al. (2004)	PN1	FL3
Manual VSA (2005)	PN1	FL1
Carlesi (2008)	PN1	FL1
RAQS	PN2	FL3

PB: Pasto de Braquiária; PN: Pasto Nativo; FL: Floresta

Pela Tabela 5. 2, é possível observar que os ambientes PN1 e FL1 se destacaram nas avaliações da qualidade do solo, na grande maioria das metodologias. O ambiente PN1 é um pasto com início de degradação, em área inclinada na zona rural da sub-bacia, enquanto o ambiente PN2, também em área inclinada na zona rural, é um pasto que se encontra degradado. Como citado anteriormente, o ambiente PB7 é um ambiente que estava queimado localizado em área inclinada ao lado de uma rodovia na zona rural do município de Itajubá.

Os ambientes FL1 e FL3 são áreas de floresta. Entretanto, o ambiente FL1 encontra-se em área plana da Reserva Biológica Serra dos Toledos e o ambiente FL3 encontra-se em área inclinada, sendo o seu entorno composto de pasto visualmente bom e pasto em sucessão. Evidenciou-se que os tipos de uso e cobertura do solo do entorno dos ambientes avaliados podem influenciar positivamente ou negativamente a avaliação visual da qualidade do solo.

Na metodologia de Melloni (2001), o ambiente FL1 recebeu notas altas para a maioria dos atributos, gerando o maior IQS para essa metodologia (92,73 %). O ambiente FL1 é uma área de floresta que está localizada em área plana no interior da Reserva Biológica Serra dos Toledos.

Para a metodologia de Nicholls et al. (2004), o ambiente PN1 apresentou o menor resultado, com um IQS de 36,25 %. O ambiente PN1 é um pasto em estágio inicial de degradação, localizado em área inclinada na zona rural da sub-bacia do Ribeirão José Pereira.

O menor e o maior resultado de IQS para a metodologia proposta pelo Manual VSA (2005) ocorreram nos ambientes PN1 e FL1, com 35,71 % e 92,86 %, respectivamente.

O pior/menor Índice de Qualidade do Solo encontrado pela metodologia de Casalinho (2003) foi para o ambiente PN1 (36 %) e o melhor/maior IQS ocorreu no ambiente FL1 (96 %), conforme representado na Tabela 5. 1.

Pela metodologia proposta por Carlesi (2008), o ambiente PN1 também resultou no pior/menor IQS, no valor de 36,25 %, enquanto o ambiente FL1 resultou em 100 %, o melhor/maior IQS de todos os ambientes pela aplicação das metodologias.

A partir dos resultados obtidos para os Índices de Qualidade do Solo dos ambientes PN1 e FL1, é possível comparar a sensibilidade das metodologias de avaliação da qualidade do solo, conforme representada na Figura 5. 1.

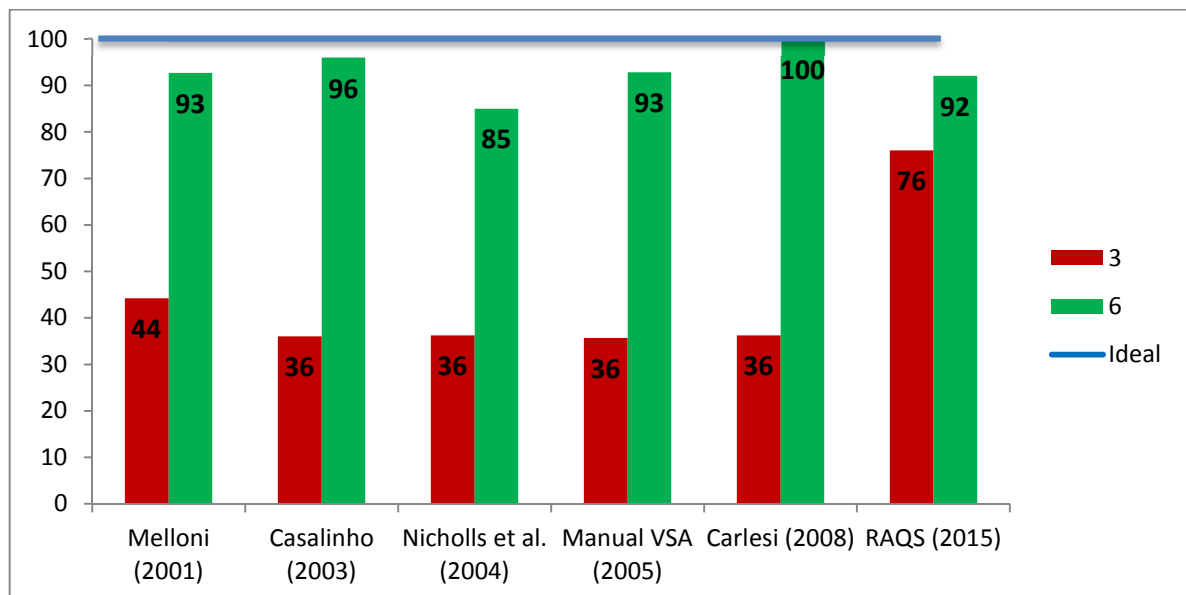


Figura 5. 1 Índice de qualidade do solo dos ambientes 3 e 6 por metodologia

Por meio dos valores de IQS para todos os ambientes, dentro de cada metodologia, foi possível fazer uma análise de agrupamento para evidenciar as metodologias de maior dissimilaridade, cujo resultado está apresentado na Figura 5. 2.

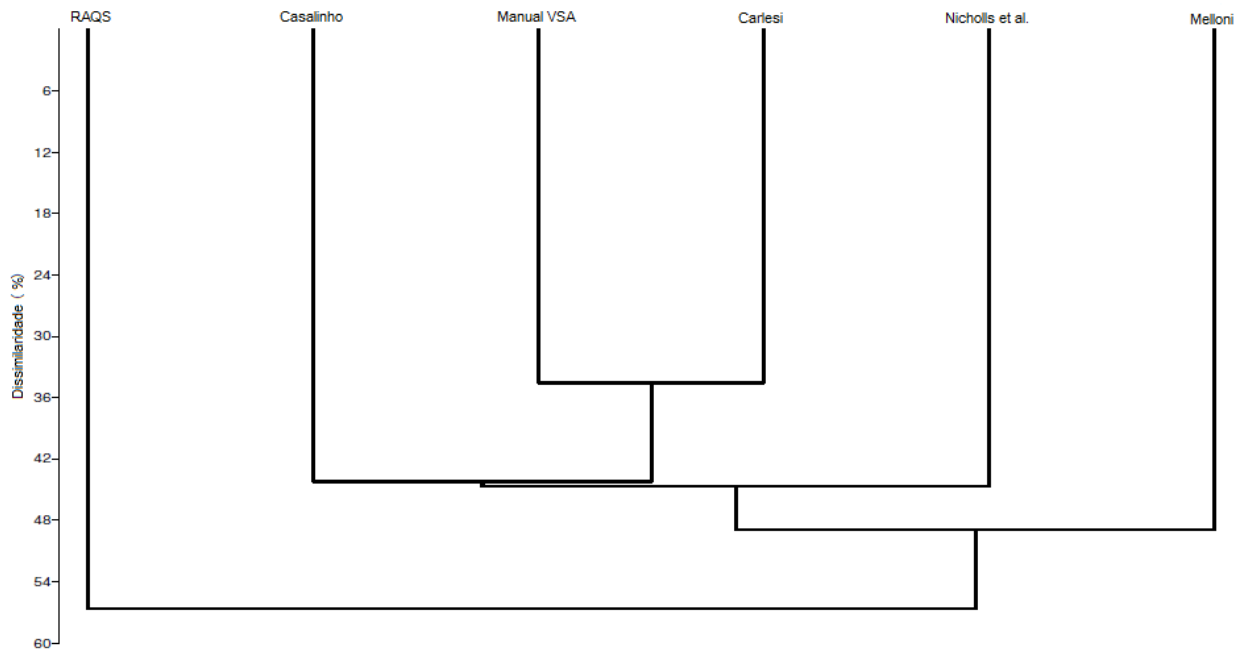


Figura 5. 2 Dendrograma de dissimilaridade das metodologias de avaliação visual da qualidade do solo

Verifica-se que houve maior similaridade (66%) dos resultados obtidos entre as metodologias propostas pelo Manual VSA (2005) e Carlesi (2008) e estas com a de Casalinho (2003) e Nicholls et al. (2004), com cerca de 56 % e 57 % de similaridade, respectivamente. A metodologia proposta por Melloni (2001) apresentou cerca de 50 % de similaridade com as anteriores, enquanto a de RAQS apresentou somente 43 % de similaridade com as anteriores.

Dessa forma, para se entender a variação de similaridade entre as metodologias para mesmos ambientes, pode-se recorrer à Figura 5. 3, onde se verifica a variação da proporção ou pesos dos indicadores relacionados ao solo, vegetação e fauna de cada uma. Com isso, é possível avaliar como esses fatores podem influenciar nos resultados de Índice de Qualidade do Solo obtidos.

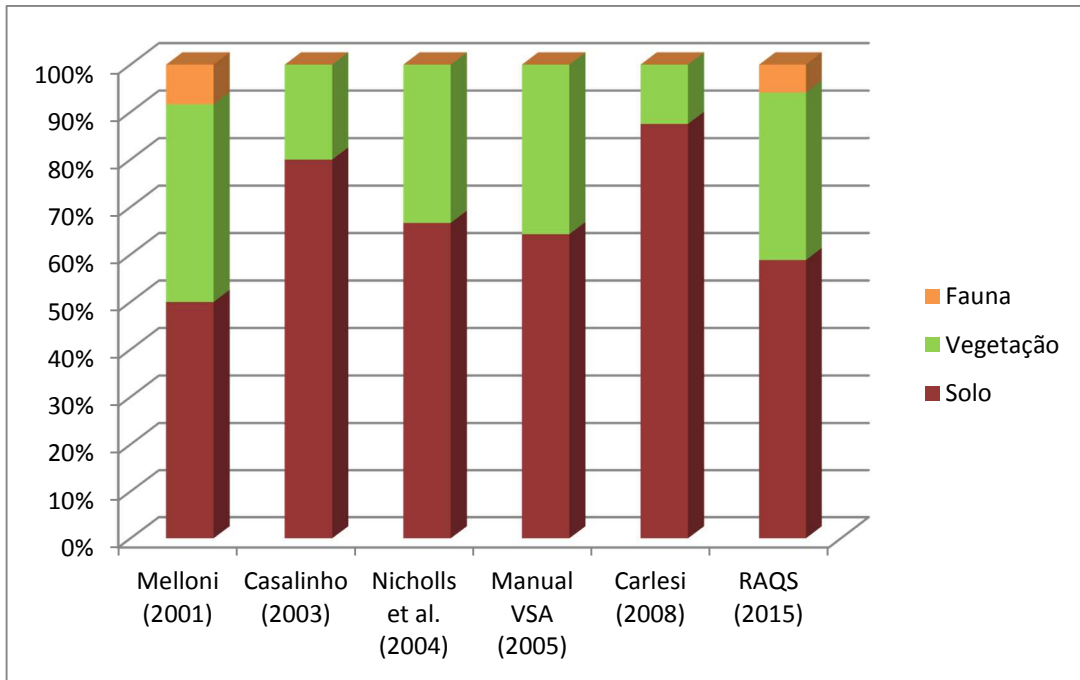


Figura 5. 3 Proporção, em porcentagem relativa ao número de indicadores de solo, vegetação e fauna, por metodologia de avaliação visual da qualidade do solo

Por exemplo, como citado anteriormente, o menor IQS para a metodologia de Melloni (2001) foi obtido para o ambiente PB7. Como os indicadores de vegetação representam aproximadamente 42 % de todos os indicadores avaliados por essa metodologia, isso pode justificar a sensibilidade dessa metodologia em identificar alterações em ambientes que foram queimados e tiveram a sua cobertura vegetal eliminada.

Da mesma maneira, na metodologia RAQS, 35,29 % de seus indicadores representam os fatores de vegetação. Entretanto, o resultado encontrado para o ambiente PN2 (menor IQS, conforme quadro 3) também pode ser justificado pelo indicador de fauna, que representa 5,88 % do total de indicadores, enquanto as outras metodologias, com exceção de Melloni (2001), não apresentam nenhum indicador de fauna.

Segundo o Manual VSA (2005), a utilização de indicadores de solo e de planta permitem fazer a ligação de causa e efeito entre as práticas de gestão e as características do solo. A avaliação da qualidade do solo não é uma combinação das pontuações do solo e das plantas, por isso, as pontuações devem ser observadas separadamente e comparadas.

Sabendo-se que o IQS é calculado com base na observação visual de atributos relacionados ao solo, planta e animais, é possível fazer uma avaliação da distribuição dos valores observados para cada indicador, dentro de cada metodologia, desde que se fixe um ambiente. Portanto, ao aplicar diversas metodologias simultaneamente em diferentes ambientes é possível visualizar quais metodologias são mais ou menos sensíveis à variação do

manejo do solo. Dessa forma, há maior facilidade de definir e aplicar o manejo adequado para melhoria dos atributos atualmente comprometedores de sua qualidade.

No presente caso, fixando-se os ambientes PN1 e FL1, a variação dos indicadores dentro de cada metodologia pode ser verificada na Figura 5. 4.

Por meio da Figura 5. 4a, que representa os resultados obtidos pela aplicação da metodologia de Melloni (2001), foi possível observar que o indicador fauna recebeu as menores notas no ambiente PN1, assim como o indicador fauna do solo no ambiente FL1.

Na metodologia de Nicholls et al. (2004), o ambiente FL1 apresentou maior IQS apesar de ter recebido notas menores do que o ambiente PN1 para o indicador estrutura (Figura 5. 4b).

Nas Figuras Figura 5. 4b e Figura 5. 4d foi possível observar que o ambiente FL1 recebeu notas máximas para a maioria dos atributos, chegando a valores próximos ao ambiente ideal, com exceção dos indicadores contagem de minhocas na metodologia do Manual VSA (2005) e população de minhocas na metodologia de Casalinho (2003).

O maior IQS (100 %) foi obtido pela aplicação da metodologia de Carlesi (2008), cujos indicadores (profundidade, vegetação e vigor, erosão, estrutura, compactação, cor e matéria orgânica, retenção de água e atividade de microrganismos) receberam notas máximas (Figura 5. 4e).

As notas dos indicadores da nova metodologia (Figura 5. 4f) apresentaram variações e os resultados do menor e maior IQS ficaram próximos, o que sugere maior sensibilidade desta metodologia para identificar alterações nos ambientes por meio dos atributos selecionados.

Os resultados obtidos por todas as metodologias foram tabulados em planilhas, a partir dos quais foram gerados diversos gráficos para interpretação dos dados. Segundo Altieri (1995 apud NICHOLLS et al., 2004), o gráfico de radar mostra quais indicadores estão “fracos” e permite priorizar as intervenções necessárias para corrigir determinado atributo do solo, da vegetação ou do sistema como um todo.

Dessa forma, os gráficos do tipo radar foram utilizados para representar os resultados mais significativos obtidos com a aplicação das metodologias em diferentes ambientes na sub-bacia do Ribeirão José Pereira, Itajubá (MG).

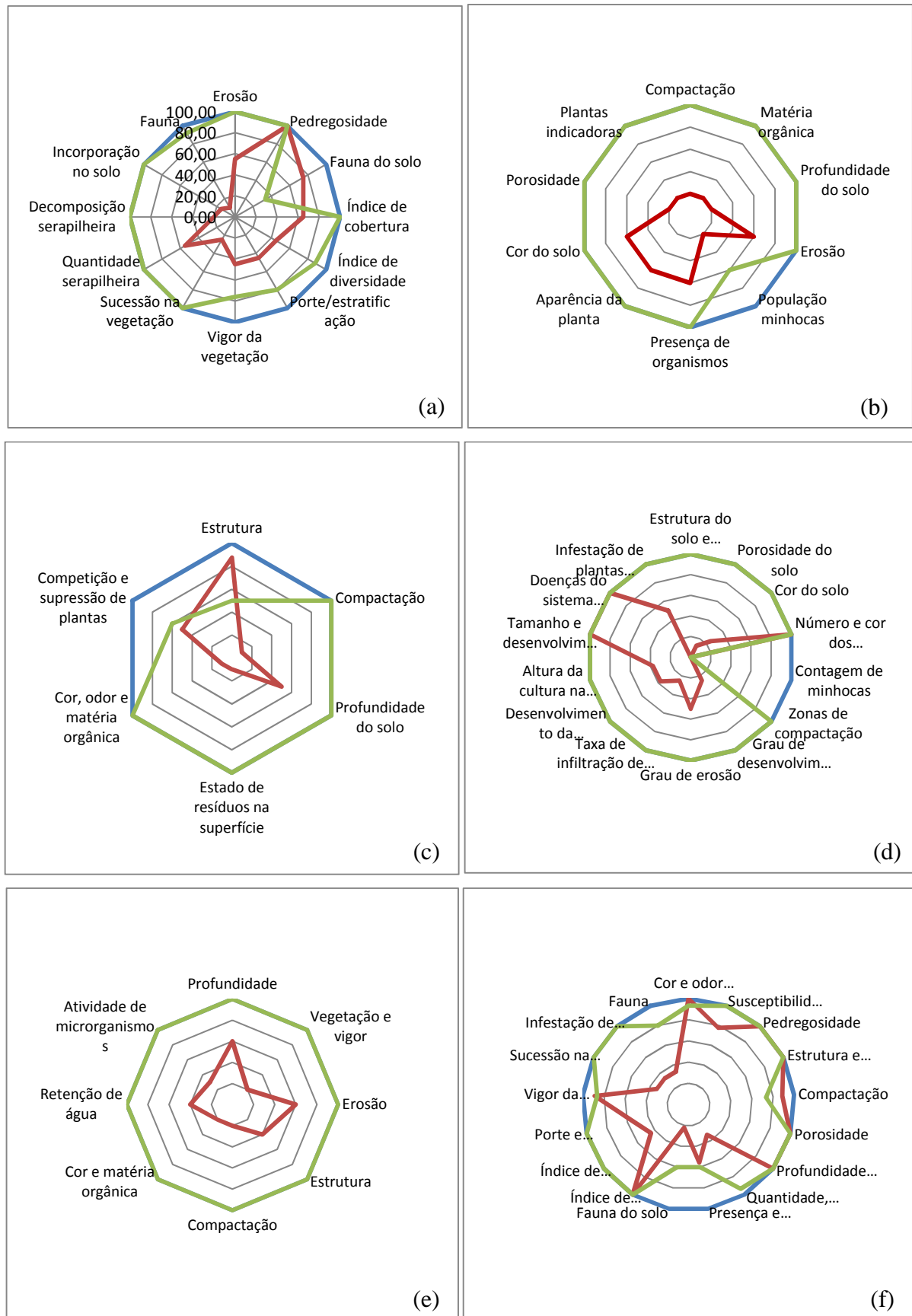


Figura 5. 4 Gráficos dos Índices de Qualidade do Solo dos ambientes 3 e 6 (a) Melloni (2001); (b) Casalinho (2003); (c) Nicholls et al. (2004); (d) Manual VSA (2005); (e); Carlesi (2008); (f) RAQS. — Área Ideal; — Área 3; — Área 6.

Para finalizar, utilizando-se as médias dos valores IQS de todos os ambientes avaliados, independentemente da metodologia aplicada, foi possível fazer análise de agrupamento entre esses, cujo resultado encontra-se na Figura 5. 5.

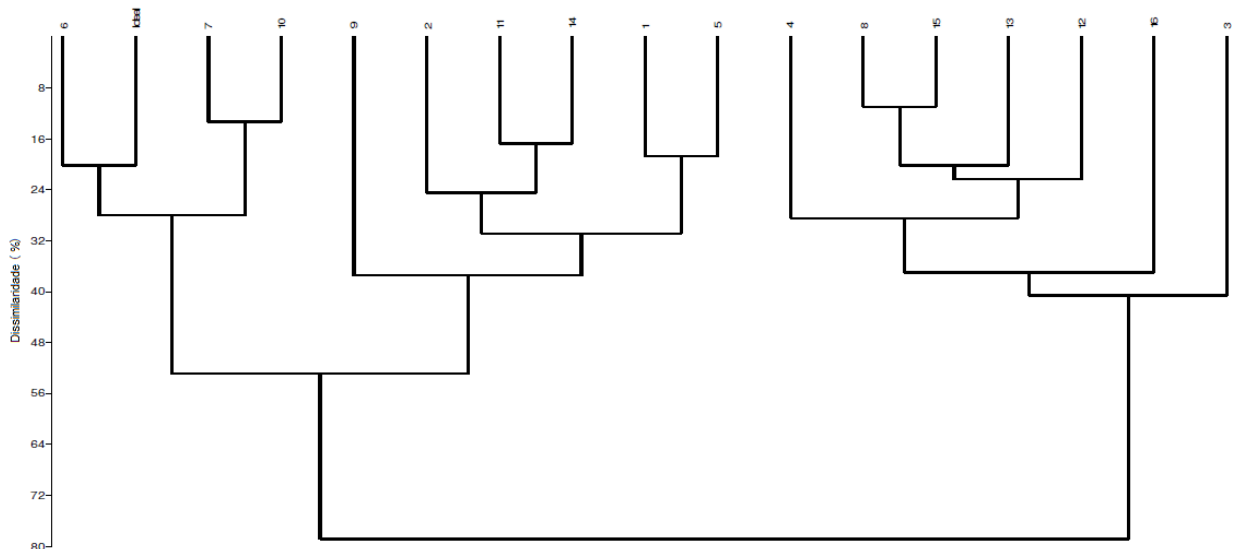


Figura 5. 5 Dendrograma de dissimilaridade dos ambientes avaliados

Independente da metodologia, pode-se verificar que todos os ambientes apresentaram, no mínimo, 20 % de similaridade, mesmo os ambientes com IQS opostos como o PN1 e FL1. No entanto, a 40 % de dissimilaridade ou 60 % de similaridade, três grandes grupos foram formados: o primeiro grupo formado pelos ambientes FL1, FL2 e FL3; segundo grupo formado pelos ambientes PB4, CAP1, CAP2, CAP3, PB1 e PB2 e o terceiro grupo formado pelos ambientes PN2, PB3, CAP4, PB6, PB5, PB7 e PN1. Foi possível observar que o primeiro e o segundo grande grupo apresentaram 48 % de similaridade ou 52 % de dissimilaridade.

O primeiro grupo é composto por ambientes de floresta e ambiente considerado “ideal”, ou área de referência. Os ambientes FL2 e FL3 são ambientes de floresta e ambos estão em áreas inclinadas, o que pode justificar a similaridade de aproximadamente 88 % entre esses ambientes. O ambiente mais próximo do ideal foi o ambiente FL1 (80 % de similaridade) que é uma floresta em área plana da Reserva Biológica Serra dos Toledos e se destacou com os maiores Índices de Qualidade do Solo, conforme representado em itens anteriores. Entre esses dois subgrupos houve 72 % de similaridade.

No segundo grupo, os ambientes que apresentaram maior similaridade foram os ambientes CAP2 e CAP3 (82 %) e estes com o ambiente CAP1 (74 % de similaridade). Todos esses ambientes são pastos em estágio intermediário de sucessão.

Os outros ambientes do segundo grande grupo formado são pastos considerados bons em área plana (ambiente PB1), pouco inclinada (ambiente PB4) e inclinada (ambiente PB2). O ambiente PB4 foi o que apresentou menor similaridade (62 %) com os outros ambientes desse grupo.

O terceiro grande grupo foi responsável pelo agrupamento do maior número de ambientes e apresentou os ambientes de maior similaridade. Entre os 16 ambientes avaliados destacam-se os ambientes PB3e CAP4 com 90 % de similaridade.

O ambiente PB3 é um pasto considerado bom em área pouco inclinada na zona rural próxima à Reserva Biológica Serra dos Toledos e o ambiente CAP4 é um pasto em estágio intermediário de sucessão em área inclinada entre pasto, floresta e estrada na zona rural. Esse resultado sugere que a qualidade do solo sofre forte influência positiva quando estão em ambientes próximos a florestas.

Esses ambientes, juntamente com os ambientes PB5 e PB6, apresentaram, aproximadamente, 71 % de similaridade com o ambiente 4. Os ambientes PB5 e PB6 são pastos considerados bons em área inclinada e pouco inclinada, mas o ambiente PN2 é um pasto degradado em área inclinada, o que justifica sua segregação neste grupo.

Ainda no terceiro grande grupo, destacaram-se os ambientes PB7, com 64 % de similaridade com os ambientes PN2, PB3, CAP 4, PB6 e PB5, e o ambiente PN1 apresentou 60 % de similaridade com os anteriores. Como já descrito em itens anteriores, o ambiente PB7 é um pasto em área inclinada entre outro pasto e rodovia na zona rural. Esse ambiente havia sofrido uma queimada dias antes da avaliação e se destacou na metodologia de Melloni (2001) com um IQS de apenas 23,91 %, em virtude do efeito negativo, principalmente nos atributos relacionados à vegetação.

O ambiente PN1 também se destacou, sobretudo nas metodologias de Nicholls et al. (2004) com um IQS de 36,25 %, Manual VSA (2005) com 35,71 %, Casalinho (2003) com 36 % e Carlesi (2008) com um Índice de Qualidade do Solo de 36,25 %.

Os resultados de similaridade/dissimilaridade estão condizentes com os apresentados na tabela 5.2 e pelas figuras 5.12, 5.14 e 5.15, pois também demonstram a semelhança e discrepância entre as metodologias e ambientes avaliados, bem como a influência dos indicadores na qualidade do solo, sobretudo se observarmos a composição da nova

metodologia com indicadores de solo, vegetação e fauna que representam melhor a real situação dos ambientes.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na sub-bacia do ribeirão José Pereira foram verificados alguns fatores de pressão capazes de causar a degradação do solo como a pecuária e manejo inadequado, com conseqüente processo de compactação ou, ainda, a retirada da vegetação, resultando na exposição da camada superficial.

Para avaliação visual da qualidade do solo desta sub-bacia foram selecionadas as metodologias propostas por Melloni (2001), Casalinho (2003), Nicholls et al. (2004), *Manual Visual Soil Assessment* (2005) e Carlesi (2008). A aplicação de cada uma das cinco metodologias utilizadas para determinação do Índice de Qualidade do Solo nos ambientes de floresta (FL), capoeira (CAP), pasto nativo (PN) e pasto de braquiária (PB) da sub-bacia do ribeirão José Pereira possibilitou a identificação dos indicadores mais sensíveis e discriminantes.

Com a seleção desses indicadores foi possível propor a nova metodologia de avaliação visual da qualidade do solo denominada RAQS - Referência para Avaliação da Qualidade do Solo, com utilização de indicadores relacionados ao solo, vegetação e faunas do solo e silvestre.

A aplicação da metodologia RAQS nos mesmos ambientes avaliados por meio das outras metodologias permitiu uma análise comparativa mais ampla dos resultados. Apesar da similaridade entre os ambientes avaliados, com grande domínio de pastos de braquiária em diferentes condições de manejo, a aplicação das diferentes metodologias mostrou graus diversos de sensibilidade na visualização da qualidade desses ambientes.

Maior similaridade foi obtida entre a metodologia elaborada nesse trabalho com aquela proposta por Melloni (2001) em relação às demais atualmente disponíveis para avaliação da qualidade do solo, em virtude de muitos indicadores estarem mais relacionados à vegetação e fauna.

A maior dissimilaridade encontrada entre a metodologia RAQS e as metodologias selecionadas para este estudo demonstra que a nova metodologia engloba um maior número de indicadores, refletindo melhor a qualidade do solo dos ambientes avaliados.

Como as metodologias aplicadas são baseadas em indicadores com forte relação entre si, os resultados são comparáveis e permitem que o pesquisador monitore, por meio de gráficos, a qualidade do solo de um determinado ambiente ao longo do tempo, ou estabeleça

comparações entre ambientes, o que é de fundamental importância para a definição do manejo mais sustentável a ser adotado.

Todas as metodologias permitiram a avaliação da qualidade do solo de forma fácil, rápida e sem custos, com a utilização dos mesmos materiais para diferentes indicadores. Além disso, a nova metodologia proposta nesse trabalho mostrou-se extremamente útil, facilmente replicável e de grande sensibilidade na avaliação da qualidade do solo em diferentes ambientes da área de estudo.

Novos estudos da aplicação dessa metodologia podem ser conduzidos em outras áreas e em diferentes condições de manejo do solo.

APÊNDICE A - Resultados obtidos por meio da metodologia de Melloni (2001): Valores reais (parte superior) e valores em porcentagem (parte inferior) dos indicadores e do Índice de Qualidade do Solo para cada ambiente avaliado

Resultados																	
Indicadores	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Erosão	500,0	300,0	500,0	275,0	75,0	450,0	500,0	420,0	240,0	500,0	360,0	500,0	400,0	480,0	460,0	280,0	80,0
Pedregosidade	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	162,5	250,0	250,0	230,0	250,0	240,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
Fauna do solo	150,0	120,0	50,0	112,5	125,0	100,0	50,0	0,0	10,0	40,0	80,0	62,5	150,0	100,0	110,0	60,0	70,0
Índice de cobertura	500,0	340,0	480,0	325,0	175,0	450,0	500,0	460,0	340,0	500,0	460,0	500,0	375,0	420,0	460,0	300,0	100,0
Índice de diversidade	400,0	336,0	128,0	180,0	240,0	300,0	352,0	320,0	96,0	96,0	336,0	360,0	180,0	160,0	304,0	240,0	96,0
Porte/estratificação	250,0	220,0	50,0	112,5	112,5	175,0	200,0	150,0	60,0	50,0	140,0	162,5	62,5	100,0	170,0	160,0	50,0
Vigor da vegetação	500,0	340,0	400,0	225,0	275,0	400,0	380,0	380,0	180,0	300,0	440,0	425,0	375,0	380,0	360,0	240,0	100,0
Sucessão na vegetação	500,0	420,0	80,0	125,0	375,0	400,0	500,0	400,0	120,0	200,0	440,0	400,0	200,0	240,0	400,0	360,0	120,0
Quantidade serapilheira	500,0	220,0	160,0	275,0	175,0	175,0	500,0	400,0	320,0	380,0	420,0	175,0	75,0	240,0	240,0	140,0	60,0
Decomposição serapilheira	500,0	260,0	260,0	100,0	100,0	150,0	500,0	400,0	200,0	320,0	360,0	175,0	75,0	220,0	220,0	120,0	60,0
Incorporação no solo	350,0	140,0	196,0	52,5	105,0	210,0	350,0	266,0	98,0	336,0	336,0	122,5	52,5	140,0	154,0	70,0	56,0
Fauna	250,0	140,0	50,0	25,0	37,5	112,5	230,0	160,0	40,0	40,0	120,0	50,0	137,5	100,0	116,7	80,0	70,0
IQS	4650,0	3086,0	2604,0	2057,5	2045,0	3085,0	4312,0	3606,0	1934,0	3012,0	3732,0	3182,5	2332,5	2830,0	3244,7	2300,0	1112,0
Resultados (%)																	
Indicadores	Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Erosão	100,00	60,00	100,00	55,00	15,00	90,00	100,00	84,00	48,00	100,00	72,00	100,00	80,00	96,00	92,00	56,00	16,00
Pedregosidade	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	65,00	100,00	100,00	92,00	100,00	96,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Fauna do solo	100,00	80,00	33,33	75,00	83,33	66,67	33,33	0,00	6,67	26,67	53,33	41,67	100,00	66,67	73,33	40,00	46,67
Índice de cobertura	100,00	68,00	96,00	65,00	35,00	90,00	100,00	92,00	68,00	100,00	92,00	100,00	75,00	84,00	92,00	60,00	20,00
Índice de diversidade	100,00	84,00	32,00	45,00	60,00	75,00	88,00	80,00	24,00	24,00	84,00	90,00	45,00	40,00	76,00	60,00	24,00
Porte/estratificação	100,00	88,00	20,00	45,00	45,00	70,00	80,00	60,00	24,00	20,00	56,00	65,00	25,00	40,00	68,00	64,00	20,00
Vigor da vegetação	100,00	68,00	80,00	45,00	55,00	80,00	76,00	76,00	36,00	60,00	88,00	85,00	75,00	76,00	72,00	48,00	20,00
Sucessão na vegetação	100,00	84,00	16,00	25,00	75,00	80,00	100,00	80,00	24,00	40,00	88,00	80,00	40,00	48,00	80,00	72,00	24,00
Quantidade serapilheira	100,00	44,00	32,00	55,00	35,00	35,00	100,00	80,00	64,00	76,00	84,00	35,00	15,00	48,00	48,00	28,00	12,00
Decomposição serapilheira	100,00	52,00	52,00	20,00	20,00	30,00	100,00	80,00	40,00	64,00	72,00	35,00	15,00	44,00	44,00	24,00	12,00
Incorporação no solo	100,00	40,00	56,00	15,00	30,00	60,00	100,00	76,00	28,00	96,00	96,00	35,00	15,00	40,00	44,00	20,00	16,00
Fauna	100,00	56,00	20,00	10,00	15,00	45,00	92,00	64,00	16,00	16,00	48,00	20,00	55,00	40,00	46,67	32,00	28,00
IQS	100,00	66,37	56,00	44,25	43,98	66,34	92,73	77,55	41,59	64,77	80,26	68,44	50,16	60,86	69,78	49,46	23,91

APÊNDICE B - Resultados obtidos por meio da metodologia de Casalinho (2003): Valores reais (parte superior) e valores em porcentagem (parte inferior) dos indicadores e do Índice de Qualidade do Solo para cada ambiente avaliado

Resultados																	
Indicadores	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Compactação	5,0	4,6	3,0	1,0	3,0	3,0	5,0	5,0	3,0	5,0	5,0	5,0	3,0	1,8	4,6	1,8	4,2
Matéria orgânica	5,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	5,0	5,0	1,4	4,6	5,0	3,0	1,0	1,8	3,4	1,0	3,0
Profundidade do solo	5,0	5,0	3,0	1,0	3,0	1,0	5,0	3,0	1,4	4,6	4,6	3,0	1,0	1,8	4,2	1,8	3,0
Erosão	5,0	5,0	5,0	3,0	1,0	5,0	5,0	4,6	3,0	5,0	4,6	4,5	3,0	3,8	5,0	2,6	1,8
População minhocas	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	1,8	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,8	1,0	1,0
Presença de organismos	5,0	3,4	3,4	3,0	3,0	3,0	5,0	3,8	2,6	5,0	5,0	3,0	1,0	2,2	2,6	1,8	3,0
Aparência da planta	5,0	3,0	5,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	1,8	4,6	3,8	3,5	3,0	3,4	3,0	2,6	3,0
Cor do solo	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	3,0	2,6	4,6	5,0	4,0	3,0	3,4	3,4	2,2	2,6
Porosidade	5,0	3,0	5,0	1,0	3,0	3,0	5,0	4,6	2,6	5,0	5,0	5,0	3,0	1,8	4,2	2,2	4,2
Plantas indicadoras	5,0	3,0	1,0	1,0	3,0	1,0	5,0	5,0	1,8	4,6	1,0	3,0	1,0	1,4	2,6	2,2	1,8
IQS	50,0	34,0	32,4	18,0	26,0	28,0	48,0	42,0	22,0	44,0	42,0	35,0	20,0	22,4	34,8	19,2	27,6
Resultados (%)																	
Indicadores	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Compactação	100,00	92,00	60,00	20,00	60,00	60,00	100,00	100,00	60,00	100,00	100,00	100,00	60,00	36,00	92,00	36,00	84,00
Matéria orgânica	100,00	60,00	60,00	20,00	60,00	60,00	100,00	100,00	28,00	92,00	100,00	60,00	20,00	36,00	68,00	20,00	60,00
Profundidade do solo	100,00	100,00	60,00	20,00	60,00	20,00	100,00	60,00	28,00	92,00	92,00	60,00	20,00	36,00	84,00	36,00	60,00
Erosão	100,00	100,00	100,00	60,00	20,00	100,00	100,00	92,00	60,00	100,00	92,00	90,00	60,00	76,00	100,00	52,00	36,00
População minhocas	100,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	60,00	60,00	36,00	20,00	60,00	20,00	20,00	20,00	36,00	20,00	20,00
Presença de organismos	100,00	68,00	68,00	60,00	60,00	60,00	100,00	76,00	52,00	100,00	100,00	60,00	20,00	44,00	52,00	36,00	60,00
Aparência da planta	100,00	60,00	100,00	60,00	60,00	100,00	100,00	100,00	36,00	92,00	76,00	70,00	60,00	68,00	60,00	52,00	60,00
Cor do solo	100,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	100,00	60,00	52,00	92,00	100,00	80,00	60,00	68,00	68,00	44,00	52,00
Porosidade	100,00	60,00	100,00	20,00	60,00	60,00	100,00	92,00	52,00	100,00	100,00	100,00	60,00	36,00	84,00	44,00	84,00
Plantas indicadoras	100,00	60,00	20,00	20,00	60,00	20,00	100,00	100,00	36,00	92,00	20,00	60,00	20,00	28,00	52,00	44,00	36,00
IQS	100,00	68,00	64,80	36,00	52,00	56,00	96,00	84,00	44,00	88,00	84,00	70,00	40,00	44,80	69,60	38,40	55,20

APÊNDICE C - Resultados obtidos por meio da metodologia de Nicholls (2004): Valores reais (parte superior) e valores em porcentagem (parte inferior) dos indicadores e do Índice de Qualidade do Solo para cada ambiente avaliado

Resultados																	
Indicadores	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Estrutura	10,0	5,0	5,0	8,8	6,3	7,5	5,0	5,0	10,0	5,0	6,0	5,0	10,0	9,0	5,0	8,0	9,0
Compactação	10,0	5,0	1,0	1,0	5,0	1,0	10,0	10,0	5,0	8,0	10,0	10,0	1,0	1,0	10,0	6,0	5,0
Profundidade do solo	10,0	10,0	10,0	5,0	5,0	5,0	10,0	10,0	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0
Estado de resíduos na superfície	10,0	1,0	5,0	1,0	2,0	1,0	10,0	5,0	1,0	7,0	10,0	3,0	1,0	2,6	3,4	1,0	1,0
Cor, odor e matéria orgânica	10,0	5,0	10,0	1,0	6,3	5,0	10,0	8,0	4,2	10,0	10,0	10,0	5,0	4,2	8,0	4,2	9,0
Competição e supressão de plantas	10,0	5,0	10,0	5,0	1,0	10,0	6,0	10,0	10,0	10,0	8,0	5,0	10,0	8,0	6,9	5,0	8,2
IQS	60,0	31,0	41,0	21,8	25,5	29,5	51,0	48,0	35,2	50,0	54,0	43,0	37,0	34,8	43,3	33,2	42,2
Resultados (%)																	
Indicadores	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Estrutura	100,00	50,00	50,00	87,50	62,60	75,00	50,00	50,00	100,00	50,00	60,00	50,00	100,00	90,00	50,00	80,00	90,00
Compactação	100,00	50,00	10,00	10,00	50,00	10,00	100,00	100,00	50,00	80,00	100,00	100,00	10,00	10,00	100,00	60,00	50,00
Profundidade do solo	100,00	100,00	100,00	50,00	50,00	50,00	100,00	100,00	50,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	90,00	100,00
Estado de resíduos na superfície	100,00	10,00	50,00	10,00	20,00	10,00	100,00	50,00	10,00	70,00	100,00	30,00	10,00	26,00	34,00	10,00	10,00
Cor, odor e matéria orgânica	100,00	50,00	100,00	10,00	62,50	50,00	100,00	80,00	42,00	100,00	100,00	100,00	50,00	42,00	80,00	42,00	90,00
Competição e supressão de plantas	100,00	50,00	100,00	50,00	10,00	100,00	60,00	100,00	100,00	100,00	80,00	50,00	100,00	80,00	69,00	50,00	82,00
IQS	100,00	51,67	68,33	36,25	42,52	49,17	85,00	80,00	58,67	83,33	90,00	71,67	61,67	58,00	72,17	55,33	70,33

APÊNDICE D - Resultados obtidos por meio da metodologia do Manual *Visual Soil Assessment* (2005): Valores reais (parte superior) e valores em porcentagem (parte inferior) dos indicadores e do Índice de Qualidade do Solo para cada ambiente avaliado (início)

Classificação Visual																		
Atributos do solo	Peso	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Estrutura do solo e Consistência	3	6,0	5,4	3,0	0,0	3,0	4,5	6,0	6,0	3,0	6,0	6,0	5,3	6,0	3,0	4,8	2,4	5,4
Porosidade do solo	3	6,0	6,0	3,0	0,8	3,0	4,5	6,0	6,0	3,0	6,0	6,0	6,0	6,0	0,6	4,8	2,4	5,4
Cor do solo	2	4,0	2,0	4,0	1,0	2,0	2,5	4,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0	3,6	1,2	4,0
Número e cor dos mosqueados do solo	2	4,0	4,0	4,0	4,0	3,5	4,0	4,0	4,0	2,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Contagem de minhocas	2	4,0	0,0	2,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	1,2
Zonas de compactação	2	4,0	4,0	2,0	0,0	2,0	2,0	4,0	4,0	1,6	3,6	4,0	4,0	0,0	3,6	3,6	2,0	4,0
Grau de desenvolvimento dos torrões	1	2,0	2,0	2,0	0,5	1,5	2,0	2,0	1,4	1,2	2,0	1,8	2,0	1,0	1,4	2,0	1,0	2,0
Grau de erosão	2	4,0	2,8	4,0	2,0	0,0	4,0	4,0	4,0	1,6	4,0	3,2	4,0	2,0	3,6	3,6	2,0	0,0
Taxa de infiltração de água	2	4,0	4,0	4,0	1,0	3,5	3,5	4,0	4,0	2,8	4,0	4,0	4,0	2,0	0,4	3,6	2,0	4,0
Desenvolvimento da Cobertura	2	4,0	2,8	4,0	1,5	3,5	4,0	4,0	2,8	2,4	4,0	3,6	4,0	2,0	2,4	2,8	2,0	0,0
Altura da cultura na maturidade	3	6,0	3,6	4,2	2,3	3,0	5,3	6,0	4,2	3,6	6,0	5,4	3,8	3,0	3,6	4,2	3,6	0,6
Tamanho e desenvolvimento do sistema radicular	2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,6	2,8	4,0	4,0	2,0	2,0	2,4	2,8	2,0	3,6
Doenças do sistema radicular	1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,4
Infestação de plantas daninhas	1	2,0	2,0	1,0	1,0	1,8	1,8	2,0	1,6	0,2	1,2	1,0	1,3	0,3	0,8	2,0	2,0	0,4
IQS	-	56,0	44,6	43,2	20,0	33,3	44,0	52,0	45,6	28,4	50,8	50,2	46,3	34,3	29,8	44,6	28,2	36,0

APÊNDICE D - Resultados obtidos por meio da metodologia do Manual *Visual Soil Assessment* (2005): Valores reais (parte superior) e valores em porcentagem (parte inferior) dos indicadores e do Índice de Qualidade do Solo para cada ambiente avaliado (final)

Classificação Visual (%)																		
Atributos do solo	Peso	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Estrutura do solo e Consistência	3	100,00	90,00	50,00	0,00	50,00	75,00	100,00	100,00	50,00	100,00	100,00	87,50	100,00	50,00	80,00	40,00	90,00
Porosidade do solo	3	100,00	100,00	50,00	12,50	50,00	75,00	100,00	100,00	50,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10,00	80,00	40,00	90,00
Cor do solo	2	100,00	50,00	100,00	25,00	50,00	62,50	100,00	50,00	50,00	100,00	100,00	100,00	100,00	50,00	90,00	30,00	100,00
Número e cor dos mosqueados do solo	2	100,00	100,00	100,00	100,00	87,50	100,00	100,00	100,00	60,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Contagem de minhocas	2	100,00	0,00	50,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	30,00
Zonas de compactação	2	100,00	100,00	50,00	0,00	50,00	50,00	100,00	100,00	40,00	90,00	100,00	100,00	0,00	90,00	90,00	50,00	100,00
Grau de desenvolvimento dos torrões	1	100,00	100,00	100,00	25,00	75,00	100,00	100,00	70,00	60,00	100,00	90,00	100,00	50,00	70,00	100,00	50,00	100,00
Grau de erosão	2	100,00	70,00	100,00	50,00	0,00	100,00	100,00	100,00	40,00	100,00	80,00	100,00	50,00	90,00	90,00	50,00	0,00
Taxa de infiltração de água	2	100,00	100,00	100,00	25,00	87,50	87,50	100,00	100,00	70,00	100,00	100,00	100,00	50,00	10,00	90,00	50,00	100,00
Desenvolvimento da Cobertura	2	100,00	70,00	100,00	37,50	87,50	100,00	100,00	70,00	60,00	100,00	90,00	100,00	50,00	60,00	70,00	50,00	0,00
Altura da cultura na maturidade	3	100,00	60,00	70,00	37,50	50,00	87,50	100,00	70,00	60,00	100,00	90,00	62,50	50,00	60,00	70,00	60,00	10,00
Tamanho e desenvolvimento do sistema radicular	2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	90,00	70,00	100,00	100,00	50,00	50,00	60,00	70,00	50,00	90,00
Doenças do sistema radicular	1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	90,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	80,00	70,00
Infestação de plantas daninhas	1	100,00	100,00	50,00	50,00	87,50	87,50	100,00	80,00	10,00	60,00	50,00	62,50	12,50	40,00	100,00	100,00	20,00
IQS	-	100,00	79,64	77,14	35,71	59,38	78,57	92,86	81,43	50,71	90,71	89,64	82,59	61,16	53,21	79,64	50,36	64,29

APÊNDICE E - Resultados obtidos por meio da metodologia de Carlesi (2008): Valores reais (parte superior) e valores em porcentagem (parte inferior) dos indicadores e do Índice de Qualidade do Solo para cada ambiente avaliado

Resultados																	
Atributos do solo	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Profundidade	5,0	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	1,8	5,0	5,0	4,0	2,0	1,8	3,4	1,8	3,8
Vegetação e vigor	5,0	3,4	5,0	1,0	3,0	4,5	5,0	4,6	2,2	3,4	5,0	3,3	1,5	3,8	3,8	2,2	1,0
Erosão	5,0	4,2	5,0	3,0	1,0	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	3,4	5,0	3,0	3,8	3,0	2,2	1,0
Estrutura	5,0	5,0	5,0	2,0	3,5	5,0	5,0	5,0	3,0	3,8	5,0	4,0	1,5	3,8	5,0	2,6	2,2
Compactação	5,0	5,0	3,0	1,0	3,0	2,5	5,0	5,0	2,2	5,0	5,0	5,0	1,0	2,6	4,6	3,0	3,4
Cor e matéria orgânica	5,0	3,0	5,0	1,0	3,0	4,0	5,0	3,8	1,8	5,0	5,0	4,0	2,0	2,6	3,0	1,0	3,8
Retenção de água	5,0	4,6	2,6	2,0	4,0	4,5	5,0	5,0	3,0	5,0	5,0	5,0	3,0	1,8	3,8	3,0	3,4
Atividade de microrganismos	5,0	3,0	5,0	1,5	3,0	4,0	5,0	5,0	2,2	4,2	5,0	3,0	1,0	1,8	3,0	1,8	3,4
IQS	40,0	33,2	35,6	14,5	23,5	32,5	40,0	38,4	19,2	36,4	38,4	33,3	15,0	22,0	29,6	17,6	22,0
Resultados (%)																	
Atributos do solo	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Profundidade	100,00	100,00	100,00	60,00	60,00	60,00	100,00	100,00	36,00	100,00	100,00	80,00	40,00	36,00	68,00	36,00	76,00
Vegetação e vigor	100,00	68,00	100,00	20,00	60,00	90,00	100,00	92,00	44,00	68,00	100,00	65,00	30,00	76,00	76,00	44,00	20,00
Erosão	100,00	84,00	100,00	60,00	20,00	100,00	100,00	100,00	60,00	100,00	68,00	100,00	60,00	76,00	60,00	44,00	20,00
Estrutura	100,00	100,00	100,00	40,00	70,00	100,00	100,00	100,00	60,00	76,00	100,00	80,00	30,00	76,00	100,00	52,00	44,00
Compactação	100,00	100,00	60,00	20,00	60,00	50,00	100,00	100,00	44,00	100,00	100,00	100,00	20,00	52,00	92,00	60,00	68,00
Cor e matéria orgânica	100,00	60,00	100,00	20,00	60,00	80,00	100,00	76,00	36,00	100,00	100,00	80,00	40,00	52,00	60,00	20,00	76,00
Retenção de água	100,00	92,00	52,00	40,00	80,00	90,00	100,00	100,00	60,00	100,00	100,00	100,00	60,00	36,00	76,00	60,00	68,00
Atividade de microrganismos	100,00	60,00	100,00	30,00	60,00	80,00	100,00	100,00	44,00	84,00	100,00	60,00	20,00	36,00	60,00	36,00	68,00
IQS	100,00	83,00	89,00	36,25	58,75	81,25	100,00	96,00	48,00	91,00	96,00	83,13	37,50	55,00	74,00	44,00	55,00

APÊNDICE F - Resultados obtidos por meio da metodologia RAQS: Valores reais (parte superior) e valores em porcentagem (parte inferior) dos indicadores e do Índice de Qualidade do Solo para cada ambiente avaliado (início)

RESULTADOS																	
Indicadores	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Cor e odor do solo	3,0	1,0	2,0	3,0	2,0	3,0	2,8	3,0	1,6	1,5	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0
Susceptibilidade à erosão	9,0	8,3	9,0	7,0	2,0	6,0	9,0	9,0	3,6	8,3	7,5	9,0	8,0	9,0	9,0	3,8	4,5
Pedregosidade	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	3,3	6,0	4,4	5,6	4,0	6,0	4,0	4,7	5,0	5,5	5,5	5,5
Estrutura e consistência do solo	9,0	6,0	6,0	9,0	6,0	9,0	9,0	9,0	7,8	7,5	9,0	9,0	6,0	6,0	9,0	5,3	9,0
Compactação	9,0	3,0	4,5	8,0	4,0	6,0	6,6	9,0	4,8	6,0	9,0	9,0	7,0	4,5	7,5	6,0	4,5
Porosidade	9,0	4,5	6,0	9,0	5,0	6,0	9,0	9,0	7,8	6,8	9,0	9,0	8,0	3,0	5,3	8,3	6,0
Profundidade da camada superficial	6,0	3,0	3,5	6,0	4,0	4,7	6,0	6,0	4,0	4,0	6,0	5,3	5,3	4,5	6,0	4,0	5,5
Quantidade, decomposição e incorporação da serapilheira no solo	6,0	2,0	3,0	2,0	1,3	3,3	5,6	4,4	2,8	4,0	6,0	4,0	2,7	4,0	4,0	1,5	2,5
Presença e atividade de organismos	6,0	2,0	2,5	3,3	1,3	2,7	3,6	6,0	1,6	4,5	6,0	4,7	4,7	3,0	3,0	2,0	6,0
Fauna do solo	3,0	1,3	2,0	0,7	2,0	2,3	1,8	3,0	1,4	2,0	2,5	1,7	2,3	2,5	1,3	1,0	1,3
Índice de cobertura	9,0	7,5	8,3	9,0	7,0	7,0	9,0	8,4	6,0	8,3	9,0	8,0	9,0	9,0	7,5	6,0	3,0
Índice de diversidade	6,0	2,5	4,0	2,7	3,3	3,3	6,0	6,0	2,0	2,5	6,0	6,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0
Porte e estratificação	3,0	1,8	2,5	1,7	2,0	2,0	3,0	3,0	1,6	1,5	3,0	3,0	1,3	1,0	2,0	1,8	1,5
Vigor da Vegetação	3,0	1,8	1,8	2,7	1,7	3,0	2,6	2,6	1,8	2,5	2,8	3,0	3,0	3,0	2,0	1,5	1,8
Sucessão na vegetação	3,0	0,8	0,8	1,0	1,7	1,0	3,0	3,0	1,0	0,8	3,0	3,0	0,7	1,3	2,0	1,5	3,0
Infestação de plantas	3,0	0,3	2,8	1,0	1,3	1,7	3,0	3,0	1,0	0,5	2,8	3,0	1,0	1,0	2,0	2,3	3,0
Fauna	3,0	1,0	1,8	1,0	1,0	1,7	2,4	2,8	1,4	1,3	3,0	1,7	2,0	1,5	1,3	1,0	1,0
IQS	96,0	52,5	66,3	73,0	51,7	66,0	88,4	91,6	55,8	65,8	93,5	86,3	69,7	62,3	73,3	56,3	64,0

APÊNDICE F - Resultados obtidos por meio da metodologia RAQS: Valores reais (parte superior) e valores em porcentagem (parte inferior) dos indicadores e do Índice de Qualidade do Solo para cada ambiente avaliado (final)

RESULTADOS (%)																	
Indicadores	Área Ideal	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14	Área 15	Área 16
Cor e odor do solo	100,00	33,33	66,67	100,00	66,67	100,00	93,33	100,00	53,33	50,00	100,00	100,00	66,67	66,67	66,67	33,33	66,67
Susceptibilidade à erosão	100,00	91,67	100,00	77,78	22,22	66,67	100,00	100,00	40,00	91,67	83,33	100,00	88,89	100,00	100,00	41,67	50,00
Pedregosidade	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	55,56	100,00	73,33	93,33	66,67	100,00	66,67	77,78	83,33	91,67	91,67	91,67
Estrutura e consistência do solo	100,00	66,67	66,67	100,00	66,67	100,00	100,00	100,00	86,67	83,33	100,00	100,00	66,67	66,67	100,00	58,33	100,00
Compactação	100,00	33,33	50,00	88,89	44,44	66,67	73,33	100,00	53,33	66,67	100,00	100,00	77,78	50,00	83,33	66,67	50,00
Porosidade	100,00	50,00	66,67	100,00	55,56	66,67	100,00	100,00	86,67	75,00	100,00	100,00	88,89	33,33	58,33	91,67	66,67
Profundidade da camada superficial	100,00	50,00	58,33	100,00	66,67	77,78	100,00	100,00	66,67	66,67	100,00	88,89	88,89	75,00	100,00	66,67	91,67
Quantidade, decomposição e incorporação da serapilheira no solo	100,00	33,33	50,00	33,33	22,22	55,56	93,33	73,33	46,67	66,67	100,00	66,67	44,44	66,67	66,67	25,00	41,67
Presença e atividade de organismos	100,00	33,33	41,67	55,56	22,22	44,44	60,00	100,00	26,67	75,00	100,00	77,78	77,78	50,00	50,00	33,33	100,00
Fauna do solo	100,00	41,67	66,67	22,22	66,67	77,78	60,00	100,00	46,67	66,67	83,33	55,56	77,78	83,33	41,67	33,33	41,67
Índice de cobertura	100,00	83,33	91,67	100,00	77,78	77,78	100,00	93,33	66,67	91,67	100,00	88,89	100,00	100,00	83,33	66,67	33,33
Índice de diversidade	100,00	41,67	66,67	44,44	55,56	55,56	100,00	100,00	33,33	41,67	100,00	100,00	33,33	33,33	66,67	66,67	66,67
Porte e estratificação	100,00	58,33	83,33	55,56	66,67	66,67	100,00	100,00	53,33	50,00	100,00	100,00	44,44	33,33	66,67	58,33	50,00
Vigor da Vegetação	100,00	58,33	58,33	88,89	55,56	100,00	86,67	86,67	60,00	83,33	91,67	100,00	100,00	100,00	66,67	50,00	58,33
Sucessão na vegetação	100,00	25,00	25,00	33,33	55,56	33,33	100,00	100,00	33,33	25,00	100,00	100,00	22,22	41,67	66,67	50,00	100,00
Infestação de plantas daninhas	100,00	8,33	91,67	33,33	44,44	55,56	100,00	100,00	33,33	16,67	91,67	100,00	33,33	33,33	66,67	75,00	100,00
Fauna	100,00	33,33	58,33	33,33	33,33	55,56	80,00	93,33	46,67	41,67	100,00	55,56	66,67	50,00	41,67	33,33	33,33
IQS	100,00	54,69	69,01	76,04	53,82	68,75	92,08	95,42	58,13	68,49	97,40	89,93	72,57	64,84	76,30	58,59	66,67

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A. The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. **Soil Science Society of America Journal**, n. 68, p. 1945-1962, 2004.
- ARMENISE, E.; REDMILE-GORDON, M. A.; STELLACCI, A. M.; CICCARESE, A.; RUBINO, P. Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment. **Soil & Tillage Research**, n. 130, p. 91-98, 2013.
- ASKARI, M. S.; CUI, J.; HOLDEN, N. M. The visual evaluation of soil structure under arable management. **Soil & Tillage Research**, n. 134, p. 1-10, 2013.
- ARSHAD, M. A.; COEN, G. M. Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. **American Journal Alternative Agriculture**, Cambridge, v. 7, p. 25-31, jun. 1992.
- BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural quality - a development of the Peerlkamp test. **Soil Use and Management**, n. 23, p. 329-337, 2007.
- BOUMA, J. Land quality indicators of sustainable land management across scales. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 88, n. 2, p. 129-136, fev. 2002.
- CARLESI, S. E. **Construção participativa de indicadores de qualidade do solo para avaliação da sustentabilidade de unidades olerícolas no Sul do Uruguai**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- CASALINHO, H. D. **Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas**. 2003. 208 p. Tese (Doutorado em Ciências). Pelotas. Universidade Federal de Pelotas, 2003.
- CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas-RS, v. 13, n. 2, p. 195-203, abr./jun. 2007.
- CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R.; LOPES, A. S. Qualidade do solo em sistemas de produção de base ecológica: a percepção do agricultor. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 2, n. 1, p. 59-62, fev. 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EPAMIG. **Práticas Conservacionistas**, 12 p., 2009.
- EPELDE, L.; BURGESS, A.; MIJANGOS, I.; GARBISU, C. Microbial properties and attributes of ecological relevance for soil quality monitoring during a chemical stabilizations field study. **Applied Soil Ecology**, n. 75, p. 1-12, 2014.
- FLAUZINO, B. K. **Degradação do solo pela erosão hídrica e capacidade de uso em sub-bacia hidrográfica piloto no sul de Minas Gerais**. 105 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Itajubá-MG. Universidade Federal de Itajubá, 2012.
- GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; BALL, B.; ROSA, J. A. Visual soil structure quality assessment on Oxisols under no-tillage system. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v. 67. n. 4. p. 479-482, jul-ago 2010.

- GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C. On the Visual Evaluation of Soil Structure: The Brazilian experience in Oxisols under no-tillage. **Soil & Tillage Research**, n. 127, p. 60-64, 2013.
- GOMES, A.S.; SILVA, C. A. S.; PARFITT, J. M. B.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul. **Embrapa Clima Temperado**. Pelotas-RS. p. 40. 2006.
- GREGORICH, E. G.; Carter, M. R.; Angers, D. A.; Monreal, C. M.; Ellert, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal Soil Science**. n. 74, p. 367 - 385. 1994
- GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, v. 27, p. 395-403, 2011.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, n. 4, v. 1, 9 p. 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em: mar. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313240&search=minas-gerais|itajuba>>. Acesso em: dez. 2013.
- JENNY, H. **Factors of Soil Formation A System of Quantitative Pedology**. Dover Publications. New York, 1941.
- KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**, SSSA Special Publication, 35. Madison, 1994.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America**, Jan/Feb v. 61, p. 4-10. 1997. Disponível em: <<http://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=16713&content=PDF>>. Acesso em: mai. 2014.
- KARLEN, D. L.; ANDREWS, S. S.; DORAN, J. W. Soil quality: current concepts and applications. **Advances in Agronomy**, v. 74, p. 1-40, 2001.
- KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A., ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? **Geoderma**, n. 114, p. 145-156. 2003. Disponível em: Acesso em: out. 2013.
- KARLEN, D. L.; ANDREWS, S. S.; WIENHOLD, B. J.; ZOBECK, T. M. Soil Quality Assessment: Past, Present and Future. **Journal of Integrative Bioscience**, v. 6, p. 3-14, 2008.
- KAY, B. D.; HAJABBASI, M. A.; YING, J.; TOLLENAAR, M. Optimum versus non-limiting water contents for root growth, biomass accumulation, gas exchange and the rate of development of maize (*Zea mays* L.). **Soil & Tillage Research**, n. 88, p. 42-54, 2006.
- LAIRD, D. A.; CHANG, C. Long-term impacts of residue harvesting on soil quality. **Soil & Tillage Research**, n. 134, p. 33-40, 2013.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: Evaluation for sustainable land management in the developing world. Technical papers: International Board for Soil Research and Management. 12. v. 2. Thailand. IBSRAM, 1991.

- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**, SSSA Special Publication, 35. Madison, 1994.
- LI, P.; ZHANG, T.; WANG, X.; YU, D. Development of biological soil quality indicator system for subtropical China. **Soil & Tillage Research**, n. 126, p. 112-118, 2013.
- LIMA, A. C. R.; BRUSSAARD, L.; TOTOLA, M. R.; HOOGMOED, W. B.; GOEDE, R. G. M. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality. **Applied Soil Ecology**, n. 64, p. 194-200, 2013.
- LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas integrados: el marco MESMIS. **Boletín ILEIA**, p. 25-27, abr. 2001.
- MEDVEDEV, A.; BUSSYGYN, O.; PYATAKOVA, N.; GLOVER, V.; SEVERINA, I. Effect of isatin on nitric oxide-stimulated soluble guanylate cyclase from human platelets. **Biochemical Pharmacology**, n. 63, p. 763-766, 2002.
- MELLONI, R. **Densidade e diversidade de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em solos de mineração de bauxita**. 173 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Lavras-MG. Universidade Federal de Lavras, 2001.
- MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. Indicadores da qualidade do solo. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 244, p. 17-29, maio/jun. 2008.
- MERRILL, S. D.; LIEBIG, M. A.; TANAKA, D. L.; KRUPINSKY, J. M. Comparison of soil quality and productivity at two sites differing in profile structure and topsoil properties. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 179, p. 53-61, 2013.
- MERRINGTON, G.; FISHWICK, S.; BARRACLOUGH, D.; MORRIS, J.; PREEDY, N.; BOUCARD, T.; REEVE, M. J.; SMITH, P.; FANG, C.; The Development and Use of Soil Quality Indicators for Assessing the Role of Soil in Environmental Interactions. **Environment Agency Science Report**, 241 p., 2006.
- MOSADDEGHI, M. R.; MAHBOUBI, A. A.; SAFADOUST, A. Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. **Soil & Tillage Research**, n. 104, p. 173-179, 2009.
- MUELLER, L.; SHEPHERD, T. G.; KAY, B.; BEHRENDT, A.; SCHINDLER, U. Evaluation of soil structure and soil quality under arable and grass lands. In: INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANISATION, 17th Triennial Conference. Kiel, Germany, 2007.
- MUELLER, L.; KAY, B. D.; HU, C.; LI, Y.; SCHINDLER, U.; BEHRENDT, A.; SHEPHERD, T. G.; BALL, B. C. Visual assessment of soil structure: Evaluation of methodologies on sites in Canada, China and Germany. Party I: Comparing visual methods and linking them with soil physical data and grains yield of cereals. **Soil & Tillage Research**, v. 103, p. 178-187, 2009.
- MUELLER, L.; SCHINDLER, U.; MIRSCHEL, W.; SHEPHERD, T. G.; BALL, B. C.; HELMING, K.; ROGASIK, J.; EULENSTEIN, F.; WIGGERING, H. Assessing the productivity function soils. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, p. 601-614, 2010.

- MURPHY, B. W.; CRAWFORD, M. H.; DUNCAN, D. A.; MCKENZIE, D. C.; KOEN, T. B. The use of visual soil assessment schemes to evaluate surface structure in a soil monitoring program. **Soil & Tillage Research**, n. 127, p. 3-12, 2013.
- NEWELL-PRICE, J. P.; WHINTTINGHAM, M. J.; CHAMBERS, B. J.; PEEL, S. Visual soil evaluation in relation to measured soil physical properties in a survey of grassland soil compaction in England and Wales. **Soil & Tillage Research**, n. 127, p. 65-173, 2013.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI M. A.; DEZANET, A.; LANA, M.; FEISTAUER, D.; OURIQUES, M. A rapid farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. **Biodynamics**, Pottstow, v. 250, p 33-40, 2004.
- OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**. 4. ed. Piracicaba: Fealq, 2011. 592 p.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. On Definition of Forest and Forest Change. **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**. AGRI/60363. Rev. 1. 2005.
- REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**, v. 1, n. 1, abr. 2003.
- RODRIGUES, C. A. G. Sistema de Gestão Territorial da ABAG/RP. **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2005.
- ROMIG, W. R. Selection of cultivars for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p. 38-40, 1995.
- SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C. Indicadores de qualidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. Brasília, 1999. Programas e Resumos. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999.
- SANTOS, S. A.; POTT, A.; RODRIGUES, C. A. G.; CARDOSO, E. L.; COMASTRI FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. A. Pastagem Nativa. **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2012.
- SCHERR, S. Soil degradation: a threat to developing country food security by 2020? Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper. Washington, IFPRI. n. 27. 1999.
- SCHIPPER, L. A.; SPARLING, G. P. Performance of soil condition indicators across taxonomic groups and land uses. **Soil Science Society of America Journal**. n. 64. p. 300 - 311, 2000.
- SHAW, G. **Soil Health Issues for Australian Cotton Production: Growers Perspective**. Cotton Research and Development Corporation. Cooperative Research Centre. Narrabri, 2005.
- SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil Till**. n. 87, p. 194-204, 2006.
- SOJKA, R. E.; UPCHURCH, D. R. Reservations Regarding the Soil Quality Concept. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, n. 5, set - out. 1999.
- STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I; STEFFEN, R. B.; JACQUES, R. J. S. Importância ecológica e ambiental das minhocas. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 2, n. 36, p. 137-147. 2013.
- VSA, **Visual Soil Assessment**. Vasterstad; Soil Management Initiative-SMI. 2005. 42 p. Disponível em:

<http://www.potato.org.uk/sites/default/files/publication_upload/Visual%20Soil%20Assessm ent.pdf>. Acesso em: nov. 2013.

TÓTH, T.; PÁSZTOR, L.; VÁRALLYAY, G.; TÓTH, G. Overview of soil information and soil protection policies in Hungary. **Status and prospect of soil information in southeastern europe: soil databases, projects and applications**. Institute for Environment and Sustainability. p. 77-86, 189 p., 2007.

VEIGA, J. B. Formação e manutenção da pastagem. **Sistemas de Produção**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Amazônia Oriental. v. 2, dez. 2005.

VERDADE, F. C. Ação da água oxigenada sobre a matéria orgânica do solo. **Bragantia - Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas**, Instituto Agronômico de Campinas. v. 13, n. 24, 1954.

VISSER, S.; PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, n. 1/2, p.33-37, 1992.

YAO, R.; YANG, J.; GAO, P.; ZHANG, J.; JIN, W. Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area. **Soil & Tillage Research**, n. 128, p. 137-148, 2013.

WARKENTIN, B. P.; FLETCHER, H. F. Sol quality for intensive agriculture. In: **Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture**. 1977. Tokyo, Japan. p. 594-598.

ANEXO A - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de Melloni (2001)

<i>Metodologia: Melloni (2001)</i>							
<i>Avaliador:</i>						<i>Data:</i>	
Indicador (valor)	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Nota	CR (%)
SOLO							
Erosão (5-0)						5 (ausência) a 0 (altamente erodido)	100
Pedregosidade (5-0)						5 (ausência) a 0 (muito pedregoso)	50
Fauna do solo (3-0)						3 (presença) a 0 (ausência)	50
VEGETAÇÃO (5-0)							
Índice de cobertura						5 (referência) a 0 (sem cobertura)	100
Índice de diversidade						5 (referência) a 0 (nenhuma)	80
Porte/estratificação						5 (referência) a 0 (nenhuma)	50
Vigor da vegetação						5 (referência) a 0 (plantas mortas)	100
Sucessão na vegetação						5 (ocorrência intensa) a 0 (não ocorre)	100
Quantidade de serapilheira						5 (referência) a 0 (ausência)	100
Decomposição da serapilheira						5 (referência) a 0 (ausência de sinal)	100
Incorporação no solo						5 (referência) a 0 (ausência)	70
OUTROS (5-0)							
Fauna						5 (muito intensa) a 0 (nenhum sinal)	50

ANEXO B - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de Casalinho (2003) (início)

<i>Metodologia: Casalinho (2003)</i>									
<i>Avaliador:</i>							<i>Data:</i>		
Níveis de limitação dos indicadores							Avaliação		
Indicadores	Alto (A)	Médio (M)	Baixo (B)	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	
Descrição									
Compactação	Solo endurecido, pobre em matéria orgânica, raízes deformadas, água não infiltra, implementos não penetram o solo	Solo com alguma dificuldade para manejar, alguma resistência para penetração de implementos, água infiltra lentamente	Solo "fofo", solto, fácil de trabalhar, água infiltra de forma adequada, rico em minhocas, outros organismos e matéria orgânica						
Matéria orgânica	Solo com cores claras, sem resíduos orgânicos, ausência de minhocas e com dificuldade para trabalhar	Camada arável mais escurecida, poucos resíduos orgânicos e poucas minhocas	Solo escuro, resíduos orgânicos abundantes, muitas minhocas, "fofo" e fácil trabalhar						
Profundidade do solo	Solos rasos, com menos de 20 cm de espessura na camada arável, compactação forte, raízes muito próximas da superfície	Camada arável com profundidade entre 20 e 40 cm, pouca compactação, sem ser "muito prejudicial" às raízes	Solos com camada arável maior que 40 cm, raízes desenvolvidas e profundas, ausência de compactação						
Erosão	Muitos sulcos ou valetas que não podem ser desmanchadas, ausência de vegetação/resíduos, cor da água escorrida é igual a cor do solo, áreas muito inclinadas	Sulcos ou valetas que podem ser desfeitos com preparo do solo, cor da água "escorrida" pouco parecida com a do solo, alguma vegetação e resíduos na superfície	Inexistência de sulcos ou valetas, água "escorrida" é limpa, boa presença de vegetação e resíduos na superfície do solo, solo bem estruturado, áreas levemente inclinadas						
População minhocas	Até 2 minhocas por amostra retirada com pá de corte, ausência de canais, dejetos/resíduos orgânicos na superfície	Presença de duas a quatro minhocas por amostra, poucos canais, dejetos e resíduos orgânicos na superfície	Mais de cinco minhocas por amostra, grande quantidade de canais, dejetos e resíduos orgânicos no solo						

ANEXO B - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de Casalinho (2003) (final)

Níveis de limitação dos indicadores				Avaliação				
Indicadores	Alto (A)	Médio (M)	Baixo (B)	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Presença de organismos	Não há vida no solo, ausência de resíduos orgânicos, insetos e/ou pequenas aranhas, ao se colocar água oxigenada numa amostra de solo úmido não há formação de efervescência ou bolhas	Já é possível observar vida no solo, presença razoável de material orgânico na superfície e misturado ao solo, já há formação de bolhas ou efervescência quando se coloca água oxigenada numa amostra de solo	Há muita vida no solo, pequenos insetos e aranhas, grande quantidade de resíduos orgânicos e palha misturada ao solo, muita efervescência ou formação de bolhas ao se colocar a água oxigenada numa amostra de solo					
Aparência da planta	Pequena população de plantas, lavoura com falhas, plantas com pequeno desenvolvimento, com coloração amarelada ou esbranquiçada, doentes ou muito atacadas por insetos	População de plantas ainda abaixo do normal, com crescimento ainda lento, cores mais naturais, com pouco viço, algumas doentes ou atacadas por insetos	População de plantas adequada, plantas saudáveis, desenvolvimento normal, vigorosas, com muito viço, resistentes ao ataque de doenças e insetos					
Cor do solo	Cor do solo da camada arável parecida com a cor do saibro, amarelo ou acinzentado, sem material	Cor do solo da camada arável já é mais escura que a cor do saibro, pela presença de material orgânico	Cor do solo da camada arável bem diferente e escurecida pela forte presença de material orgânico decomposto					
Porosidade	Pouca matéria orgânica, infiltração muito lenta da água, secamento rápido, solo pesado ou arenoso	Presença razoável de matéria orgânica, pouca retenção de água ou com infiltração ainda lenta	Bom teor de matéria orgânica e resíduos, boa retenção ou infiltração de água, solo estruturado					
Plantas indicadoras	Presença de guanxuma, maria mole e grama seda, sugerindo solo compactado, carrapicho rasteiro, barba de bode, sugerindo se tratar de solos pobres, papuã, sugerindo solos com crosta superficial, erva lanceta, azedinha, samambaia e tiririca, sugerindo solos ácidos, que precisam de calcário	Presença de picão preto, picão branco, nabisco ou nabo selvagem em razoável quantidade, sugerindo solos de média fertilidade	Terras com ocorrência de boa quantidade de beldroega, indicando um solo bem estruturado, boa umidade e com bom teor de matéria orgânica, ocorrência de serralha, caruru e língua de vaca, sugerindo solos de boa fertilidade e com bons teores de matéria orgânica					

ANEXO C - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de Nicholls et al. (2004)

Metodologia: Nicholls et al. (2004)		Data:				
Avaliador:						
Valor estabelecido	Características	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
<i>1. Estrutura</i>						
1	Solto, "empoeirado", sem visíveis agregados					
5	Poucos agregados que quebram com pouca pressão					
10	Agregados bem formados e difíceis de serem quebrados					
<i>2. Compactação</i>						
1	Solo compactado. Ao tentar penetrar um arame, este encurva-se facilmente					
5	Fina camada compactada, com alguma restrição à penetração do arame					
10	Sem compactação, com facilidade de penetração do arame					
<i>3. Profundidade do solo</i>						
1	Subsolo exposto					
5	Fina superfície de solo					
10	Solo superficial > 10 cm					
<i>4. Estado dos resíduos orgânicos na superfície</i>						
1	Resíduos orgânicos com lenta decomposição					
5	Presença de resíduos em decomposição de pelo menos um ano					
10	Resíduos em vários estágios de decomposição, muitos resíduos bem					
<i>5. Cor, odor e matéria orgânica</i>						
1	Pálido, odor químico e ausência de húmus					
5	Marrom claro, sem odor, alguma presença de húmus					
10	Marrom escuro, odor de matéria fresca e abundante presença de húmus					
<i>6. Competição e supressão de plantas espontâneas</i>						
1	Plantas estressadas suprimidas por plantas espontâneas					
5	Presença média de plantas espontâneas, algum nível de competição					
10	Plantas vigorosas, suprimindo plantas espontâneas					

ANEXO D - Planilha utilizada para aplicação da metodologia do Manual *Visual Soil Assessment* (2005)

<i>Metodologia:</i> Visual Soil Assessment (2005)							<i>Data:</i>						
<i>Avaliador:</i>													
Indicador de Qualidade Visual do Solo							Classificação Visual						
Pobre (0)							< 10						
Moderado (1)							10 - 25						
Bom (2)							> 25						
Características							Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5		
Textura do solo: (Are) Arenoso (Arg) Argiloso (S) Siltoso													
Teor de umidade do solo: (S) Seco (LU) Ligeiramente úmido (U) Úmido (M) Molhado													
Condições meteorológicas: (S) Seca (Mo) Molhada (F) Fria (Q) Quente (Me) Média													
Indicadores de Solo e de Plantas													
Atributos do solo	Peso	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Atributos do solo	Peso	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Estrutura do solo e Consistência	x 3						Grau de erosão	x 2					
Porosidade do solo	x 3						Taxa de infiltração de água	x 2					
Cor do solo	x 2						Desenvolvimento da cobertura	x 2					
Número e cor dos mosqueados do solo	x 2						Altura da vegetação na maturidade	x 3					
Contagem de minhocas	x 2						Tamanho e desenvolvimento do sistema radicular	x 2					
Zonas de compactação	x 2						Doenças do sistema radicular	x 1					
Grau de desenvolvimento dos torrões	x 1						Infestação de plantas daninhas	x 1					

ANEXO E - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de Carlesi (2008)

<i>Metodologia: Carlesi (2008)</i>								
<i>Avaliador:</i>							<i>Data:</i>	
<i>Notas: 1 (pobre) / 3 (médio) / 5 (bom)</i>								
Área	Profundidade	Vegetação e vigor	Erosão	Estrutura	Compactação	Cor e Matéria orgânica	Retenção de água	Atividade de microrganismos
1								
2								
3								
4								
5								

ANEXO F - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de RAQS (início)

Metodologia: RAQS - Referência para Avaliação da Qualidade do Solo						Data:
Avaliador:						Avaliação
DESCRIÇÃO DO SOLO						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Cor e odor do solo	Cor do solo da camada superficial parecida com a cor do material de origem, amarelo ou acinzentado e ausência de material orgânico e de odor	Cor do solo da camada superficial pouco mais escura que a cor do material de origem, geralmente marrom claro e odor muito fraco	Cor do solo da camada superficial bem mais escura que a cor do material de origem, geralmente marrom escuro e odor fraco pela presença de material orgânico	Cor do solo da camada superficial bem diferente e escurecida e forte odor de matéria fresca pela forte presença de material orgânico decomposto	1	
Susceptibilidade à erosão	Muitos sulcos ou valetas que não podem ser desmanchadas, ausência de vegetação/resíduos, costumam ocorrer em áreas muito inclinadas	Sulcos ou valetas que podem ser desfeitos com preparo do solo, alguma vegetação e resíduos na superfície	Inexistência de sulcos ou valetas, mas solo exposto com pouca vegetação e resíduos na superfície do solo	Inexistência de sulcos ou valetas, boa presença de vegetação e resíduos na superfície do solo	3	
Pedregosidade	Solo muito pedregoso (>50%)	Pedregosidade intermediária (21 - 50%)	Pouco pedregoso (1 - 20%)	Nenhuma pedregosidade (0%)	2	
Estrutura e consistência do solo	Solo "empoeirado" como areia, onde não há estrutura e/ou consistência. Incapacidade de formar agregados	Poucos agregados, agregados muito grandes difíceis de serem quebrados	Quantidade média de agregados, com alguma resistência à quebra	Muitos agregados que quebram com pouca pressão	3	

ANEXO F - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de RAQS (continua)

DESCRIÇÃO DO SOLO						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Compactação	Solo endurecido, ausência de matéria orgânica. Ao tentar penetrar um arame, este encurva-se facilmente	Solo com alguma dificuldade para manejar, pobre em matéria orgânica, arame ainda encurva-se	Solo macio com fina camada compactada, mas com pouca matéria orgânica. Alguma restrição à penetração do arame	Solo "fofo", sem compactação, rico em matéria orgânica. Arame penetra facilmente	3	
Porosidade	Infiltração muito lenta da água com alto carreamento superficial de partículas	Pouca retenção de água ou infiltração ainda lenta com pouco carreamento de partículas	Boa retenção ou infiltração de água praticamente sem carreamento de partículas	Excelente retenção ou infiltração de água sem carreamento de partículas	3	
Profundidade da camada superficial	Ausência da camada superficial e subsolo exposto	Solos rasos, com menos de 20 cm de espessura na camada superficial, compactação forte	Solos com camada superficial entre 20 e 40 cm	Solos com camada arável maior que 40 cm	2	
Quantidade, decomposição e incorporação da serapilheira no solo	Ausência de serapilheira	Pouca serapilheira com decomposição muito lenta e sem incorporação ao solo	Presença razoável de serapilheira em estágio intermediário de decomposição e incorporação na parte superficial do solo	Muita serapilheira muito bem decomposta, resíduos em vários estágios de decomposição e excelente incorporação no solo	2	

ANEXO F - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de RAQS (continua)

DESCRIÇÃO DO SOLO						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Presença e atividade de organismos	Não há vida no solo, ausência de resíduos orgânicos. Ao se colocar água oxigenada numa amostra de solo úmido não há formação de efervescência ou bolhas	Já é possível observar vida no solo, pouca presença de material orgânico na superfície, já há formação de bolhas ou efervescência quando se coloca água oxigenada numa amostra de solo úmido	Há vida no solo, presença razoável de material orgânico na superfície e misturado ao solo, pouca formação de bolhas ou efervescência quando se coloca água oxigenada numa amostra de solo úmido	Há muita vida no solo, grande quantidade de resíduos orgânicos e palha misturada ao solo, muita efervescência ou formação de bolhas ao se colocar a água oxigenada numa amostra de solo úmido	2	
Fauna do solo (minhocas, formigas, gafanhotos, aranhas, cupins, etc.)	Ausência de qualquer indício da fauna do solo (canais, dejetos, resíduos orgânicos, etc.)	Já se encontram indícios da fauna do solo (canais, dejetos, resíduos orgânicos, etc.), sem a efetiva presença dos mesmos	Há pouca fauna do solo e poucos indícios de sua presença	Há abundância de fauna do solo e fortes indícios de sua presença	1	

ANEXO F - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de RAQS (continua)

DESCRIÇÃO DA VEGETAÇÃO						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Índice de cobertura	Nenhuma cobertura (0%)	Solo pouco coberto (<40%)	Cobertura intermediária (41 - 80%)	Solo totalmente coberto por plantas saudáveis (>80%)	3	
Índice de diversidade	Nenhuma espécie	Predominância de uma única espécie	Variedade intermediária de espécies	Grande variedade de espécies, sem predomínio	2	
Porte e estratificação	Nenhum estrato	Somente estrato herbáceo	Estratos herbáceo e arbustivo	Estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo	1	
Vigor da Vegetação	Ausência de plantas ou pouquíssimas plantas com falhas, mínimo desenvolvimento, com coloração esbranquiçada, doentes ou muito atacadas por insetos	Pequena população de plantas, poucas falhas, plantas com pequeno desenvolvimento, com coloração amarelada, pouco doentes e atacadas por insetos	População de plantas ainda abaixo do normal, com crescimento ainda lento, cores mais naturais, com pouco viço, algumas doentes ou atacadas por insetos	População de plantas adequada, desenvolvimento normal, plantas saudáveis, vigorosas, com muito viço e resistentes ao ataque de doenças e insetos	1	
Sucessão na vegetação	Ausência de sucessão	Baixa ocorrência de espécies não introduzidas pelo homem	Ocorrência intermediária de espécies não introduzidas pelo homem	Ocorrência intensa de espécies não introduzidas pelo homem	1	
Infestação de plantas daninhas	Ausência de plantas daninhas	Pouca quantidade e variedade de plantas daninhas	Quantidade e variedade intermediárias de plantas daninhas	Grande quantidade e variedade de plantas daninhas	1	

ANEXO F - Planilha utilizada para aplicação da metodologia de RAQS (final)

DESCRICÃO DA FAUNA						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Fauna (anfíbios, répteis, aves e mamíferos)	Ausência de qualquer indício da fauna do solo (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	Já se encontram indícios da fauna do solo (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.), sem a efetiva presença dos mesmos	Há pouca fauna no ambiente e poucos indícios de sua presença (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	Há abundância de fauna no ambiente e fortes indícios de sua presença (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	1	