



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

**AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DA BACIA DO  
RIO JARDIM**

**Bruno Magalhães Roncisvale**

Orientador: Prof. Msc. Paulo Henrique B. J. Menezes

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marina R. Bilich Neumann

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

BRASÍLIA

2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

**AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DA BACIA DO  
RIO JARDIM**

**Bruno Magalhães Roncisvale**

Orientador: Prof. Msc. Paulo Henrique B. J. Menezes

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marina R. Bilich Neumann

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

**COMISSÃO JULGADORA**

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Msc. Paulo Henrique B. J. Menezes	_____
Examinadores:	Prof. Dr. Edilson Souza Bias	_____
	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Tatiana Diniz Gonçalves	_____

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Jardim é uma região de grande importância para o setor agropecuário do Distrito Federal, pois é a responsável pela maior parte da produção de grãos, hortaliças, frutas e outros alimentos. Apesar de demonstrar grande vocação para tais atividades, a bacia do rio Jardim está ameaçada pela forte pressão sobre seus recursos naturais, sobretudo os solos e a água, decorrente das atividades antrópicas. Desta maneira, se fazem necessários estudos que subsidiem o planejamento do uso das terras da bacia, a fim de permitir o uso racional dos recursos naturais disponíveis e assegurar a sustentabilidade ambiental e produtiva da região. As técnicas de geoprocessamento oferecem instrumentos para a análise ambiental, que são de grande valia no planejamento e ordenamento territorial. Nesse contexto, o presente trabalho explorou a versatilidade do Sistema de Informações Geográficas (SIG) como ambiente computacional para a integração e visualização de dados espaciais, objetivando a produção de um mapa de aptidão agrícola das terras da bacia do rio Jardim. Verificou-se que quase todas as terras da bacia se prestam ao desenvolvimento de lavouras com nível tecnológico desenvolvido, mas com aptidão agrícola regular ou restrita. Comparando-se os resultados com aqueles obtidos por pesquisadores da EMBRAPA na realização do mesmo estudo (SPERA et al., 2002), algumas informações foram confirmadas, mas também houveram discrepâncias.

Palavras-chave: aptidão agrícola, capacidade de uso, planejamento do uso das terras, Sistema de Informações Geográficas (SIG), agricultura sustentável.

## ABSTRACT

The Jardim River watershed is a great important region for the agricultural sector of the Distrito Federal, because it is responsible for the most production of grains, vegetables, fruits and other foods. Despite showing great vocation for such activities, the Jardim River's basin is threatened by strong pressure on its natural resources, especially soil and water, resulting from human activities. Therefore, studies are needed to support the planning of land use in the watershed in order to allow the rational use of natural resources and ensure environmental and productive sustainability in the region. The geoprocessing techniques offer tools for environmental analysis that are of great value in planning of land use. In this context, the present study explored the versatility of the Geographic Information System (GIS) as a computational environment for integration and visualization of spatial data, aiming at the production of a land suitability map of the lands of the Jardim River watershed. It was found that almost all the lands of the basin lend themselves to the development of crops with developed technological level, but with regular or limited agricultural potential. Comparing the results with those obtained by EMBRAPA researchers in conducting the same study (SPERA et al., 2002), some information has been confirmed, but there were discrepancies.

Keywords: land suitability, planning of land use, Geographic Information System (GIS), sustainable agriculture.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Planejamento do Uso Agrícola das Terras.....	2
2.2. Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.....	5
2.3. Sistemas de Informações Geográficas .....	10
3. OBJETIVO.....	11
4. ÁREA DE ESTUDO .....	11
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	14
5.1. Generalização do Mapa de Solos.....	16
5.2. Deficiência de Fertilidade .....	16
5.3. Deficiência de Água.....	19
5.4. Deficiência de Oxigênio .....	21
5.5. Suscetibilidade à Erosão .....	22
5.6. Impedimento à Mecanização .....	25
5.7. Aptidão Agrícola das Terras .....	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
6.1. Generalização do Mapa de Solos.....	28
6.2. Deficiência de Fertilidade .....	29
6.3. Deficiência de Água.....	35
6.4. Deficiência de Oxigênio .....	36
6.5. Suscetibilidade à erosão .....	38
6.6. Impedimento à Mecanização .....	41
6.7. Aptidão Agrícola das Terras .....	44
7. CONCLUSÕES.....	47
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola...7	
Figura 2 - Localização e Uso da Bacia do Rio Jardim ..... 12	12
Figura 3 - Levantamento pedológico..... 13	13
Figura 4 - Altimetria da Bacia do Rio Jardim ..... 14	14
Figura 5 - Fluxograma de Processos..... 15	15
Figura 6 - Mapa Pedológico da Bacia do Rio Jardim.....28	28
Figura 7 - Mapa da Saturação por Bases ..... 30	30
Figura 8 - Mapa da Capacidade de Troca Catiônica ..... 30	30
Figura 9 - Mapa da Saturação por Alumínio ..... 31	31
Figura 10 - Mapa da Deficiência de Nutrientes.....32	32
Figura 11 - Mapa da Fixação de Fósforo..... 33	33
Figura 12 - Mapa da Deficiência de Fertilidade ..... 34	34
Figura 13 - Mapa da Deficiência de Água..... 35	35
Figura 14 - Mapa da Deficiência de Oxigênio ..... 37	37
Figura 15 - Mapa da Erodibilidade dos Solos ..... 38	38
Figura 16 - Mapa de Declividade ..... 40	40
Figura 17 - Mapa da Suscetibilidade à Erosão ..... 41	41
Figura 18 - Mapa do Impedimento à Mecanização Preliminar ..... 42	42
Figura 19 – Mapa do Impedimento à Mecanização ..... 43	43
Figura 20 – Mapa da Aptidão Agrícola das Terras ..... 44	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Graus de Limitação Referentes à Deficiência de Nutrientes (DN) ..... 17	17
Tabela 2 - Graus de Limitação Referentes à Saturação por Alumínio (m) ..... 17	17
Tabela 3 - Operações Booleanas: Deficiência de Nutrientes (DN)..... 17	17
Tabela 4 - Graus de Limitação Referentes à Fixação de Fósforo (P)..... 18	18
Tabela 5 – Operações Booleanas: Deficiência de Fertilidade (DF) ..... 19	19
Tabela 6 - Graus de Limitação Referentes à Deficiência de Oxigênio (DO) ..... 21	21
Tabela 7 - Graus de Limitação Referentes à Erodibilidade (K) ..... 24	24
Tabela 8 - Classes de Declividade ..... 24	24
Tabela 9 - Graus de Limitação Referentes à Suscetibilidade à Erosão (SE)..... 24	24

Tabela 10 - Operações booleanas: Suscetibilidade à erosão (SE).....	25
Tabela 11- Operações booleanas: Impedimento à mecanização (IM).....	27
Tabela 12 - Operações booleanas: Aptidão Agrícola .....	27
Tabela 13 - Classes de Solos .....	29
Tabela 14 - Deficiência de Fertilidade (DF).....	34
Tabela 15 - Deficiência de Água (DA).....	36
Tabela 16 - Deficiência de Oxigênio (DO) .....	37
Tabela 17 - Erodibilidade dos Solos (K) .....	39
Tabela 18 - Declividade.....	40
Tabela 20 - Suscetibilidade à Erosão (SE) .....	41
Tabela 21 - Impedimento à Mecanização Preliminar (IMP) .....	42
Tabela 22 - Impedimento à Mecanização (IM) .....	43
Tabela 23 - Aptidão Agrícola das Terras.....	45
Tabela 24 - Aptidão Agrícola por Classes de Solos .....	45

#### LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Graus de Limitação Referentes à Deficiência de Água (DA).....	20
Quadro 2 - Graus de Limitação Referentes à Deficiência de Oxigênio (DO).....	22
Quadro 3 – Graus de Limitação Referentes ao Impedimento à Mecanização (IM) .....	26

## 1. INTRODUÇÃO

Em face das diversas perdas ambientais testemunhadas pela humanidade em razão das atividades antrópicas e da crescente preocupação com a conservação do meio ambiente, tem-se demandado o desenvolvimento de metodologias de análise ambiental que auxiliem os gestores a incluírem a ótica ambiental no processo decisório (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004).

Na agropecuária, há grande mobilização dos recursos naturais necessários à produção de alimentos, fibras e energia. Os recursos naturais utilizados com maior intensidade são o solo e a água. Considerando que as terras cultivadas não podem se expandir indefinidamente, torna-se necessário pensar em formas de utilização que maximizem o potencial produtivo sem, contudo, comprometer a viabilidade da produção sustentável ao longo do tempo. Além disso, a manutenção da quantidade e da qualidade da água ofertada pelo ambiente depende diretamente da forma como os solos são manejados nas áreas rurais. Solos mal manejados e utilizados de forma contrária a sua aptidão estão fadados a problemas como erosão, declínio das produções, desertificação.

Na bacia hidrográfica do rio Jardim, onde são produzidas as maiores quantidades de grãos, hortaliças, frutas, carnes e ovos no Distrito Federal, os recursos naturais estão constantemente sob intensa pressão (DOLABELLA et al.1996, citado por SPERA et al., 2005; ADASA, 2012). Para que a região possa continuar exercendo sua vocação, são necessários planejamentos que reconheçam as fragilidades e potencialidades das terras e possibilitem seu uso adequado.

Entre as estratégias que podem ser adotadas para planejar o uso das terras de maneira adequada e coerente com a oferta ambiental, figura a avaliação da aptidão agrícola das terras. Esse tipo de estudo evoluiu com o intuito de sistematizar a interpretação dos levantamentos de solos e outros fatores ambientais, de modo que há um leque farto de metodologias disponíveis para a realização dessa análise, cada uma adaptada a determinadas circunstâncias. De maneira geral, consideram-se os fatores ambientais mais influentes sobre a atividade agropecuária e ponderam quanto às limitações e potencialidades associadas e esses fatores. Algumas metodologias consideram, ainda, as possibilidades de superação das limitações por meio de técnicas de manejo. Os resultados das avaliações são mapas das terras indicando o potencial de utilização e as atividades/práticas agropecuárias recomendadas.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Planejamento do Uso Agrícola das Terras**

De acordo com Ramalho Filho & Pereira (1999), a redução progressiva da oferta ambiental e o comprometimento da qualidade de vida das populações levaram ao agravamento dos problemas enfrentados pela humanidade, mesmo após décadas de melhoria da qualidade de vida das populações. Diversos relatórios e modelos apresentados sobre as mutações do ecossistema planetário trazem anúncios alarmantes sobre as condições e as perdas ambientais verificadas, como a redução das áreas cultiváveis e de floresta, processos de salinização dos solos e desertificação, entre outros.

Ramalho Filho & Pereira (1999) defendem que para contornar os problemas causados pelas alterações ambientais, deve-se, como preocupação primordial, atuar sobre o ordenamento e o reordenamento territorial. Para Lopes Assad et al. (2009), o zoneamento das terras, além de importante para o planejamento ambiental, contribui para a definição de estratégias mitigadoras dos impactos decorrentes do uso intensivos dos recursos naturais. Mas salientam que a elaboração destes planos requer a integração de um grande número de variáveis, dificultando a atuação dos gestores ambientais, uma vez que os dados estão disponíveis em formatos (mapas, planilhas, textos, etc.) e densidades diferentes para uma mesma área alvo.

A crescente preocupação com a questão ambiental tem demandado metodologias que forneçam subsídios para o planejamento e a tomada de decisões que, além de precisas, adequadas e ágeis, incorporem a componente ambiental no processo decisório (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004). Nesse contexto, Ramalho Filho & Pereira (1999) afirmam que o estudo da aptidão agrícola das terras é um instrumento imprescindível para a elaboração de zoneamentos territoriais. Também afirmam que o conhecimento da aptidão agrícola das terras, além de importante, é necessário ao uso dos recursos naturais de forma coerente à oferta ambiental, evitando a sobre ou a subutilização dos ecossistemas.

Em sua revisão sobre os diversos métodos de avaliação do potencial de utilização das terras, Ramalho Filho & Pereira (1999) destacam que cada método carrega suas peculiaridades conforme a necessidade e o contexto de sua aplicação. De acordo com Pereira

& Lombardi Neto (2004), no Brasil, os sistemas de avaliação do potencial de utilização das terras mais aplicados são o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) e o Sistema de Capacidade de Uso das Terras (MARQUES, 1971; LEPSCH et al., 1991).

Para Burrough (1976), que divide os métodos de avaliação do potencial das terras em dois grupos gerais, o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras pertence ao grupo dos métodos de avaliação para fins específicos, enquanto que o Sistema de Capacidade de Uso das Terras pertence ao grupo dos métodos de avaliação para fins gerais. A principal distinção entre os dois grupos é que as avaliações para fins gerais não levam em consideração as variáveis socioeconômicas, ao passo que as avaliações para fins específicos, além de considerarem aspectos físicos e ambientais relevantes, ponderam sobre fatores sociais e econômicos (Ramalho Filho & Pereira, 1999).

O Sistema de Capacidade de Uso das Terras (LEPSCH et al., 1983) tem como vantagem a facilidade de compreensão e aplicação a partir de levantamentos simplificados, fato que estimula sua aplicação no Brasil, uma vez que levantamentos detalhados são escassos no país. No entanto, esse método classifica as terras apenas quanto aos requisitos de conservação, negligenciando problemas de fertilidade, pois presume uma exploração intensiva com alta tecnologia, baseada em equipamentos motorizados. Assim, a classificação da capacidade de uso das terras não se dirige especificamente ao planejamento do uso da terra e não classifica as terras de acordo com a produtividade, mas de acordo com os requisitos de conservação e uso de máquinas em larga escala. Estas características tornam o método falho para as condições brasileiras, onde usualmente se empregam tecnologia intermediária e insumos simples. Outra limitação do método é a inviabilidade para a avaliação das terras a nível local, uma necessidade dos países em desenvolvimento (RAMALHO FILHO & PEREIRA, 1999).

O Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) surgiu da busca pela integração entre aspectos ambientais e econômicos, mesmo mantendo a visão do solo como elemento mais importante do sistema produtivo (RAMALHO FILHO & PEREIRA, 1999). Este sistema, em comparação ao da capacidade de uso, apresenta como vantagens: considera a possibilidade de superação ou redução das limitações ao uso da terra por meio de capital e tecnologia; considera três níveis de manejo, diferenciando o pequeno e o grande agricultor; permite a incorporação ou ajuste de

parâmetros e fatores limitantes, acompanhando os avanços do conhecimento ou exigência do nível de estudo; pode ser adaptado para a aplicação em diferentes escala. Além disso, é o método mais adotado em nível nacional (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004).

Dessa maneira, a determinação da aptidão agrícola das terras segundo a metodologia de Ramalho Filho & Beek (1995) é realizada por meio da integração de diversas variáveis ambientais, as quais são traduzidas em termos de classes de limitação ao uso das terras. As classes de limitação (nula, ligeira, moderada, forte e muito forte) variam conforme a intensidade dos impedimentos e são definidas de acordo com parâmetros qualitativos descritos pelos autores. Finalmente, diagnosticadas as limitações impostas por cada fator ambiental considerado, as informações são cruzadas com o emprego de quadros guia ou tabelas de conversão para a determinação da aptidão agrícola das terras.

Os pesquisadores apresentam três quadros-guia, aplicáveis a diferentes regiões climáticas do Brasil, os quais permitem, por meio da análise das limitações e possibilidades de superação das mesmas, classificar as terras segundo a aptidão agrícola para atividades e níveis de manejo definidos. Contudo, destacam que as tabelas de conversão funcionam apenas para uma orientação geral, e que a avaliação pode variar de acordo com as peculiaridades locais, qualidade e diversidade dos dados e nível de detalhe do estudo.

Portanto, conclui-se que a avaliação da aptidão agrícola baseada nos indicadores qualitativos dos graus de limitação ao uso das terras e nos quadros de conversão propostos por Ramalho Filho & Beek (1995) é um procedimento marcado pela subjetividade do analista. Também fica implícito que o sucesso da classificação das terras depende fortemente do conhecimento especializado do usuário e de sua capacidade de associar um grande número de informações.

Pereira & Lombardi Neto (2004) propuseram intervalos numéricos para o enquadramento dos impedimentos à utilização em graus de limitação, com o intuito de quantificar os parâmetros do Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. Desde então, diversos trabalhos foram realizados para experimentar a execução de operações lógicas (booleanas) em Sistemas de Informações Geográficas para integrar informações e determinar a aptidão agrícola das terras (HAMADA et al., 2007; LOPES ASSAD et al., 2009).

## 2.2. Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras

O Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho & Beek, 1995) surgiu da tentativa de classificar o potencial das terras para a agricultura tropical, em que a dinâmica solo-planta é intensa e o nível tecnológico variável. O método é resultado da colaboração entre pesquisadores brasileiros e especialistas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), e fundamenta-se na estrutura para avaliação das terras “*Framework for Land Evaluation*” (FAO, 1977) (Ramalho Filho & Pereira, 1999).

A avaliação da aptidão agrícola classifica as terras segundo o potencial produtivo para atividades agrícolas específicas, desenvolvidas em determinados níveis de manejo. Os diferentes tipos de utilização previstos são: lavoura, pastagem plantada e natural, silvicultura e preservação da flora e da fauna (inviabilidade da agricultura). Os níveis de manejo refletem o contexto técnico, social e econômico em que se pratica a agricultura. Em outras palavras, o nível de manejo exprime o nível tecnológico adotado.

Para as lavouras, os três níveis de manejo considerados são expressos pelas letras A, B e C, que podem ser escritas de diferentes formas, conforme a aptidão agrícola em cada um dos níveis adotados.

**Nível de manejo A (Primitivo)** - baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico-cultural. Praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem fundamentalmente do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.

**Nível de manejo B (Pouco desenvolvido)** - caracterizado pela adoção de práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico intermediário. Baseia-se em modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas, neste nível de manejo, incluem calagem e adubação com NPK; tratamentos fitossanitários simples; e mecanização com base na tração animal, ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo.

**Nível de manejo C (Desenvolvido)** - baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de

pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Para pastagem plantada e silvicultura, é previsto o nível de manejo B, contemplando uma modesta aplicação de fertilizantes, defensivos e corretivos. Para a pastagem natural, está implícita uma utilização sem melhoramentos tecnológicos, caracterizada pelo nível de manejo A.

A classificação das terras quanto à aptidão agrícola é organizada e simbolizada em uma estrutura que reconhece três níveis de informação: grupo, subgrupo e classe de aptidão agrícola.

### **Grupo de Aptidão Agrícola:**

Existem seis grupos de aptidão agrícola que indicam qual é a utilização mais intensiva a que as terras se prestam, conforme os níveis de manejo (Figura 1). Os grupos 1, 2 e 3 indicam que o uso mais intensivo é a lavoura, sendo que o grupo 1 indica que, considerados os possíveis níveis de manejo, a melhor aptidão verificada é “boa”; no grupo 2 é “regular”; e no grupo 3 é “restrita”. Os grupos 4, 5 e 6 indicam apenas o tipo de utilização, quais sejam pastagem plantada e/ou silvicultura, pastagem natural e preservação, respectivamente.

Fica implícito que o grupo 1 reúne as terras com maiores possibilidades de utilização, as quais se reduzem até o grupo 6, onde as possibilidades são restritas e as limitações intensas. Cabe frisar que os grupos de aptidão agrícola indicam a utilização mais intensiva possível, logo, outras formas de utilização menos intensivas também são viáveis. No entanto, no grupo 6, a utilização recomendada já é a menos intensiva possível, não cabendo outro uso senão a preservação da flora e da fauna.

Grupo de Aptidão Agrícola		Aumento da Intensidade de Uso					
		Preservação da flora e da fauna	Silvicultura e/ou pastagem natural	Pastagem plantada	Lavouras		
					Aptidão restrita	Aptidão regular	Aptidão boa
Aumento da intensidade da limitação Diminuição das alternativas de uso	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

**Figura 1- Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola.**

Fonte: Ramalho Filho & Beek (1995).

### **Subgrupo de aptidão:**

O subgrupo é o resultado conjunto da avaliação da classe de aptidão agrícola relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras. Ou seja, expressa a aptidão agrícola das terras para um tipo de utilização, considerando os possíveis níveis de manejo.

A interação dos fatores utilização, manejo e classe de aptidão é simbolizada pelas diferentes formas como as letras dos níveis de manejo (A, B e C) são escritas: se a letra é maiúscula, significa que a classe de aptidão agrícola para a atividade indicada pelo grupo é “boa”; se é minúscula, a aptidão é “regular”; e se é minúscula e está entre parênteses, a aptidão é “restrita”. Quando a letra está ausente, indica a inviabilidade do nível de manejo omitido, o que condiciona à classe “inapta”.

Como os tipos de utilização do grupo 4 (pastagem plantada e silvicultura) já pressupõem o nível de manejo B, e do grupo 5 (pastagem natural) nível de manejo A, o subgrupo expressa apenas a classe de aptidão agrícola para o tipo de utilização indicado pelo

número do grupo. Nesses casos, a classe de aptidão também é distinta pela forma da escrita, mas as atividades são representadas pelas letras P (pastagem plantadas), S (silvicultura) e N (pastagem natural).

Ex.:

1Abc – Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A e B, e regular no nível C;

2 (b)c – Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras no nível de manejo C, restrita no nível B e inapta no nível A;

5 s(n) – Terras pertencentes à classe de aptidão regular para silvicultura e à restrita para pastagem natural.

#### **Classe de Aptidão Agrícola:**

As classes de aptidão agrícola refletem a intensidade das limitações remanescentes após a realização das atividades de manejo. Portanto, para fins de determinação da classe de aptidão, são considerados apenas os impedimentos que não podem ser superados no nível de manejo adotado.

Os impedimentos a que as terras estão sujeitas são condicionados por fatores limitantes considerados significativos, e a intensidade da limitação proporcionada por cada fator é definida em graus (nulo, ligeiro, moderado, forte ou muito forte). Na metodologia original, consideram-se os fatores limitantes: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água (ou deficiência de oxigênio), susceptibilidade à erosão e impedimento à mecanização. E os graus de limitação referentes a cada fator limitante são determinados em termos dos desvios destas características em relação à terra considerada ideal, hipoteticamente sem nenhuma restrição relacionada aos fatores considerados.

Assim, considerando que o manejo adotado pode reduzir ou eliminar impedimentos proporcionados pelos fatores limitantes, mas que alguns deles podem persistir, as possíveis classes de aptidão agrícola são “boa”, “regular”, “restrita” ou “inapta”. Em resumo, a classe de aptidão agrícola reflete a intensidade das limitações remanescentes a determinados tipo de utilização da terra, após a superação de todos os impedimentos possíveis por meio do manejo praticado.

Descrição das classes com base no boletim da FAO (1976):

**Classe Boa** - terras sem limitações significativas para a produção sustentável de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduzem a produtividade ou os benefícios, expressivamente, e não aumentam os insumos acima de um nível aceitável.

**Classe Regular** - terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentável de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos para garantir as vantagens globais a serem obtidas com o uso. Ainda que atrativas, essas vantagens são sensivelmente inferiores às aquelas auferidas nas terras de classe Boa.

**Classe Restrita** - terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentável de um determinado tipo de utilização, observando as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente.

**Classe Inapta** - terras que apresentam condições que parecem excluir a produção sustentável do tipo de utilização em questão. Ao contrário das demais, essa classe não é representada por símbolos. Sua interpretação é feita pela ausência das letras no tipo de utilização considerado.

#### **Fatores de Limitação:**

Como foi descrito anteriormente, na metodologia original de Ramalho Filho & Beek (1995), consideram-se cinco tradicionais fatores limitantes ao uso das terras: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água (ou deficiência de oxigênio), susceptibilidades à erosão e impedimento à mecanização.

Para facilitar a compreensão e aplicação do método, os autores explicam e descrevem como as características do ambiente contribuem para o grau de limitação conferido por cada fator limitante e discorrem sobre as possibilidades de superação dos impedimentos nos níveis de manejo B e C. Ramalho Filho e Beek (1995) ainda mencionam que outros fatores podem ser incluídos no método e ponderados, a fim de adaptá-lo a condições locais e realidades específicas.



### **2.3. Sistemas de Informações Geográficas**

Sistema de Informações Geográficas (SIG) é o termo que designa os sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações com base nas suas características alfanuméricas e localização espacial. Existem muitas definições de SIG, mas de maneira geral, todas tentam traduzir a multiplicidade de usos e visões desta tecnologia, e apontam para a perspectiva multidisciplinar de sua utilização. Devido às diversas aplicações do SIG (agricultura, floresta, cartografia, cadastro, etc.), há pelo menos três grandes maneiras de empregar essa tecnologia: como ferramenta de para a produção de mapas, como suporte para a análise espacial de fenômenos e como banco de dados geográficos (CÂMARA et al. 2001).

Um SIG é composto por uma interface com o usuário (interface homem-máquina), que define como o sistema é operado e controlado; mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída de dados); e um sistema gerenciador de banco de dados, que oferece armazenamento e recuperação de dados espaciais e seus atributos. Cada sistema, de acordo com seus objetivos e necessidade, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos eles sempre estão presentes. Normalmente, a arquitetura do SIG reflete seu processo de desenvolvimento e a tecnologia disponível na ocasião, e suas características têm influência decisiva sobre o desempenho, a capacidade de gerenciamento de dados, a capacidade de utilização simultânea por múltiplos usuários e a capacidade de integração com outros sistemas (CÂMARA et al. 2001).

No campo do planejamento agrícola, as funcionalidades do SIG têm encorajado muitas aplicações como o gerenciamento de recursos hídricos para a irrigação, a análise da adequabilidade do uso agrícola das terras, a avaliação da aptidão agrícola das terras, entre outras (CARNEIRO et al., 2011; CAMPOS et al., 2011; RAMALHO FILHO & PEREIRA, 1999; HAMADA et al., 2007; SILVA et al., 2010).

Com relação às possibilidades de aplicação do SIG ao mapeamento da aptidão agrícola das terras, Hamada et al. (2007) alegam que, embora as operações em ambiente SIG sejam mais numerosas, a definição de intervalos numéricos para as diferentes classes e a espacialização de atributos importantes para a estimativa da aptidão agrícola das terras podem facilitar a metodologia de zoneamento de terras aptas para agricultura, tornando a informação acessível ao usuário não especializado.

### 3. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi produzir o mapa de aptidão agrícola das terras da bacia do rio Jardim para o desenvolvimento de lavouras com nível de manejo Desenvolvido (C), utilizando Sistema de Informações Geográficas.

### 4. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Jardim está localizada na parte leste do Distrito Federal, entre as latitudes  $-15^{\circ}40'$  e  $-16^{\circ}02'$  e longitudes  $-47^{\circ}20'$  e  $-47^{\circ}40'$  (Figura 2). A área de drenagem da bacia corresponde a 52.755,15 ha (575,51 km<sup>2</sup>), o que representa cerca da metade da área de contribuição da bacia do rio Preto, nos limites do Distrito Federal (DOLABELLA et al.1996 , citado por REATTO et al., 2000).

Conforme o sistema de ordenamento de Strahler, a bacia do rio Jardim é considerada de terceira ordem, formada pela confluência de três cursos d'água de segunda ordem (Taquari, Lamarão e Cariru), e trinta e um de primeira ordem. Suas águas, por sua vez, vertem para os rios Preto, Paracatu e São Francisco, em sequência (DOLABELLA et al.1996 , citado por REATTO et al., 2000).

O uso atual do solo da bacia consiste em assentamentos urbanos, agricultura, pastagem, reflorestamento, vegetação natural e áreas degradadas (SPERA et al., 2002), com predomínio do uso agropecuário, evidenciado na **Figura 2**. A atividade agrícola na bacia do rio Jardim responde pela maior parte da produção de grãos, hortaliças, frutas, carne bovina e de aves e ovos do Distrito Federal, contando ainda com expressiva produção leiteira.



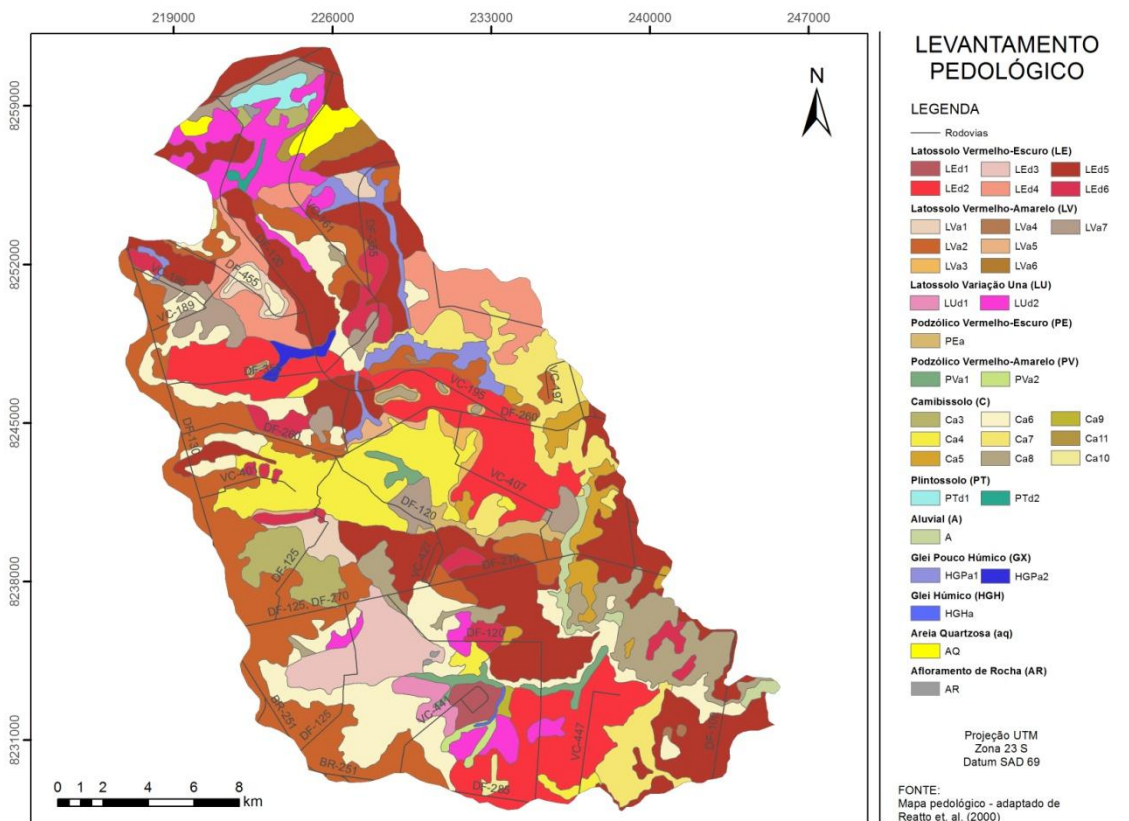
**Figura 2 - Localização e Uso da Bacia do Rio Jardim**

Contudo, tal exploração agropecuária exerce forte pressão sobre os recursos naturais da bacia, de forma que esse ambiente vem sofrendo grandes impactos decorrentes das ações antrópicas (DOLABELLA et al.1996 , citado por SPERA et al., 2005). Apenas no que diz respeito ao uso da água na bacia, a irrigação responde por 90,1% do total consumido e 80,7% do total outorgado (ADASA, 2012).

Fica, então, explícita, a necessidade de se conduzirem estudos que subsidiem o planejamento conservacionista do uso agropecuário dos solos da bacia do rio Jardim, a fim de assegurar o uso sustentável dos recursos naturais e a manutenção do potencial produtivo apresentado pela região.

Segundo o levantamento pedológico semidetalhado realizado na bacia, as principais classes de solos verificadas são LATOSSOLO Vermelho, LATOSSOLO Vermelho-amarelo, LATOSSOLO amarelo, NITOSSOLO Vermelho, NITOSSOLO Háptico, CAMBISSOLO, GLEISSOLO Háptico, GLEISSOLO Melânico, PLINTOSSOLO Háptico, NEOSSOLO Flúvico, NEOSSOLO Quartzarênico e NEOSSOLO Litólico (REATTO et al., 2000). O

mapeamento dessas classes é mostrado na **Figura 3**, no entanto a legenda segue a antiga nomenclatura.



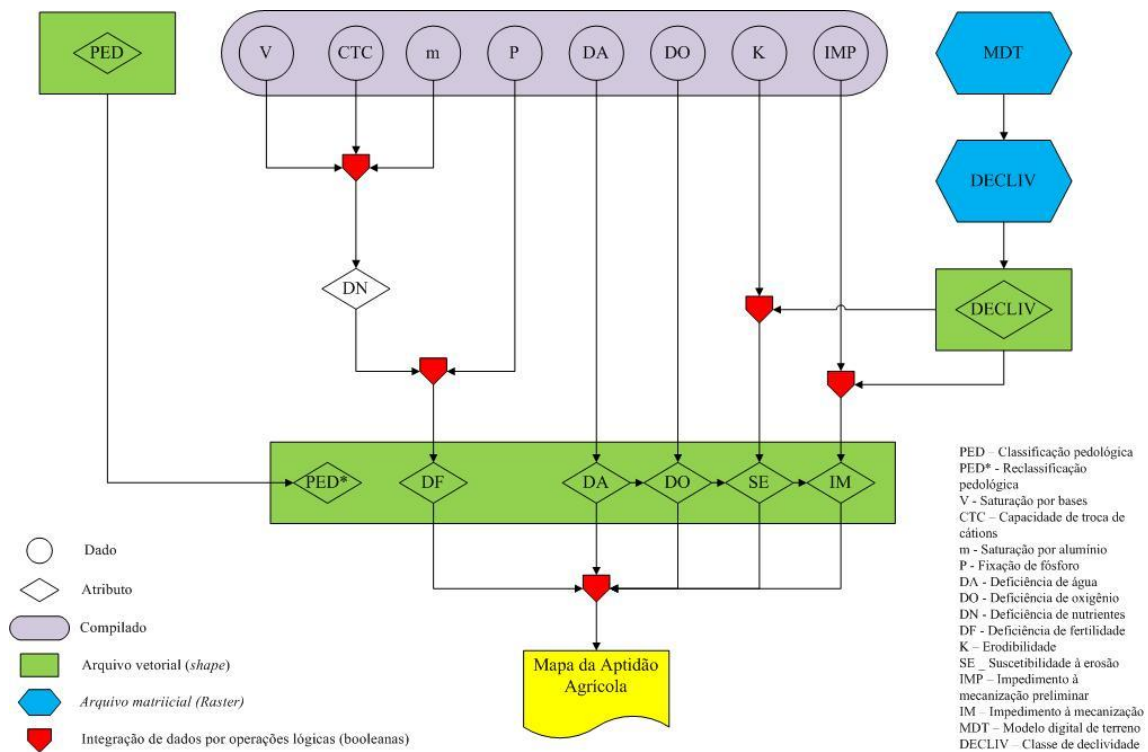
**Figura 3 - Levantamento pedológico**

Na avaliação da aptidão agrícola das terras da bacia do rio Jardim realizada por Spera et al. (2002), os LATOSSOLOS e o GLEISSOLO Háplico apresentaram o maior potencial de uso, com aptidões regular e restrita para as lavouras, enquanto os CAMBISSOLOS demonstraram as maiores restrições, prestando-se apenas ao cultivo de pastagem natural e preservação da flora e da fauna.

No que diz respeito ao relevo da bacia, as cotas altimétricas variam de 826 a 1179 m (Figura 4), com predominância de superfícies planas a suavemente onduladas (Figura 16).



Ao invés de várias *layers* no formato matricial resultantes de interpolações, utilizaram-se, inicialmente, duas *layers* no formato vetorial: o mapa de solos da bacia, contendo atributos edáficos; e o mapa de declividade da área, com atributos do relevo. Combinados, os mapas de solos e declividade originaram um terceiro dado vetorial reunindo todas as informações necessárias ao procedimento (atributos). Assim, essa única *layer* permitiu a realização de operações booleanas para a criação de novos atributos, derivados daqueles compilados inicialmente, e para a determinação da aptidão agrícola as terras. O fluxograma a seguir ilustra a cadeia de processos executada, aplicando-se as referidas adaptações à metodologia que serviu de referência inicial. (Figura 5).



**Figura 5 - Fluxograma de Processos**

Para o desenvolvimento do trabalho, foram essenciais os dados do levantamento semidetalhado dos solos da bacia do rio Jardim (Reatto et al., 2000). Deste trabalho, partiram grande parte dos atributos de solos necessários. Outros dados de solos, não disponíveis na referida publicação, foram obtidos em fontes diversas, que serão explicitadas a seguir. Os dados de relevo da região foram obtidos por meio do Modelo Digital de Terreno (MDT),

gerado a partir dos dados de altimetria (curvas de nível e pontos cotados) do levantamento cartográfico do Distrito Federal, na escala de 1:10.000 (SEDHAB).

## **5.1. Generalização do Mapa de Solos**

A generalização do mapa de solos do levantamento semidetalhado dos solos da bacia do rio Jardim (REATTO et al., 2000) consistiu na redução da quantidade de classes apresentadas, ao se restringir a classificação dos solos da bacia ao segundo nível categórico (subordem), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

## **5.2. Deficiência de Fertilidade**

Para a determinação do grau de limitação por deficiência de fertilidade, foram consideradas quatro características físico-químicas dos solos que podem influenciar na nutrição das plantas: saturação por bases (V), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por alumínio (m) e fixação de fósforo (P).

A saturação por bases, a capacidade de troca de cátions e a saturação por alumínio foram extraídos de Reatto et al. (2000), que realizaram análises químicas de amostras de solo de perfis representativos das classes verificadas no levantamento semidetalhado dos solos da bacia. Para as classes com um único perfil estudado, consideraram-se representativos os valores únicos registrados, e para aquelas com dois a quatro perfis, os valores médios dos perfis de cada classe.

Para a determinação dos valores de V, CTC e m característicos das classes de solos, tomaram-se aqueles determinados no horizonte mais superficial dos perfis. Embora Ramalho Filho & Beek (1995) recomendem que estas características químicas sejam verificadas até 50-80 cm de profundidade e outros pesquisadores tenham considerado as características verificadas a 60 cm, neste trabalho optou-se por considerar apenas a camada arável.

Depois de calculados os valores representativos de V, CTC e m para os solos encontrados na bacia, estes foram inseridos como atributos no arquivo vetorial das classes de

solos (mapa de solos). Então, os valores foram associados segundo recomendações de Oliveira & Berg (1985) e Oliveira & Sosa (1995), apresentadas por Pereira & Lombardi Neto (2004) (Tabela 1 e Tabela 2), e operações booleanas de Lopes Assad et al. (2009) (Tabela 3). Como resultado, obteve-se um novo atributo: “deficiência de nutrientes” (DN).

**Tabela 1 - Graus de Limitação Referentes à Deficiência de Nutrientes (DN)**

Saturação por Bases (V %)	Capacidade de troca de cátions (CTC, em cmol <sub>c</sub> /Kg)		
	> 5	3 - 5	2 - 3
	Graus de Limitação*		
50 - 100	0	1	2
25 - 50	1	2	3
10 - 25	2	3	4
0 - 10	3	4	4

Fonte: Oliveira & Berg (1985), citado por Pereira & Lombardi Neto (2004).

\* Graus de Limitação: 0 = Nulo; 1 = Ligeiro; 2 = Moderado; 3 = Forte; 4 = Muito Forte.

**Tabela 2 - Graus de Limitação Referentes à Saturação por Alumínio (m)**

Saturação por alumínio (m %)	Capacidade de troca de cátions (CTC, em cmol <sub>c</sub> /Kg)	
	5 - 10	1 - 5
	Graus de Limitação*	
0 - 10	0	0
10 - 30	1	1
30 - 50	2	1
50 - 70	3	2
70 - 100	4	3

Fonte: Oliveira & Berg (1985), citado por Pereira & Lombardi Neto (2004).

\* Graus de Limitação: 0 = Nulo; 1 = Ligeiro; 2 = Moderado; 3 = Forte; 4 = Muito Forte.

**Tabela 3 - Operações Booleanas: Deficiência de Nutrientes (DN)**

Operações booleanas: Deficiência de nutrientes (DN)	
Grau de limitação	Sintaxe – ArcGIS 10.1
0 : Nulo	"V" >= 50 AND "CTC" >= 5 AND "M" < 10
1: Ligeiro	("V" >= 50 AND "CTC" >= 5 AND "M" >= 10 AND "M" < 30) OR ("V" >= 50 AND "CTC" >= 3 AND "CTC" < 5 AND "M" < 50) OR ("V" >= 25 AND "V" < 50 AND "CTC" >= 5 AND "M" < 30)



2: Moderado	("V" >= 50 AND "CTC" >= 5 AND "M" >= 3 AND "M" < 50) OR ("V" >= 50 AND "CTC" >= 3 AND "CTC" < 5 AND "M" >= 50 AND "M" < 70) OR ("V" >= 50 AND "CTC" >= 0 AND "CTC" < 3 AND "M" >= 0 AND "M" < 70) OR ("V" >= 25 AND "V" < 50 AND "CTC" >= 5 AND "M" >= 30 AND "M" < 50) OR ("V" >= 25 AND "V" < 50 AND "CTC" >= 3 AND "CTC" < 5 AND "M" >= 0 AND "M" < 70)
3: Forte	("V" >= 50 AND "CTC" >= 5 AND "M" >= 50 AND "M" < 70) OR ("V" >= 50 AND "CTC" >= 3 AND "CTC" < 5 AND "M" >= 70) OR ("V" >= 25 AND "V" < 50 AND "CTC" >= 5 AND "M" >= 50 AND "M" < 70) OR ("V" >= 25 AND "V" < 50 AND "CTC" >= 3 AND "CTC" < 5 AND "M" >= 70) OR ("V" >= 25 AND "V" < 50 AND "CTC" < 3) OR ("V" >= 10 AND "V" < 25 AND "CTC" >= 5 AND "M" < 70 "V" >=10 AND "V" < 25 AND "CTC" >= 3 AND "CTC" < 5).
4: Muito Forte	("V" < 10) OR ("V" >= 10 AND "V" < 25 AND "CTC" < 3) OR ("V" >= 10 AND "CTC" >= 5 AND "M" >= 70)

Fonte: adaptado de Lopes Assad et al. (2009).

A etapa seguinte foi a integração dos atributos “deficiência de nutrientes” (DN) e “fixação de fósforo” (P), resultando no atributo derivado “deficiência de fertilidade” (DF) (Tabela 5). Mas não foi possível seguir fielmente os referenciais teóricos mencionados na etapa anterior, pois não havia informações disponíveis sobre a atração eletromagnética dos solos, informação necessária à determinação do grau de limitação por fixação de fósforo segundo Pereira & Lombardi Neto (2004) (Tabela 4). A dificuldade foi contornada considerando-se apenas a textura e a cor dos solos, combinadas à experiência empírica.

**Tabela 4 - Graus de Limitação Referentes à Fixação de Fósforo (P)**

Grau de limitação	Textura superficial	Cor do solo	Atração eletromagnética
0 : Nulo	Arenosa <sup>1</sup> Arenosa <sup>2</sup>	Vermelho escuro ou Vermelho-amarelo	Ausente
1: Ligeiro	Média Argilosa ou muito argilosa	Vermelho escuro Vermelho-amarelo	Pequena atração
2: Moderado	Argilosa Muito argilosa	Vermelho Vermelho escuro	Moderada atração
3: Forte	Argilosa ou muito argilosa	Roxo	Forte atração
4: Muito Forte	Argilosa ou muito argilosa	Roxo	Muito forte atração

Fonte: Oliveira & Sosa (1995), citado por Pereira & Lombardi Neto (2004).

<sup>1</sup> Neossolos quartzarênicos e neossolos regolíticos

<sup>2</sup> Textura superficial arenosa e subsuperficial média

**Tabela 5 – Operações Booleanas: Deficiência de Fertilidade (DF)**

<b>Operações booleanas: Deficiência de fertilidade (DF)</b>	
<b>Grau de limitação</b>	<b>Sintaxe – ArcGIS 10.1</b>
0 : Nulo	"DN" = 0 AND ( "P" = 0 OR "P" = 1 OR "P" = 2)
1: Ligeiro	("DN" = 1 AND ("P" = 0 OR "P" = 1 OR "P" = 2)) OR (("DN" = 0 OR "DN" = 1) AND "P" = 3)
2: Moderado	(DN = 2) OR (("DN" = 0 OR "DN" = 1) AND "P" = 4)
3: Forte	"DN" = 3
4: Muito Forte	"DN" = 4

Fonte: adaptado de Lopes Assad et al. (2009).

### **5.3. Deficiência de Água**

Os graus de limitação referentes à deficiência de água não puderam ser determinados por meio da integração entre os atributos “percentual de argila” e “percentual de silte + argila”, como preconizam Pereira & Lombardi Neto (2004), pois as informações sobre o percentual de silte nos perfis não estavam disponíveis.

Então, seguiu-se a recomendação de Ramalho Filho & Beek (1995) (Quadro 1). Por reconhecerem que, normalmente, inexistem dados necessários para determinar precisamente a quantidade de água disponível para as culturas, os pesquisadores sugerem que esta característica seja inferida pela observação de indicadores, como tipo de vegetação, período de estiagem e drenagem interna dos solos. Os dados sobre a cobertura vegetal nativa, textura e drenagem típicas dos solos da bacia foram obtidas em Reatto et al. (2000). Como subsídio adicional, considerou-se a capacidade de armazenamento de água determinada para algumas classes de solos da bacia por Spera et al. (2000).

**Quadro 1 - Graus de Limitação Referentes à Deficiência de Água (DA)**

Grau de limitação	Deficiência de água (DA)
	Descrição
0 : Nulo	Terras em que não há falta de água para o desenvolvimento das culturas, em nenhuma época do ano. Terras com boa drenagem interna ou livres de estação seca, bem como aquelas com lençol freático elevado, típicas de várzeas, devem estar incluídas neste grau de limitação. A vegetação natural é normalmente de floresta perenifólia, campos hidrófilos e higrófilos, e campos subtropicais sempre úmidos. Em algumas áreas, dependendo da temperatura, umidade relativa e distribuição das chuvas, há possibilidades de dois cultivos em um ano.
0/1 : Nulo/ligeiro	Terras ainda não sujeitas à deficiência de água durante um período de 1 a 2 meses, limitando o desenvolvimento de culturas mais sensíveis, principalmente de ciclo vegetativo longo. As terras pertencentes a este grau de limitação podem ser subdivididas conforme a ocorrência de veranicos, durante a época úmida, o que facilita a interpretação sobre a possibilidade de dois cultivos por ano.
1: Ligeiro	Terras em que ocorre uma deficiência de água pouco acentuada, durante um período de 3 a 5 meses por ano, o que eliminará as possibilidades de grande parte das culturas de ciclo longo, e reduzirá significativamente as possibilidades de dois cultivos de ciclo curto, anualmente. Não está prevista, em áreas com este grau de limitação, irregularidade durante o período de chuvas. As formações vegetais, que normalmente se relacionam a este grau, são o cerrado e a floresta subcaducifólia ( $Im = > + 0 < - 10$ ), bem como a floresta caducifólia em solos com alta capacidade de retenção de água.
2: Moderado	Terras nas quais ocorre uma acentuada deficiência de água, durante um longo período, normalmente 4 a 6 meses. As precipitações oscilam de 700 a 1.000 mm por ano, com irregularidade em sua distribuição, e predominam altas temperaturas. A vegetação que ocupa as áreas dessas terras é normalmente de floresta caducifólia ( $Im = > -10 < -20$ ), transição de floresta de cerrado para a caatinga e caatinga hipoxerófila, ou seja, de caráter seco menos acentuado. Terras com estação seca menos marcante, porém com baixa disponibilidade de água, pertencem a este grau. As possibilidades de desenvolvimento de culturas de ciclo longo, não adaptadas à falta de água, são bastante afetadas, e as de ciclo curto dependem muito da distribuição das chuvas na sua estação de ocorrência.

3: Forte	Terras com uma forte deficiência de água durante um período seco, que oscila de 7 a 9 meses. A precipitação está compreendida entre 500 e 700 mm por ano, com muita irregularidade em sua distribuição e com altas temperaturas. A vegetação é tipicamente de caatinga hipoxerófila ( $I_m = >-20 < -30$ ), ou de outras espécies de caráter seco muito acentuado, equivalente a do sertão do rio São Francisco. Terras com estação menos pronunciada, porém com baixa disponibilidade de água para as culturas, estão incluídas neste grau, bem como aquelas que apresentam alta concentração de sais solúveis capaz de elevar o ponto de murchamento. Nessa categoria está implícita a eliminação de quaisquer possibilidades de desenvolvimento de culturas de ciclo longo não adaptadas à falta de água.
4: Muito Forte	Corresponde a uma severa deficiência de água, que pode durar mais de 9 meses, com uma precipitação normalmente abaixo de 500 mm, baixo índice hídrico ( $I_m = > -30$ ) e a alta temperatura. A vegetação relacionada a este grau é a caatinga hiperxerófila.

Fonte: adaptado de Ramalho Filho & Beek (1995).

#### 5.4. Deficiência de Oxigênio

A intensidade da deficiência de oxigênio foi estipulada pela associação da classe de drenagem dos solos (Reatto et al., 2009) com o grau de limitação proporcionado por este fator, conforme Pereira & Lombardi Neto (2004) (Tabela 6), em sintonia com Ramalho Filho & Beek (1995) (Quadro 2).

**Tabela 6 - Graus de Limitação Referentes à Deficiência de Oxigênio (DO)**

<b>Grau de limitação</b>	<b>Classe de drenagem<sup>1</sup></b>
0 : Nulo	Excessivamente; Fortemente; Acentuadamente; e Bem drenado
1: Ligeiro	Moderadamente drenado
2: Moderado	Imperfeitamente drenado
3: Forte	Mal drenado
4: Muito Forte	Muito mal drenado

Fonte: Oliveira & Sosa (1995), citado por Pereira & Lombardi Neto (2004).

<sup>1</sup> Classes de drenagem segundo EMBRAPA (1999).

**Quadro 2 - Graus de Limitação Referentes à Deficiência de Oxigênio (DO)**

<b>Grau de limitação</b>	<b>Deficiência de oxigênio (DO)</b>
	<b>Descrição</b>
0 : Nulo	Terras que não apresentam problemas de aeração ao sistema radicular das culturas durante todo o ano. São classificadas como bem e excessivamente drenadas.
1: Ligeiro	Terras que apresentam certa deficiência de aeração às culturas sensíveis ao excesso de água durante a estação chuvosa. São em geral moderadamente drenadas.
2: Moderado	Terras nas quais a maioria das culturas sensíveis não se desenvolve satisfatoriamente, em decorrência da deficiência de aeração durante a estação chuvosa. São consideradas imperfeitamente drenadas e sujeitas a riscos ocasionais de inundação
3: Forte	Terras que apresentam sérias deficiências de aeração, só permitindo o desenvolvimento de culturas adaptadas. Demanda intensos trabalhos de drenagem artificial que envolvem obras ainda viáveis em nível de agricultor. São consideradas, normalmente, muito mal drenadas e sujeitas a inundações frequentes, prejudiciais à maioria das culturas.
4: Muito Forte	Terras que apresentam praticamente as mesmas condições de drenagem do grau anterior, porém os trabalhos de melhoramento compreendem grandes obras de engenharia, em nível de projetos, fora do alcance do agricultor, individualmente.

Fonte: adaptado de Ramalho Filho & Beek (1995).

## **5.5. Suscetibilidade à Erosão**

A limitação pela suscetibilidade à erosão é composta pelos fatores erodibilidade dos solos (K) e declividade do terreno. A erodibilidade dos solos é comumente expressa pelo cálculo do fator K, que estima a perda de solos em função da intensidade das precipitações. Em outras palavras, quanto maior o fator K, maior é a suscetibilidade do solo à erosão hídrica. Existem diversas equações para cálculo do fator K (Denardin (1990), van der Knijff et al. (1999), Stone & Hillborn (2002) e Wischmeier et al. (1971)), sem consenso sobre um método ideal (Lima et al. 2007).

Lima et al. (2007) destacam que as diferentes equações para cálculo do fator K, quando aplicadas ao mesmo solo, podem apresentar resultados consideravelmente divergentes. Na tentativa de desenvolver um método dependente apenas de informações de fácil aquisição, os autores formularam uma equação dependente unicamente do teor de argila

da amostra. Após experimentos realizados na bacia do alto rio Jardim, Lima et al. (2007) consideraram o resultado obtido melhor do que aquele resultante das demais equações comparadas.

A princípio, a equação desenvolvida por Lima et al. (2007) seria a mais adequada a este trabalho, já que foi formulada para um trecho da mesma bacia hidrográfica estudada. Entretanto, os pesquisadores salientam que a utilização de valores de K generalizados para uma classe de solos leva a resultados deturpados. Assim, recomendam que os dados de teor de argila dos solos sejam interpolados para a obtenção de superfícies contínuas de valores de K. E como foi mencionado, neste experimento não se dispunha de dados suficientes para tal procedimento. Além do mais, mesmo que se pretendesse violar a recomendação dos autores ao generalizar valores de K para classes de solos específicas, a escassez de dados sobre determinadas classes, como o neossolo quartzarênico, poderia levar a valores não representativos da erodibilidade típica da classe. Isso porque se verificou um percentual de argila de 50% no único perfil de neossolo quartzarênico estudado, valor considerado extremo para classe (Spera et al., 2002), uma vez que os valores típicos giram em torno de 15% (Reatto et al., 2000).

Ao final, optou-se por utilizar valores de K consagrados na literatura para as classes de solos encontradas na bacia, ou similares a estes (Tabela 7). Foram fontes de dados sobre a erodibilidade dos solos, Machado et al. (2009), Mannigel et al. (2002), Martins et al. (2011), Bertol et al. (2007) e Castro et al. (2011).

Depois de definir valores de K para cada classe de solos, esses foram registrados na tabela de atributos do mapa de solos para integração com os dados de declividade do terreno. O atributo “declividade” (DECLIV) do terreno foi obtido pelo processamento do MDT em SIG, procedimento que originou um dado *raster* com valores de percentual de declividade da área. Em seguida, o *raster* de declividade foi reclassificado (Tabela 8), convertido ao formato vetorial e limitado à extensão da bacia. Finalmente, o vetor de declividade foi combinado ao vetor dos solos, permitindo a associação de K e DECLIV (Tabela 9 e Tabela 10).

**Tabela 7 - Graus de Limitação Referentes à Erodibilidade (K)**

<b>Grau de limitação</b>	<b>Erodibilidade (K) (Mg.h.MJ<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>)</b>
0 : Nulo	< 0,010
1: Ligeiro	0,010 a 0,020
2: Moderado	0,020 a 0,030
3: Forte	0,030, a 0,040
4: Muito Forte	> 0,040

Fonte: adaptado de Giboshi (1999), citado por Pereira & Lombardi Neto (2004).

**Tabela 8 - Classes de Declividade**

<b>Declividade</b>		<b>Relevo</b>
<b>Classe</b>	<b>Percentual (%)</b>	
1	0 a 3	Plano
2	3 a 8	Suave ondulado
3	8 a 13	Moderadamente ondulado
4	13 a 20	Ondulado
5	20 a 45	Forte ondulado
6	> 45	Montanhoso e escarpado

Fonte: adaptado de Ramalho Filho & Beek (1995).

**Tabela 9 - Graus de Limitação Referentes à Suscetibilidade à Erosão (SE)**

<b>Classe de declividade</b>	<b>Fator K: grau de limitação</b>				
	<b>Nulo</b>	<b>Ligeiro</b>	<b>Moderado</b>	<b>Forte</b>	<b>Muito forte</b>
<b>1</b>	0	1	1	2	3
<b>2</b>	1	1	2	3	4
<b>3</b>	2	3	3	4	4
<b>4</b>	3	4	4	4	4
<b>5</b>	4	4	4	4	4
<b>6</b>	4	4	4	4	4

Fonte: adaptado de Giboshi (1999), citado por Pereira & Lombardi Neto (2004).

Tabela 10 - Operações booleanas: Suscetibilidade à erosão (SE)

Operações booleanas: Suscetibilidade à erosão (SE)	
Grau de limitação	Sintaxe – ArcGIS 10.1
0 : Nulo	"DECLIV" = 1 AND "K" < 0.01
1: Ligeiro	("DECLIV" = 1 AND "K" >= 0.01 AND "K" < 0.03) OR ("DECLIV" = 2 AND "K" < 0.02)
2: Moderado	("DECLIV" = 1 AND "K" >= 0.03 AND "K" < 0.04) OR ("DECLIV" = 2 AND "K" >= 0.02 AND "K" < 0.03) OR ("DECLIV" = 3 AND "K" < 0.01)
3: Forte	("DECLIV" = 1 AND "K" >= 0.04) OR ("DECLIV" = 2 AND "K" >= 0.03 AND "K" < 0.04) OR ("DECLIV" = 3 AND "K" >= 0.01 AND "K" < 0.03) OR ("DECLIV" = 4 AND "K" < 0.01)
4: Muito Forte	("DECLIV" = 2 AND "K" >= 0.04) OR ("DECLIV" = 3 AND "K" >= 0.03) OR ("DECLIV" = 4 AND "K" >= 0.01) OR ("DECLIV" > 4)

Fonte: adaptado de Lopes Assad et al. (2009).

## 5.6. Impedimento à Mecanização

O impedimento à mecanização deriva de limitações físicas do próprio solo (profundidade efetiva, pedregosidade, rochiosidade, desgaste de máquinas, inundação, etc.) e da declividade do terreno. Embora se conheça o comportamento típico das classes de solos quanto às características citadas, a proposta metodológica de Pereira & Lombardi Neto (2004) exige informações detalhadas, como percentual de exposição rochosa e fragmentos grosseiros em relação à massa de solo.

Para o enquadramento dos solos nas classes de limitação por impedimento à mecanização, tomaram-se os mesmos valores definidos por Lopes Assad et al. (2009), quando as classes de solos da bacia eram idênticas ou similares em ambos estudos. Nos demais casos, a análise se apoiou nas descrições de Ramalho Filho e Beek (1995) para os graus de impedimento à mecanização (Quadro 3). O conjunto dessas informações constituiu o atributo “impedimento à mecanização preliminar” (IMP).



**Quadro 3 – Graus de Limitação Referentes ao Impedimento à Mecanização (IM)**

Grau de limitação	Impedimento à mecanização
	Descrição
0 : Nulo	Terras que permitem, em qualquer época do ano, o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas ordinariamente utilizados. São, geralmente, de topografia plana e praticamente plana, com declividade inferior a 3%, não oferecendo impedimentos relevantes à mecanização. O rendimento do trator (número de horas de trabalhos usadas efetivamente) é superior a 90%.
1: Ligeiro	Terras que permitem, durante quase todo o ano, o emprego da maioria das máquinas agrícolas. São quase sempre de relevo suave ondulado com declives de 3 a 8%, profundas a moderadamente profundas, podendo ocorrer em áreas de relevo mais suave, apresentando, no entanto, outras limitações (textura muito arenosa ou muito argilosa, restrição de drenagem, pequena profundidade, pedregosidade, sulcos de erosão, etc.). O rendimento do trator varia de 75 a 90%.
2: Moderado	Terras que não permitem o emprego de máquinas ordinariamente utilizadas durante todo o ano. Essas terras apresentam relevo moderadamente ondulado a ondulado, com declividade de 8 a 20% ou topografia mais suave, no caso de outros impedimentos à mecanização (pedregosidade, rochiosidade, profundidade exígua, textura muito arenosa ou muito argilosa do tipo 2:1, grandes sulcos de erosão, drenagem imperfeita, etc.). O rendimento do trator normalmente varia de 50 a 75%.
3: Forte	Terras que permitem apenas, em quase sua totalidade, o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais. Caracterizam-se pelos declives acentuados (20 a 45%) em relevo forte ondulado. Sulcos e voçorocas podem constituir impedimentos ao uso de máquinas, bem como pedregosidade, rochiosidade, pequena profundidade, má drenagem, etc. O rendimento do trator é inferior a 50%.
4: Muito Forte	Terras que não permitem o uso de maquinaria, sendo difícil até mesmo o uso de implementos de tração animal. Normalmente, são de topografia montanhosa, com declives superiores a 45% e com impedimentos muito fortes devido à pedregosidade, rochiosidade, profundidade ou aos problemas de drenagem.

Fonte: adaptado de Ramalho Filho & Beek (1995).

Para a determinação do grau de limitação final, a ser considerado nas operações lógicas para a determinação da aptidão agrícola, os atributos IMP e DECLIV foram associados e geraram o atributo “impedimento à mecanização” (IM). As operações booleanas empregadas nesta etapa estão descritas na **Tabela 11**.

**Tabela 11- Operações booleanas: Impedimento à mecanização (IM)**

<b>Operações booleanas: Impedimento à mecanização (IM)</b>	
<b>Grau de limitação</b>	<b>Sintaxe – ArcGIS 10.1</b>
0 : Nulo	("DECLIV" = 1 OR "DECLIV" = 2) AND "IMP" = 0
1: Ligeiro	((("DECLIV" = 1 OR "DECLIV" = 2) AND "IMP" = 1) OR ("DECLIV" = 3 AND "IMP" = 0))
2: Moderado	("DECLIV" = 1 AND "IMP" = 2) OR ("DECLIV" = 3 AND "IMP" = 1) OR ("DECLIV" = 4 AND ("IMP" = 0 OR "IMP" = 1))
3: Forte	("DECLIV" = 1 AND "IMP" = 4) OR ((("DECLIV" = 2 OR "DECLIV" = 3 OR "DECLIV" = 4) AND "IMP" = 2) OR ("DECLIV" = 5 AND ("IMP" = 8 OR "IMP" = 1)))
4: Muito Forte	((("DECLIV" = 2 OR "DECLIV" = 3 OR "DECLIV" = 4 OR "DECLIV" = 5) AND "IMP" = 4) OR ("DECLIV" = 5 AND "IMP" = 2) OR ("DECLIV" = 6))

Fonte: adaptado de Lopes Assad et al. (2009).

## 5.7. Aptidão Agrícola das Terras

Após a determinação dos graus de limitação referentes aos cinco fatores considerados (“deficiência de fertilidade” (DF), “deficiência de água” “deficiência de oxigênio” (DO), “susceptibilidade à erosão” (SE) e “impedimento à mecanização” (IM)), esses atributos foram integrados por meio de operações booleanas para a avaliação da aptidão agrícola das terras da bacia do rio Jardim (Tabela 12).

**Tabela 12 - Operações booleanas: Aptidão Agrícola**

<b>Operações booleanas: Aptidão agrícola</b>	
<b>Classe</b>	<b>Sintaxe – ArcGIS 10.1</b>
Boa	"IM" = 0 AND "DF" < 3 AND "DA" < 3 AND "DO" < 3 AND "SE" < 3
Regular	("IM" = 1 AND "DF" < 4 AND "DA" < 4 AND "DO" < 4 AND "SE" < 4) OR ("IM" = 0 AND ("DF" = 3 OR "DA" = 3 OR "DO" = 3 OR "SE" = 3))
Restrita	("IM" = 2) OR ("IM" < 2 AND ("DF" = 4 OR "DA" = 4 OR "DO" = 4 OR "SE" = 4))
Inapta	Terras que não atendem a nenhuma das expressões acima.

Fonte: adaptado de Lopes Assad et al. (2009).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Generalização do Mapa de Solos

Após generalização do mapa de solos da bacia do rio Jardim (Figura 6), foram registradas onze classes de solos, além de afloramentos rochosos. Houve predominância de LATOSSOLOS e CAMBISSOLOS. As classes menos expressivas foram o GLEISSOLO Melânico e o NEOSSOLO Litólico, sendo que a última não foi considerada uma unidade de mapeamento, tendo sido verificada, apenas, como inclusão em CAMBISSOLO. A Tabela 13 oferece um retrato das classes pedológicas verificadas.

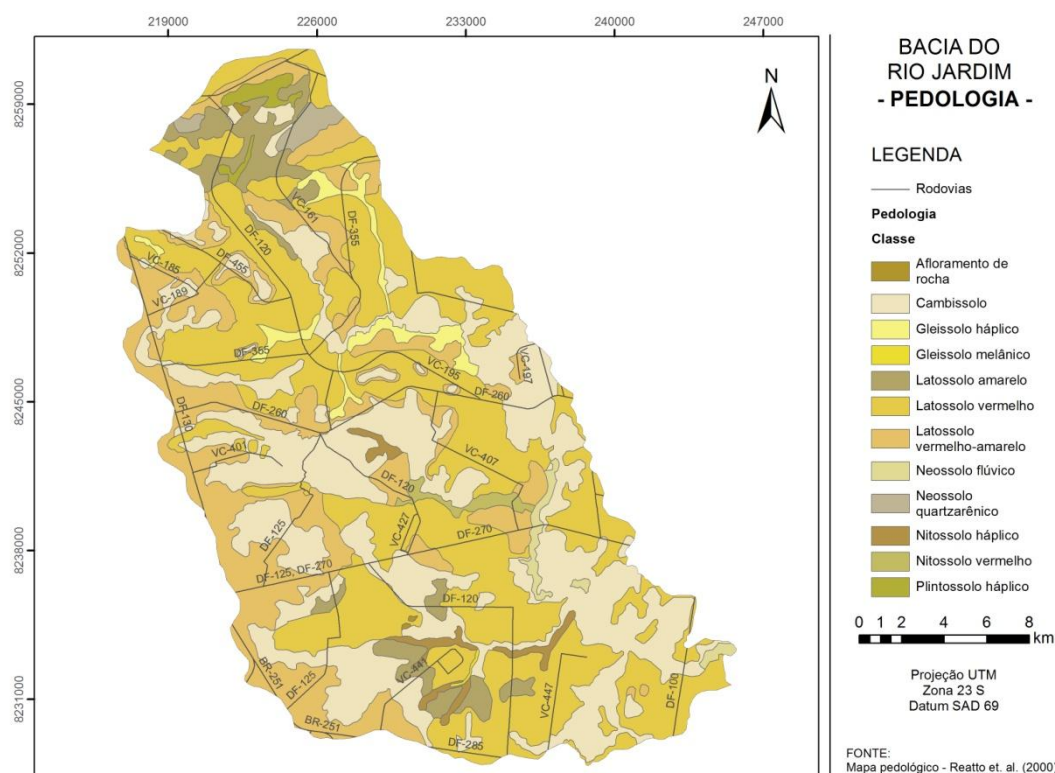


Figura 6 - Mapa Pedológico da Bacia do Rio Jardim

**Tabela 13 - Classes de Solos**

<b>Sigla</b>	<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>
AR	Afloramento de rocha	42,00
LV	Latossolo vermelho	21441,58
LVA	Latossolo vermelho-amarelo	10387,63
LA	Latossolo amarelo	2550,24
NV	Nitossolo vermelho	329,91
NX	Nitossolo háplico	617,35
C	Cambissolo	15704,53
GX	Gleissolo háplico	1081,91
GM	Gleissolo melânico	29,15
FX	Plintossolo háplico	375,66
RU	Neossolo flúvico	407,24
RQ	Neossolo quartzarênico	429,59
		53396,79 ha

## **6.2. Deficiência de Fertilidade**

Os valores de saturação por bases (V) representativos das classes de solos variaram de 3,00 a 80,50% (Figura 7), valores relativos ao NEOSSOLO Quartzarênico e ao CAMBISSOLO, respectivamente. Com exceção deste último, os demais solos apresentaram-se distróficos. Os valores de V dos LATOSSOLOS, NITOSSOLOS e CAMBISSOLO constituem médias dos valores registrados nos perfis de cada classe. As outras classes são caracterizadas pelos únicos valores obtidos. Essa lógica se repetiu em relação à capacidade de troca catiônica (CTC) e à saturação por alumínio (m).

Os valores de capacidade de troca catiônica (CTC) variaram de 4,46 a 17,20 cmolc/kg (Figura 8). Nesse quesito, o PLINTOSSOLO e os GLEISSOLOS demonstraram os valores mais altos.

Com relação à saturação por alumínio, último dos três atributos considerados na estimativa da limitação ao uso das terras pela “deficiência de nutrientes” (DN), valores muito altos foram registrados para o NEOSSOLOS Quartzarênico e o GLEISSOLO Melânico. O Mapa da Saturação por Alumínio (Figura 9) ilustra a variabilidade espacial da característica na bacia.

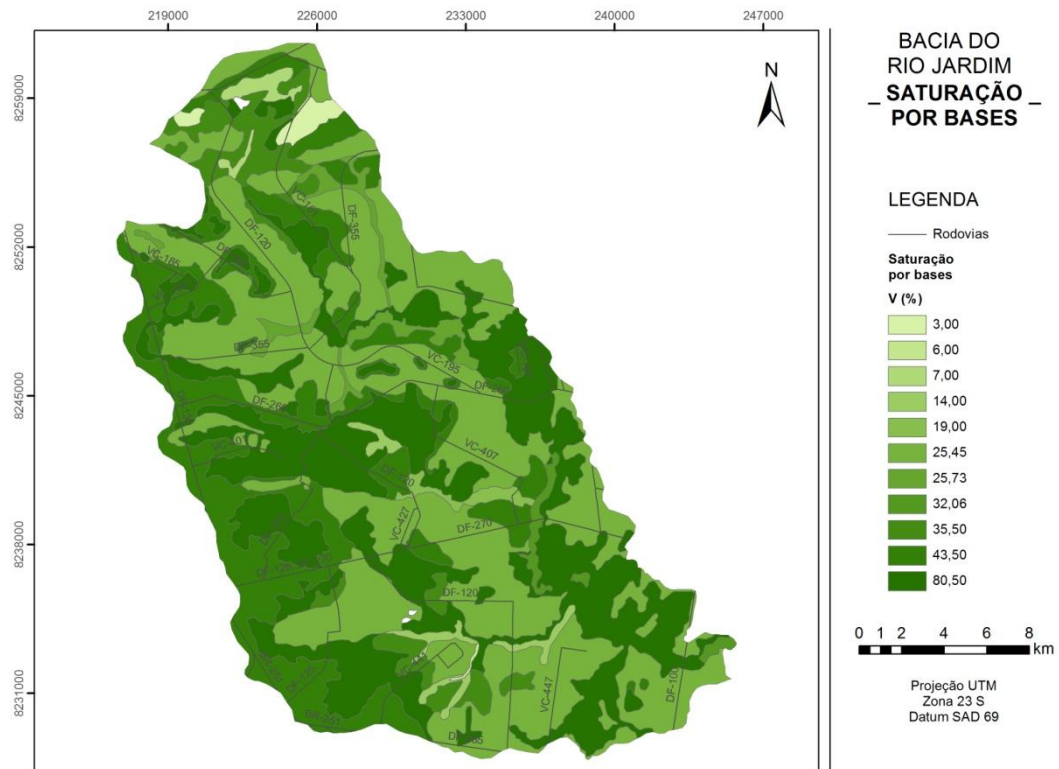


Figura 7 - Mapa da Saturação por Bases

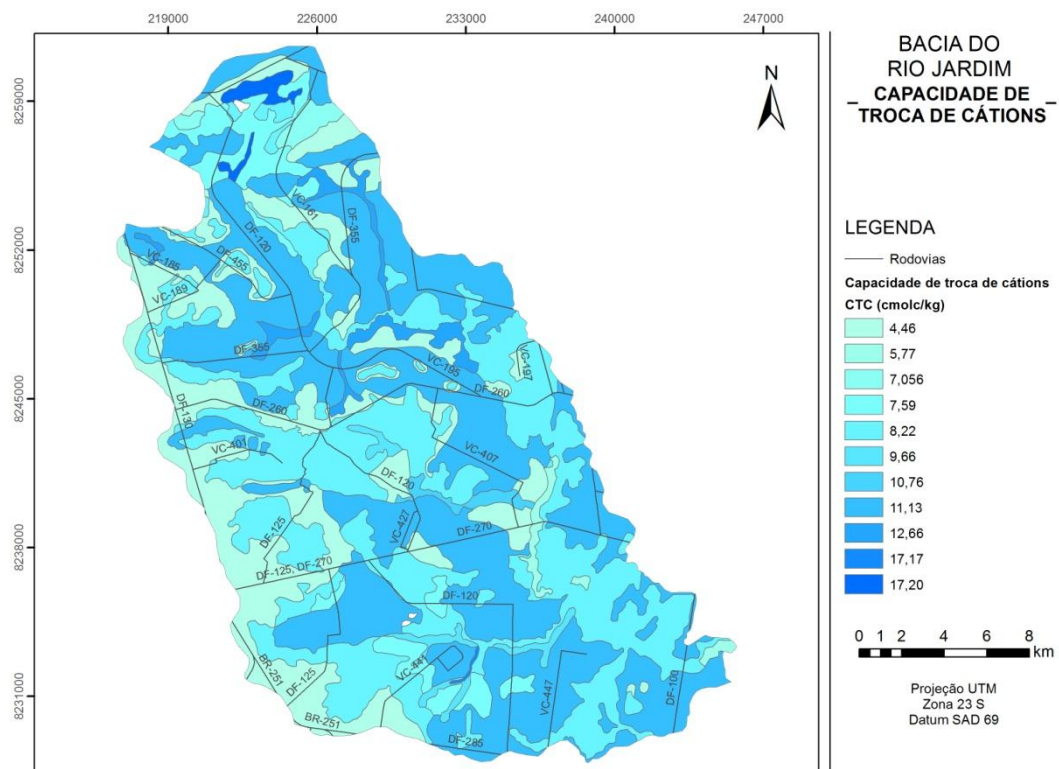
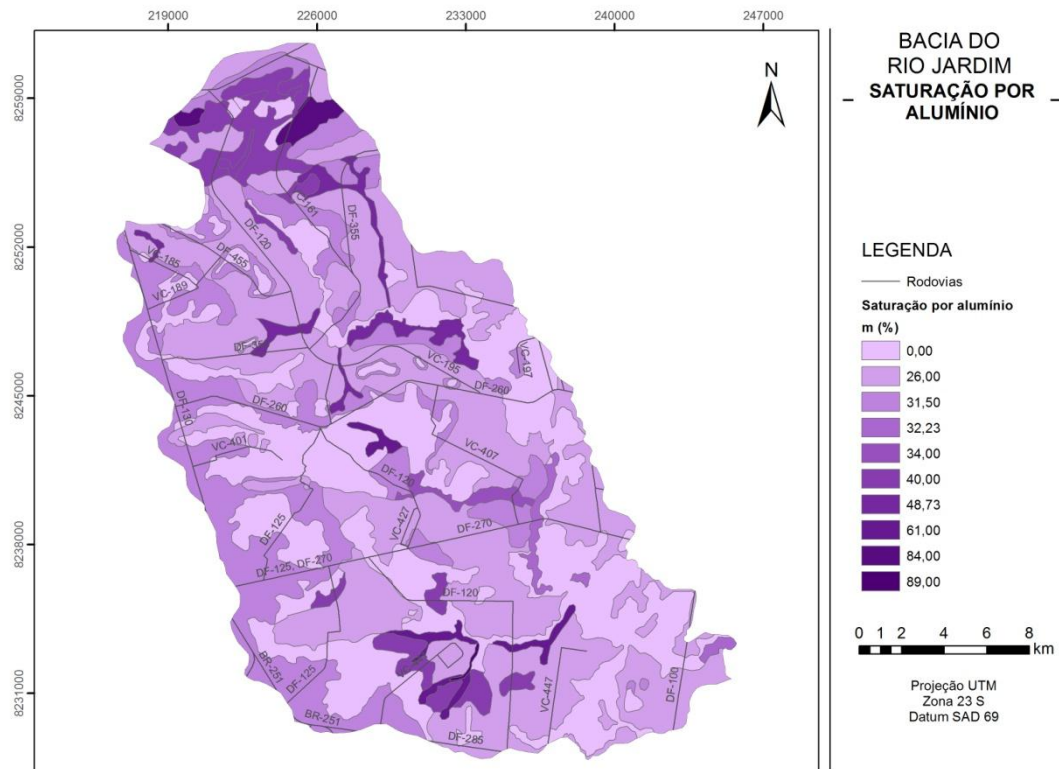


Figura 8 - Mapa da Capacidade de Troca Catiónica



**Figura 9 - Mapa da Saturação por Alumínio**

Da combinação dos atributos químicos V, CTC e “m”, resultou o mapa de “deficiência de nutrientes” (DN) (Figura 10), que demonstra o grau de limitação ao uso das terras imposto por este fator. Verificou-se a ocorrência de limitações em todos os graus possíveis, com predominância do grau ligeiro (21442 ha), seguido dos graus nulo (15747 ha), moderado (14429 ha), forte (947 ha) e muito forte (834 ha).



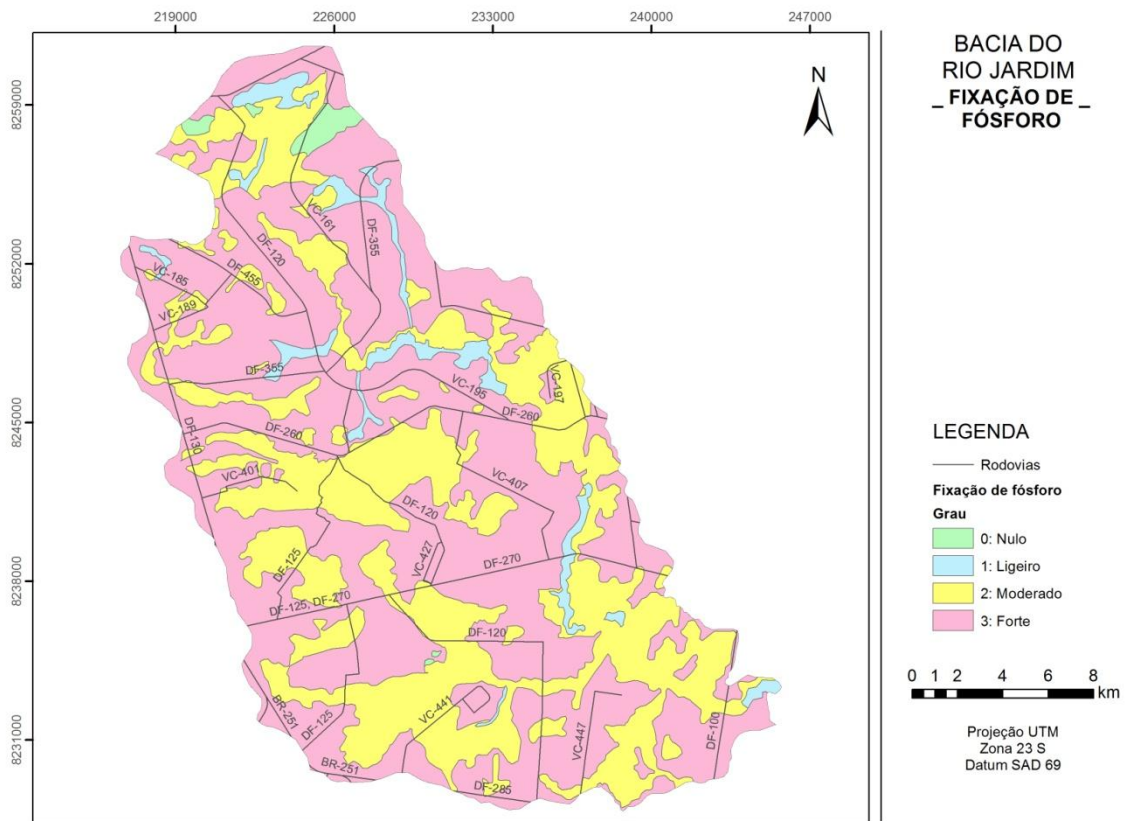


Figura 11 - Mapa da Fixação de Fósforo

Com a produção do mapa de “deficiência de fertilidade” (Figura 12), obteve-se o primeiro dos cinco atributos considerados diretamente na avaliação da aptidão agrícola das terras. O mapa demonstrou que a maior parte das terras tem limitações nula (15746 ha), ligeira (21442 ha) e moderada (14429 ha). Apenas 947 ha se enquadraram no grau forte e 834 ha no muito forte.

Os mapas de saturação por base (V), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por alumínio (m) e limitação por fixação de fósforo (P), resultaram basicamente da reclassificação do mapa de solos com os valores representativos de cada classe, com relação a cada um desses atributos. De forma semelhante, os mapas deficiência de nutrientes (DN) e deficiência de fertilidade (DF) derivam da reclassificação do mapa de solos, mas segundo os atributos derivados DN e DF, resultantes da integração dos quatro atributos mencionados acima.



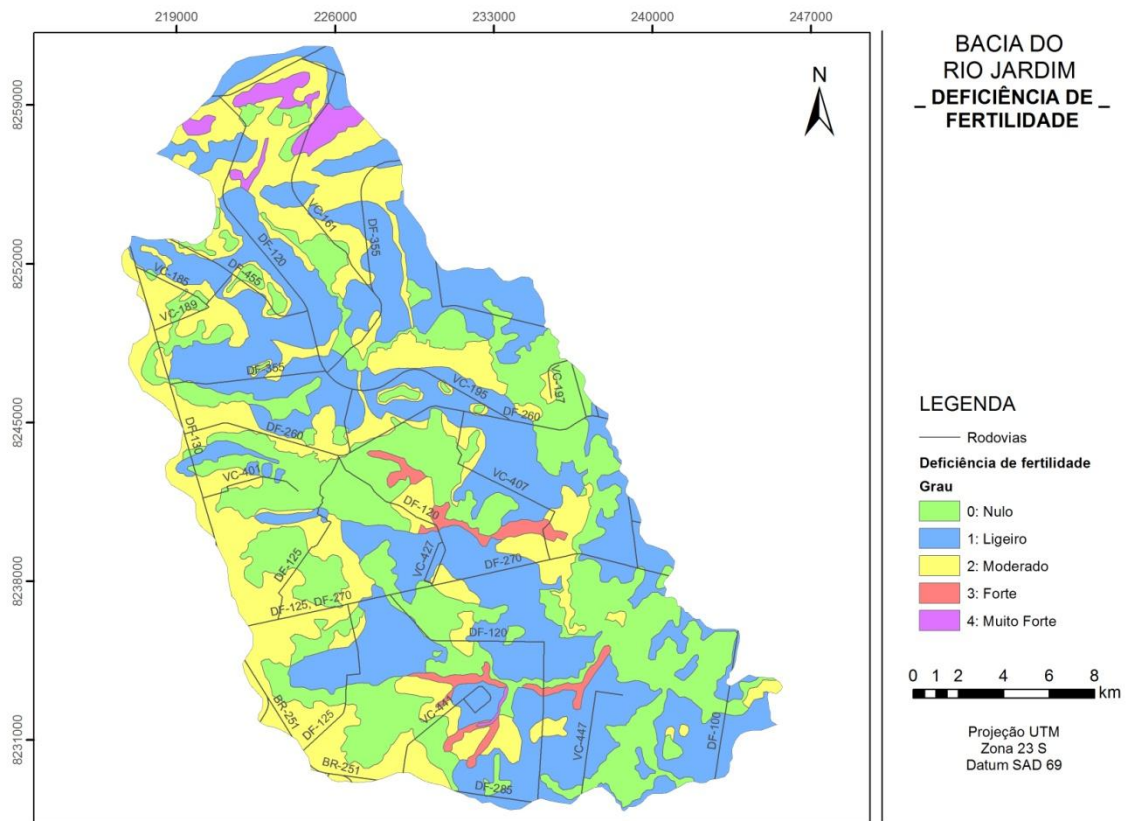


Figura 12 - Mapa da Deficiência de Fertilidade

A Tabela 14 a seguir resume os valores definidos a cada atributo, para cada classe de solos considerada.

Tabela 14 - Deficiência de Fertilidade (DF)

Solos		Propriedades químicas			Grau de limitação		
Sigla	Classe	V	M	CTC	P	DN	DF
AR	Afloramento de rocha	-	-	-	-	-	-
LV	Latossolo vermelho	25,45	26,00	11,13	3	1	1
LVA	Latossolo vermelho-amarelo	43,50	31,50	4,46	3	2	2
LA	Latossolo amarelo	35,50	40,00	7,59	2	2	2
NV	Nitossolo vermelho	19,00	34,00	10,76	3	3	3
NX	Nitossolo háplico	14,00	61,00	9,66	2	3	3
C	Cambissolo	80,50	0,00	8,22	2	0	0
GX	Gleissolo háplico	25,73	48,73	12,66	1	2	2
GM	Gleissolo melânico	6,00	89,00	17,17	1	4	4
FX	Plintossolo háplico	7,00	40,00	17,20	1	4	4
RU	Neossolo flúvico	32,06	32,23	5,77	1	2	2
RQ	Neossolo quartzarênico	3,00	84,00	7,06	0	4	4

### 6.3. Deficiência de Água

Na avaliação da limitação ao uso devido à deficiência de água, a sazonalidade das chuvas pesou muito, uma vez que as precipitações se concentram na época do verão e há uma forte estiagem nos meses de maio a setembro. O Mapa da Deficiência de Água (Figura 13) ilustra a variabilidade espacial deste atributo. Apenas os GLEISSOLOS e o PLINTOSSOLOS, sujeitos a inundações devido ao nível freático raso ou deficiência de drenagem, e o NEOSSOLO Flúvico, de ocorrência próxima aos cursos d'água, apresentaram limitações nula ou ligeira. Nas demais classes observaram-se limitações moderada, forte ou muito forte (Tabela 15).

Vale lembrar que a limitação por deficiência de água não é passível de melhoramento no sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995), já que o sistema não considera a utilização de irrigação em nenhum nível de manejo.

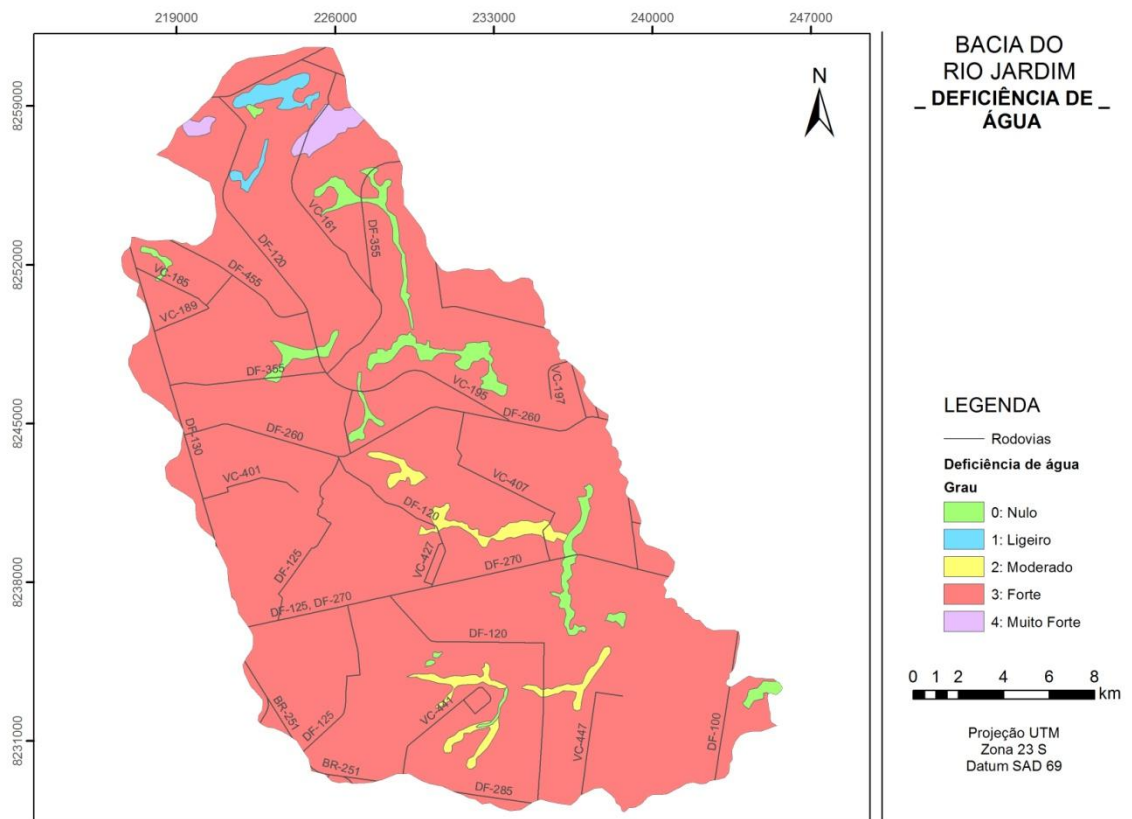


Figura 13 - Mapa da Deficiência de Água

**Tabela 15 - Deficiência de Água (DA)**

<b>Solos</b>		<b>Grau de limitação</b>
<b>Sigla</b>	<b>Classe</b>	<b>DA</b>
AR	Afloramento de rocha	-
LV	Latossolo vermelho	3
LVA	Latossolo vermelho-amarelo	3
LA	Latossolo amarelo	3
NV	Nitossolo vermelho	2
NX	Nitossolo háplico	2
C	Cambissolo	3
GX	Gleissolo háplico	0
GM	Gleissolo melânico	0
FX	Plintossolo háplico	1
RU	Neossolo flúvico	0
RQ	Neossolo quartzarênico	4

#### **6.4. Deficiência de Oxigênio**

A deficiência de oxigênio se mostrou mais acentuada nos solos sujeitos a inundações (GLEISSOLOS e PLINTOSSOLOS), ainda que temporárias, e no NEOSSOLO Flúvico. Em outros solos onde a drenagem pode ser insuficiente devido a subcamadas menos permeáveis (NITOSSOLOS) ou exígua profundidade (CAMBISSOLO) verificou-se ligeira limitação, possivelmente sentida apenas por culturas muito sensíveis. Nos LATOSSOLOS, não se observou limitação alguma. Os resultados da análise desse atributo podem ser mais bem compreendidos com auxílio da **Figura 14** e da **Tabela 16**.

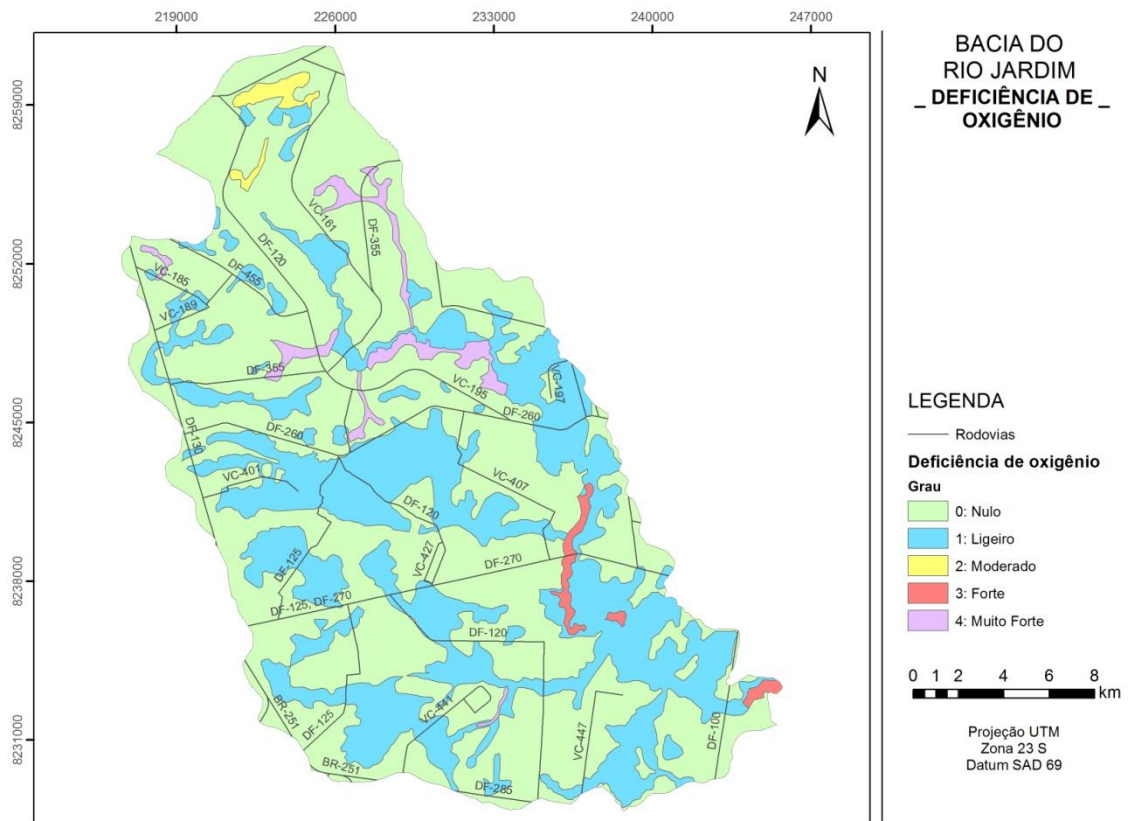


Figura 14 - Mapa da Deficiência de Oxigênio

Tabela 16 - Deficiência de Oxigênio (DO)

Solos		Grau de limitação
Sigla	Classe	DO
AR	Afloramento de rocha	-
LV	Latossolo vermelho	0
LVA	Latossolo vermelho-amarelo	0
LA	Latossolo amarelo	0
NV	Nitossolo vermelho	1
NX	Nitossolo háplico	1
C	Cambissolo	1
GX	Gleissolo háplico	4
GM	Gleissolo melânico	4
FX	Plintossolo háplico	2
RU	Neossolo flúvico	3
RQ	Neossolo quartzarênico	0

## 6.5. Suscetibilidade à erosão

Da avaliação da erodibilidade dos solos (fator K), concluiu-se que os NEOSSOLOS Quartzarênico e Flúvico apresentaram maior erodibilidade, com limitações muito fortes referentes a esse fator. Os GLEISSOLOS foram aqueles que demonstraram maior resistência à erosão, ficando as demais classes caracterizadas por valores intermediários. A **Tabela 17** resume os valores de K aceitos como característicos das classes de solos e o respectivo grau de limitação associado ao fator. O mapeamento do atributo é mostrado na **Figura 15**.

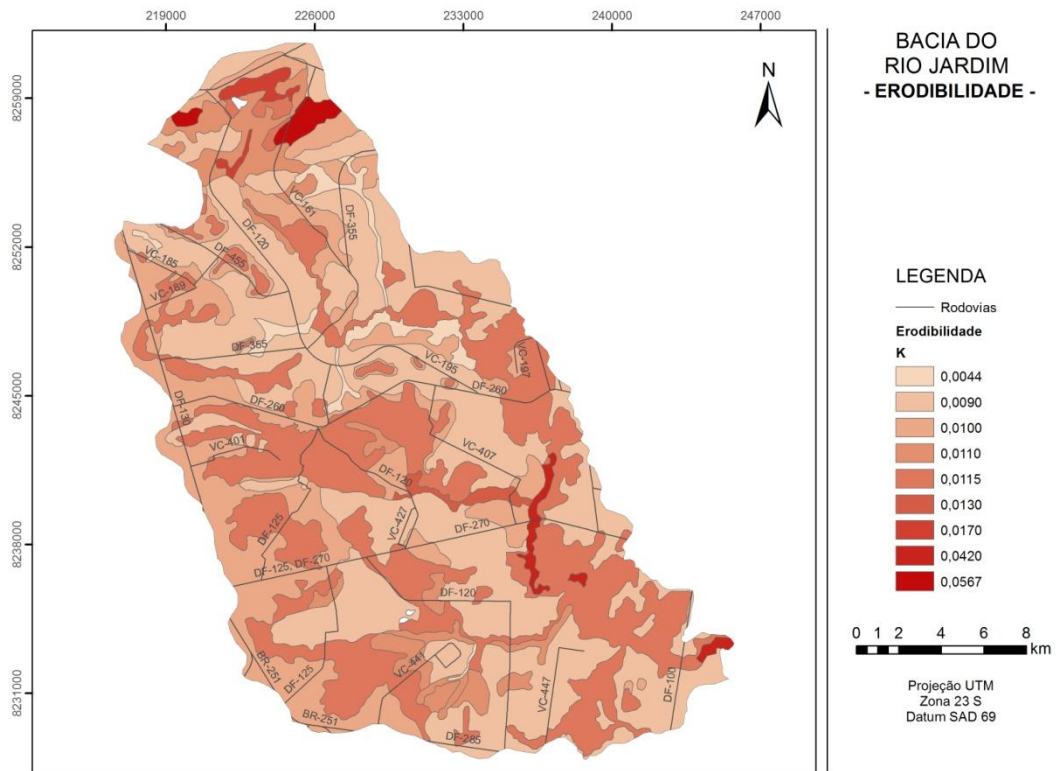
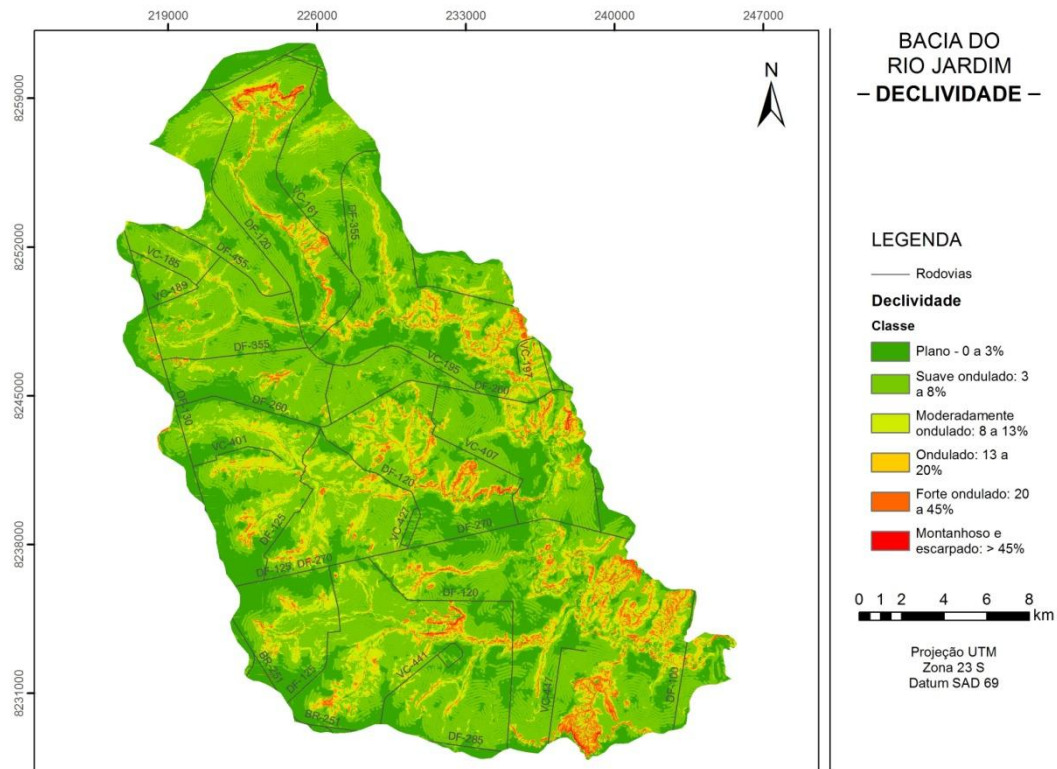


Figura 15 - Mapa da Erodibilidade dos Solos

**Tabela 17 - Erodibilidade dos Solos (K)**

<b>Solos</b>		<b>Fator K</b>	<b>Grau de limitação</b>
<b>Sigla</b>	<b>Classe</b>		
AR	Afloramento de rocha	-	-
LV	Latossolo vermelho	0,0090	0
LVA	Latossolo vermelho-amarelo	0,0100	1
LA	Latossolo amarelo	0,0110	1
NV	Nitossolo vermelho	0,0130	1
NX	Nitossolo háplico	0,0110	1
C	Cambissolo	0,0115	1
GX	Gleissolo háplico	0,0044	0
GM	Gleissolo melânico	0,0044	0
FX	Plintossolo háplico	0,0170	1
RU	Neossolo flúvico	0,0420	4
RQ	Neossolo quartzarênico	0,0567	4

Com a geração do modelo de declividade do terreno (matricial) a partir do MDT (Figura 16), constatou-se a predominância de relevo plano e suave ondulado na bacia (Tabela 18). Áreas menos expressivas se enquadraram nas classes de relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado, situadas, sobretudo, nos talvegues de drenagem da área.



**Figura 16 - Mapa de Declividade**

**Tabela 18 - Declividade**

Declividade		Relevo	Área (ha)
Declividade	Relevo		
1	0 a 3	Plano	13624,69
2	3 a 8	Suave ondulado	28351,50
3	8 a 13	Moderadamente ondulado	6651,10
4	13 a 20	Ondulado	2867,90
5	20 a 45	Forte ondulado	1817,35
6	> 45	Montanhoso e escarpado	84,28

53396,82 ha\*

\* A divergência em relação ao somatório de áreas das outras tabelas se deve à estrutura do dado matricial, que não permite o ajuste perfeito às bordas da área de estudo.

O mapa de suscetibilidade à erosão (Figura 17), resultante da integração dos atributos erodibilidade e classe de declividade, demonstrou que grande parte da bacia do rio Jardim apresenta alguma suscetibilidade à erosão, restando apenas 6501,82 hectares isentos de tal limitação (Tabela 19). No entanto, as limitações forte e muito forte ocorreram apenas onde o declive é muito acentuado ou os solos têm alta erodibilidade.

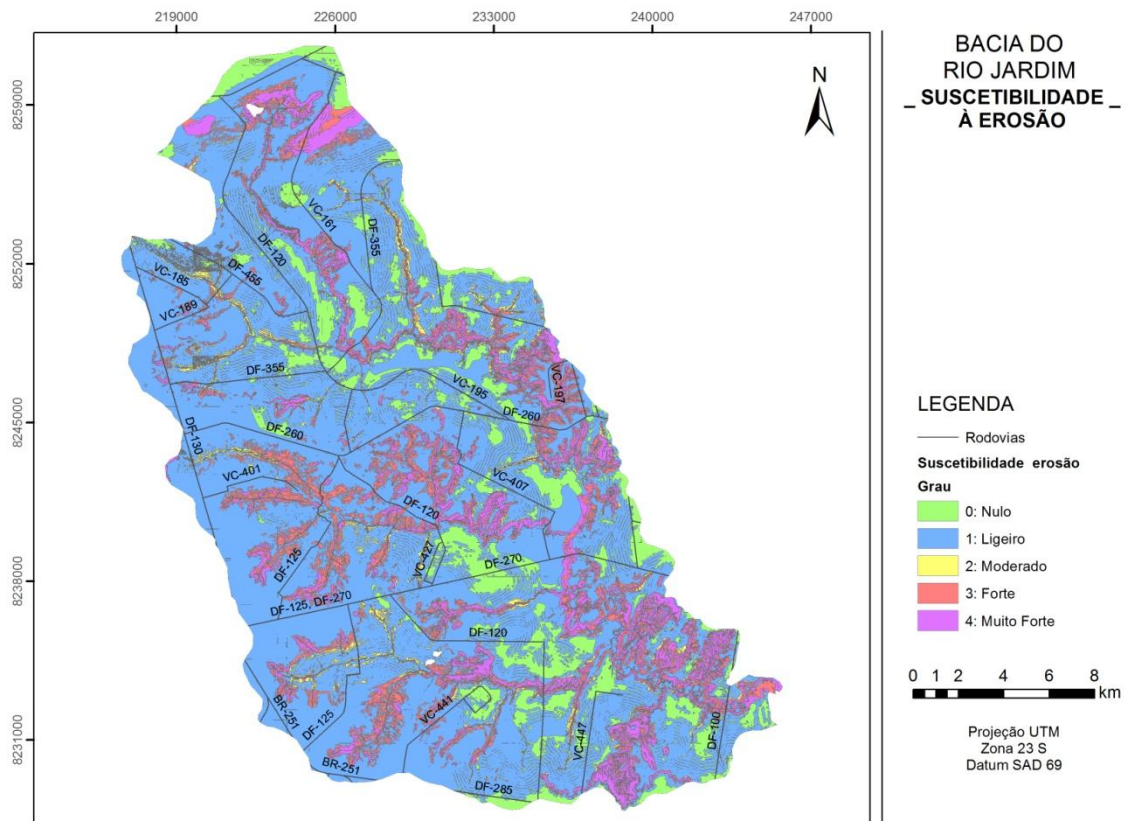


Figura 17 - Mapa da Suscetibilidade à Erosão

Tabela 19 - Suscetibilidade à Erosão (SE)

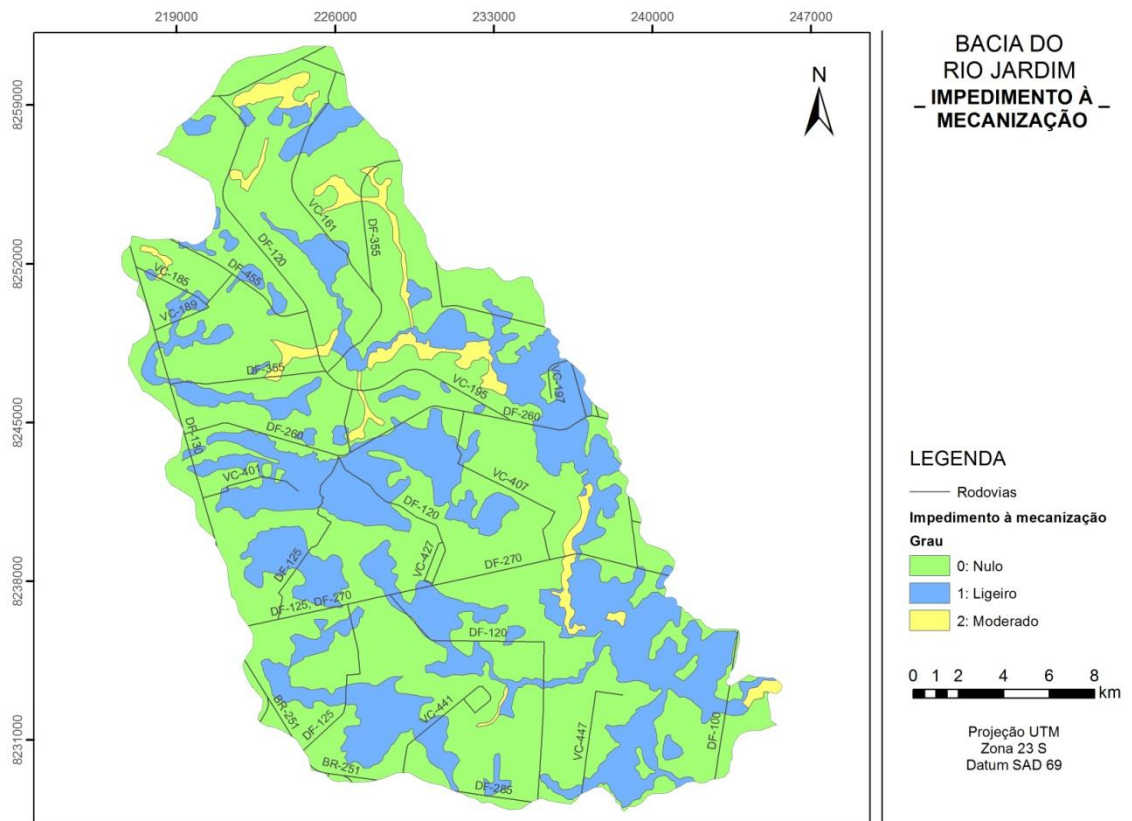
Suscetibilidade à erosão		
Grau de limitação	Área (ha)	Percentual da área (%)
0 : Nulo	6501,82	12,19
1: Ligeiro	34765,78	65,16
2: Moderado	1288,31	2,41
3: Forte	5810,86	10,89
4: Muito Forte	4988,02	9,35
53354,79 ha*		

\* Esse total de áreas não considera os 42,00 ha de afloramento rochoso.

## 6.6. Impedimento à Mecanização

Na bacia do rio Jardim, considerando-se apenas as características intrínsecas aos solos (pedregosidade, rochoso, profundidade efetiva, desgaste de máquinas e possibilidades de inundação), verificaram-se áreas com grau nulo, ligeiro e moderado de “impedimento à mecanização preliminar” (IMP) (Figura 18 e Tabela 20).



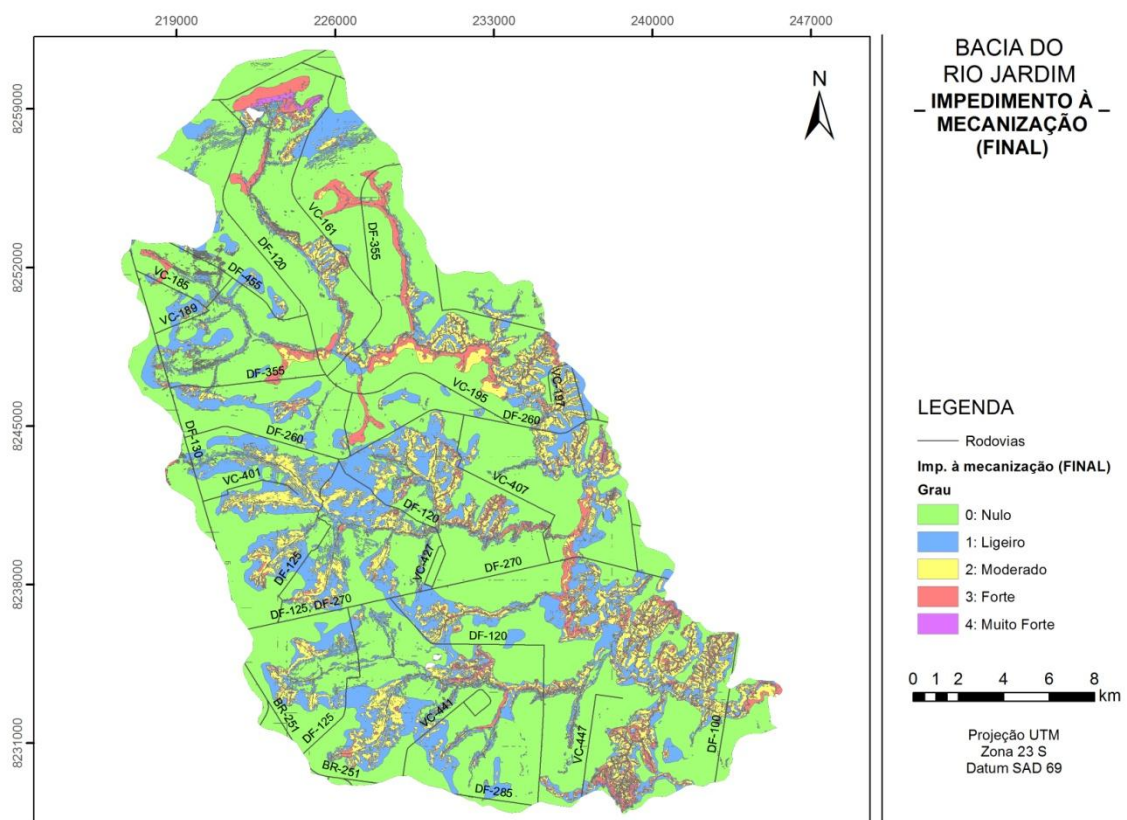


**Figura 18 - Mapa do Impedimento à Mecanização Preliminar**

**Tabela 20 - Impedimento à Mecanização Preliminar (IMP)**

Solos		Grau de limitação
Sigla	Classe	IMP
AR	Afloramento de rocha	-
LV	Latossolo vermelho	0
LVA	Latossolo vermelho-amarelo	0
LA	Latossolo amarelo	0
NV	Nitossolo vermelho	0
NX	Nitossolo háplico	0
C	Cambissolo	0
GX	Gleissolo háplico	1
GM	Gleissolo melânico	2
FX	Plintossolo háplico	2
RU	Neossolo flúvico	2
RQ	Neossolo quartzarênico	2

Quando os atributos IMP e DECLIV foram considerados conjuntamente, verificam-se maiores limitação em relação à avaliação realizada apenas com base nos aspectos edáficos (Tabela 21). Esta operação originou mais um atributo derivado, o de “impedimento à mecanização final” (IM), ilustrado na **Figura 19**.



**Figura 19 – Mapa do Impedimento à Mecanização**

**Tabela 21 - Impedimento à Mecanização (IM)**

<b>Impedimento à mecanização (final)</b>		
<b>Grau de limitação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual da área (%)</b>
0 : Nulo	32212,19	60,37
1: Ligeiro	10600,10	19,87
2: Moderado	7310,75	13,70
3: Forte	3063,76	5,74
4: Muito Forte	167,99	0,31

53354,79 ha\*

\* Esse total de áreas não considera os 42,00 ha de afloramento rochoso.

## 6.7. Aptidão Agrícola das Terras

O mapa da aptidão agrícola das terras da bacia do rio Jardim (Figura 20) foi obtido como resultado da integração dos graus de limitação dos cinco fatores considerados na análise: “deficiência de fertilidade”, “deficiência de água”, “deficiência de oxigênio”, “susceptibilidade à erosão” e “impedimento à mecanização”.

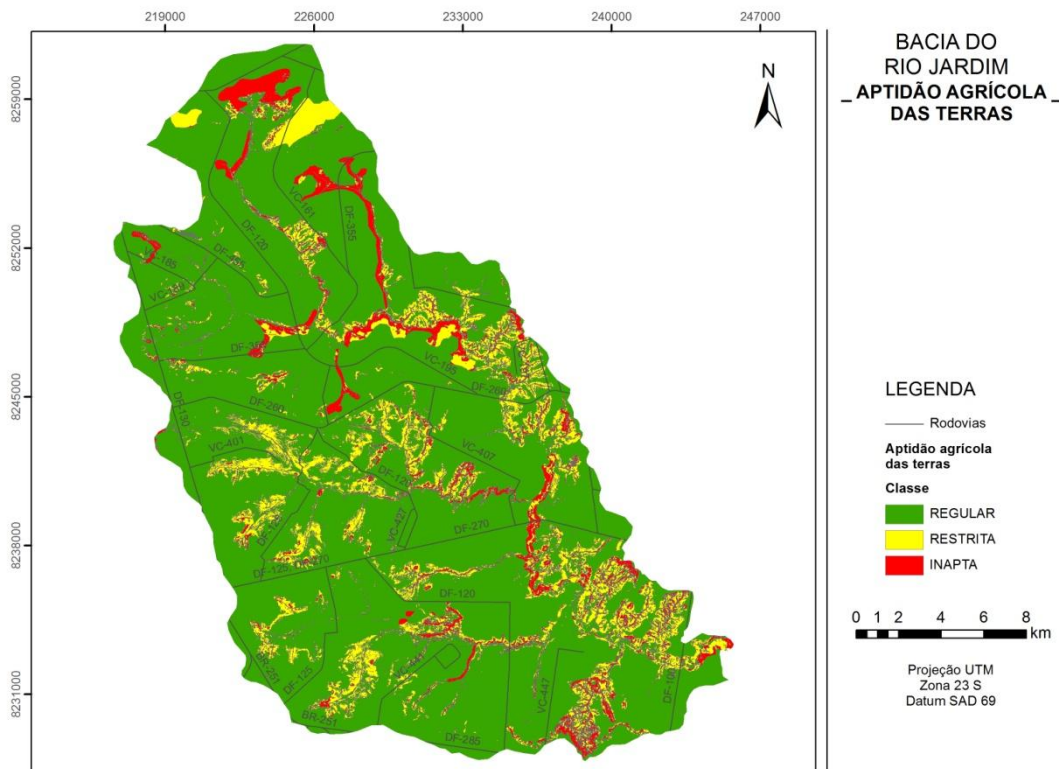


Figura 20 – Mapa da Aptidão Agrícola das Terras

Considerando-se a prática de lavouras com nível de manejo desenvolvido (C), a bacia do rio Jardim apresentou 42428,63 ha de terras com aptidão agrícola regular, 7694,41 ha com aptidão restrita e 3273,74 ha de áreas inaptas para a atividade escolhida (Tabela 22). Mesmo considerando a possibilidade de melhoramento das limitações ao uso da terra por meio técnicas de manejo avançadas e caras, nenhuma terra da bacia atingiu a classe de aptidão agrícola boa.

Tabela 22 - Aptidão Agrícola das Terras

Aptidão agrícola das terras		
Classe	Área (ha)	Percentual da área (%)
Boa	0,00	0,00
Regular	42428,63	79,46
Restrita	7694,41	14,41
Inapta	3273,74	6,13
	53396,78 ha	

As operações booleanas utilizadas nesta etapa fizeram com que o fator “impedimento à mecanização” fosse mais decisivo do que os demais, justamente pelo fato do nível de manejo desenvolvido prescindir de várias operações mecanizadas, e por se tratar de um fator com reduzidas possibilidades de melhoramento. A afirmação pode ser constatada pelo fato de as terras de aptidão agrícola restrita ou inapta terem grande correlação com as áreas de declive mais acentuado. Outra restrição à mecanização que teve importância na análise foi a possibilidade de encharcamento dos solos hidromórficos e o alto teor de areia, típico dos NEOSSOLOS Quartzarênicos.

Nos casos em que os solos naturalmente não apresentaram impedimentos relevantes à mecanização e o terreno era menos inclinado, os outros fatores pesaram sobre a aptidão agrícola, com destaque da “deficiência de oxigênio”, para os GLEISSOLOS e NEOSSOLO Flúvico, da “deficiência de água”, para os LATOSSOLOS e NEOSSOLO Quartzarênico, e da “deficiência de fertilidade”, para os NITOSSOLOS e PLINTOSSOLO Háptico.

A **Tabela 23** relaciona a área das classes de solos por aptidão agrícola, enfatizando os percentuais de distribuição dos solos em função das possibilidades de utilização.

Tabela 23 - Aptidão Agrícola por Classes de Solos

Solos (Sigla)	Regular		Restrita		Inapta	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
AR	-	0,00	-	0,00	42,00	100,00
LV	21086,28	98,34	255,67	1,19	99,63	0,46
LVA	10215,68	98,34	113,24	1,09	58,71	0,57
LA	2460,84	96,49	59,21	2,32	30,18	1,18
NV	219,46	66,52	51,32	15,56	59,12	17,92
NX	431,78	69,94	117,79	19,08	67,78	10,98
C	8014,59	51,03	6231,17	39,68	1458,78	9,29

GX	-	0,00	285,52	26,39	796,39	73,61
GM	-	0,00	0,87	2,98	28,28	97,02
FX	-	0,00	5,60	1,49	370,07	98,51
RU	-	0,00	145,57	35,75	261,67	64,25
RQ	-	0,00	428,45	99,73	1,14	0,27
		42428,63 ha	7694,41 ha	3273,75 ha		

Os resultados deste trabalho puderam ser comparados ao levantamento da aptidão agrícola dos solos da mesma bacia, realizado por Spera et al. (2002), considerando-se apenas a utilização para lavouras no nível de manejo C. Entre os estudos, houve coincidências, mas também divergências. A presente tese corrobora os autores ao indicar a inexistência de terras da classe de aptidão agrícola Boa na bacia. Outra importante convergência foi a classificação de quase todas as terras de LATOSSOLOS como sendo de aptidão Regular. Quanto ao PLINTOSSOLO, os resultados também são semelhantes, já que este estudo enquadrou 98,51% das áreas na classe de aptidão Inapta. Dentre as divergências, pode-se mencionar que os pesquisadores verificaram que a melhor aptidão, para os NITOSSOLOS, foi a Restrita, enquanto esta avaliação observou que 66,52 a 69,94% das áreas com estes tipos de solos têm aptidão Regular, e o restante se dividiu entre aptidões Restrita e Inapta. Além disso, Spera et al. consideraram o CAMBISSOLO inapto às lavouras, ao passo que aqui verificou-se que 51,03% das áreas com esta classe têm aptidão Regular, e 39,68% aptidão Restrita. Por outro lado, o estudo comparado apontou os GLEISSOLOS como pertencentes à classe de aptidão Regular. Diferentemente, essa análise verificou, para a mesma classe de solos, predomínio da classe de aptidão Inapta, com pequena fração Restrita.

Com exceção da avaliação feita aos GLEISSOLOS, pode-se dizer que este trabalho superestimou a aptidão agrícola das terras da bacia do rio Jardim, quando comparado à avaliação de Spera et al. (2002). Por se tratar de uma análise dependente de muitos fatores e pela possibilidade de adaptação do método aos objetivos e particularidades do levantamento, como bem ressaltam Ramalho Filho & Beek (1995), se torna difícil apontar os fatores que levaram às divergências observadas entre as teses. Para uma melhor análise das incongruências e refinamento do mapeamento da aptidão agrícola das terras da bacia estudada, podem-se realizar estudos complementares a fim de se encontrar métodos e valores que melhor representem a variabilidade dos atributos de solos e técnicas mais apuradas para a integração desses dados.

## 7. CONCLUSÕES

O Sistema de Informação Geográfica foi um instrumento de grande utilidade para analisar, conjuntamente, múltiplos aspectos ambientais que têm influência sobre a aptidão agrícola das terras. Essa tecnologia oferece um conjunto de ferramentas de processamento de dados que ampliam a capacidade analítica do usuário, pois permitem correlacionar dados quantitativos (V, CTC, m, K) e qualitativos (graus de limitação) de maneira rápida e precisa, como dificilmente seria possível de maneira empírica.

Além disso, a utilização do SIG permitiu quantificar as áreas incluídas em cada classe de aptidão agrícola e visualizar como as características ambientais consideradas variam no espaço geográfico, informação traduzida na forma de mapas temáticos dos atributos.

A execução da rotina de avaliação da aptidão agrícola das terras por meio de arquivos vetoriais demonstrou oferecer as mesmas possibilidades já experimentadas com arquivos matriciais. Embora a escolha do formato dos dados (matricial ou vetorial) implique no uso de diferentes técnicas de processamento, as operações lógicas são as mesmas e os resultados obtidos são idênticos, a não ser pelas peculiaridades inerentes a cada formato, como as bordas reticuladas e a impossibilidade de suavização das formas, quando no formato matricial.

Uma dificuldade encontrada no trabalho foi a compilação e organização dos dados característicos de cada classe de solos de forma que realmente fossem representativos das mesmas. Isso se deve ao fato de o método de avaliação da aptidão agrícola das terras demandar grande diversidade de informações para que o potencial das terras seja definido não apenas para tipos de utilização específicos, mas também para usuários e contextos produtivos distintos.

Outro empecilho enfrentado na aquisição dos dados foi a carência de pontos de amostragem georreferenciados, suficientes para a interpolação dos valores dos atributos e geração de superfícies de dados contínuos. Essa condição levou à distribuição dos valores dos atributos no espaço segundo o mapa de solos da bacia (reclassificação). Se por um lado a interpolação de dados oferece uma alternativa rápida e, possivelmente, confiável, sabe-se que muitas das características edáficas consideradas têm distribuição aleatória no espaço. Como a interpolação considera a linearização dos dados no espaço, a técnica só terá credibilidade quando a quantidade de dados interpolados for a mínima necessária, e a densidade destes for uniforme na área estudada.

Ainda há necessidade de realização de muitos estudos que visem a adaptar os métodos de avaliação da aptidão agrícola das terras à utilização de dados de mais fácil aquisição, e os métodos de geoprocessamento à variabilidade típica dos agroambientes. Mas, sem dúvidas, as melhorias se desenvolverão em torno das aplicações de SIGs e demais ferramentas de geoprocessamento.

## 8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ADASA. 2012. Plano de Gerenciamento Integrado de recursos Hídricos do Distrito Federal - PGIRH. Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal. Disponível em <[http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_banners&task=click&bid=45](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_banners&task=click&bid=45)>. Acesso em 09 de dezembro de 2012.

ALMEIDA, J.A.; TORRENT, J. & BARRÓN, V.. Cor de solo, Formas de Fósforo e Adsorção de Fosfatos em Latossolos Desenvolvidos de Basalto do Extremo-Sul do Brasil. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, 27:985-1002, 2003.

BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.; RESENDE, M. & RIBEIRO, A.C.. Relação entre adsorção de fósforo e comportamento mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. Revista Brasileira de Ciências do solo, Viçosa, 7:221-226,1983.

BERTOL, I.; LEITE, Dirceu ; ENGEL, Fernando Luís ; COGO, Neroli Pedro ; GONZÁLEZ, Antônio Paz. Erodibilidade de um Nitossolo Háptico alumínico determinada em condições de campo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 541-549, 2007.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V.. Introdução à Ciência da Geoinformação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE-10506-RPQ/249, Ministério da Ciência e Tecnologia. São José dos Campos, 2001.

CAMPOS, P. M.. Adequabilidade do Uso Agrícola das Terras no Núcleo Rural do Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal – PAD/DF. Monografia de conclusão de curso de especialização. Brasília: Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, 2009. 28 p.

CAMPOS, P. M.; LACERDA, M. P. C.; BILICH, M. R.; PAPA, R. A.; SILVA, R. A. B.. Adequabilidade do Uso Agrícola das Terras no Núcleo Rural do PAD/DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 507-513. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A22TC2>>. Acesso em: 09 dez. 2012.



CARNEIRO, G. C.; DINIZ, N.; MENEZES, P. H.. Aplicação de um Sistema de Informação Geográfico como instrumento de gerenciamento de dados dos Recursos Hídricos Superficiais de Irrigação pelo sistema de pivô central do município de Cristalina-GO. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0261

CASTRO, W., LEMKE-DE-CASTRO, M., LIMA, J., OLIVEIRA, L., RODRIGUES, C., FIGUEIREDO, C.. Erodibilidade de Solos do Cerrado Goiano. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, América do Norte, 4, mar. 2011. Disponível em: <http://www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/rama/article/view/1656/1247>. Acesso em: 09 Dez. 2012.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V.. Mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da Paraíba. In: XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2010, TERESINA-PIAUI. XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2010.

GARCIA, G. J.; ESPINDOLA, C. R.. SIAT – Sistema de Avaliação de Terras. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.2, p.223-228, 200.1Campina Grande, PB, DEAg/UFPB - <http://www.agriambi.com.br>.

HAMADA, E. LOPES-ASSAD, M. L.; PEREIRA, D. A.; BOSCHI, R. S.. Operações de álgebra de mapas em sistema de informações geográficas para estimativa da aptidão agrícola das terras. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 2713-2720. CD-ROM.

LEPSCH, I.P. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; EID, N. J.; MARTINS, E. S.; KOIDE, S.; REATTO, A.. Desenvolvimento e Verificação de Métodos Indiretos para a Estimativa da Erodibilidade dos Solos da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim – DF. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.8, n.2, p.23-36, 200.

LOPES-ASSAD, M. L.. Uso de sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola de terras. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 19, n.1, p. 133-139, 1995.

MACHADO, M. L., ALVES, J. S., GOMES, I., VIEIRA, E. M., SIMAO, M. L. R.. Levantamento sistemático dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) para o delineamento de áreas com potencial erosivo da bacia PN1 - IGAM, Minas Gerais (resultados parciais) In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009.

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R.. Fator Erodibilidade e Tolerância de Perda dos Solos do Estado de São Paulo. Rev. Acta Scientiarum Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

MARTINS, S. G.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N. ; CURI, N. ; FONSECA, S.. Erodibilidade do Solo nos Tabuleiros Costeiros. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, p. 322-327, 2011.

PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F.. Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 43).

RAMALHO-FILHO, A.; Beek, K. J.. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C.. Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. ix, 36p. – (Embrapa Solos. Documentos; 1).

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; CHAGAS, C. S.; MARTINS, E. S.; ANDAHUR, J. P.; GODOY, M. J. S.; ASSAD, M. L. L.. Levantamento Semidetalhado dos Solos da Bacia do Rio Jardim-DF, escala 1:50.000.. Planaltina-DF, CDrom: Embrapa Cerrados, 2000 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Cerrados).

REATTO, A ; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, E. M.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.. Variabilidade mineralógica de latossolos na bacia do rio Jardim-DF. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, v. 2, 1999 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Cerrados).

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK C. R. L.; PIROLI, E. L.. Utilização de Sistema de Informação Geográfica na Avaliação do Uso da Terra em Botucatu (SP). R. Bras. Ci. Solo, 25:675-681, 2001.

SILVA, V. C.. Estimativa da Erosão Atual da Bacia do Rio Paracatu (MG / GO / DF). Pesquisa Agropecuária Tropical, 34 (3): 147-159, 2004 – 147

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, R. E.; UBERTI, A. A. A.. Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras como Subsídio ao Assentamento de famílias rurais, utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:1977-1990, 2010

SPERA, S. T.; REATTO, A ; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R.; BLOISE, G. L. F.; SILVA, A. V.. Aptidão agrícola do Rio Jardim-DF. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2003 (Comunicado Técnico da Embrapa Cerrados).

SPERA, S. T.; REATTO, A ; MARTINS, E. S.; SILVA, A. V.; FARIAS, M. R... Aptidão Agrícola das terras da bacia do Rio Jardim, DF.. Planaltina-DF.: Embrapa Cerrados, 2002 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Cerrados).

SPERA, S. T.; REATTO, A ; MARTINS, E. S. ; CORREIA, J. R.. Atributos físicos de solos e distribuição das fitofisionomias de Cerrado na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim-DF.. Planaltina-DF, v. 146 (1-18p.): Embrapa Cerrados, 2005 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Cerrados).

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P. C. T; VIEIRA, M. N. F.. Solos: propriedades, classificação e manejo. Brasília: MEC/ABEAS,1988. p.109-118. (Programa Agricultura nos Trópicos, v.2)