

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais**

**Dinâmica da Paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio  
Grande do Sul**

**Tania Maria Tonial**

**SÃO CARLOS –SP**

**2003**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**

**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais**

**Dinâmica da Paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio  
Grande do Sul**

**Tania Maria Tonial**

**Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais.**

**SÃO CARLOS –SP**

**2003**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

T665dp

Tonial, Tania Maria.

Dinâmica da paisagem na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul / Tania Maria Tonial. -- São Carlos : UFSCar, 2003.

311 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2003.

1. Conservação. 2. Bacia hidrográfica. 3. Manejo. 4. Sistema de informação geográfica. 5. Fragmentos florestais. I. Título.

CDD: 574.5247 (20<sup>a</sup>)

---

Orientador: Prof. Dr José Eduardo dos Santos

*Ao meu filho Gabriel,  
com muito amor.*

*“Nada de esplêndido jamais foi realizado, exceto por aqueles que ousaram acreditar que algo dentro deles era superior às circunstâncias”.*

*Bruce Barton.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Eduardo dos Santos, pela sabedoria transmitida, crítica e direcionamento, pelas sugestões e correções ao qual devo a orientação deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Nelson Zang, pelas sugestões, críticas oportunas, paciência, apoio e estímulo na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires, pela atenção e pelas sugestões valiosas.

Ao Prof. Dr. Carlos Henke de Oliveira, pelo conhecimento nas diferentes ferramentas utilizadas, na definição das etapas do trabalho e pela sua amizade.

Aos professores Dr. José Eduardo dos Santos, Dr. Felisberto Cavalheiro, Dr. José Salatiel Rodrigues Pires, Dr. Carlos Henke de Oliveira, Dra. Elisabete Maria Zanin, pela participação e sugestões como banca examinadora.

Ao PPG-ERN, em especial à Coordenação e ao Departamento de Ciências Biológicas da URI, por oportunizar o Curso de Pós-Graduação.

À Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus de Frederico Westphalen, pelo apoio logístico e, em especial, pela montagem do Laboratório de Geoprocessamento e por acreditar na capacitação e no crescimento profissional.

Ao colega Eloir Missio, na URI, no Doutorado e no Laboratório de Geoprocessamento, pela troca de experiência, pelo apoio, pela amizade e caminhada conjunta. Aos demais colegas do grupo, agradeço pela convivência intensiva no período das disciplinas, que

originou um maior crescimento cooperativo.

Aos ex-bolsistas Cleber Rubert e Marcos Antônio Ritterbuch, pela valiosa contribuição em etapas do trabalho.

Aos bolsistas Fábio Desconsi e Paulo Roberto Markoski, pela ajuda em atividades de laboratório e de campo.

Um especial agradecimento ao bolsista Marcelo Leandro Holzschuh, que esteve presente em todas as etapas deste trabalho, sempre com dedicação e boa vontade.

A Prof<sup>a</sup>. Ophélia Sunpta Buzatto Paetzold, por sua cooperação na correção deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO (AE) .....	11
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA PAISAGEM EM ESTUDO .....	21
4.1.1 <i>Malha Viária</i> .....	22
4.1.2 <i>Hidrografia</i> .....	23
4.1.3 <i>Hipsometria</i> .....	25
4.1.4 <i>Clinografia</i> .....	27
4.1.5 <i>Usos e ocupação da terra</i> .....	31
4.1.6 <i>Áreas de Preservação Permanente (APP) no Período em Estudo</i> .....	48
4.1.7 <i>Áreas críticas de risco potencial à erosão no período estudado</i> .....	53
4.2 DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA PAISAGEM.....	58
4.2.1 <i>Análise da fragmentação da paisagem</i> .....	59
4.2.2 <i>Análise da fragmentação da classe mata</i> .....	63
4.2.3 <i>Análise da fragmentação da classe capoeira</i> .....	67
4.2.4 <i>Análise geral da paisagem e das classes mata e capoeira</i> .....	70
4.2.5 <i>Resultados da Análise de Componentes Principais (ACP)</i> .....	71
4.2.6 <i>Análise do Comprometimento Ambiental das Bacias Hidrográficas</i> .....	79
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>

**6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 84**

**ANEXOS ..... 90**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização da AE referente à paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul..... 11
- Figura 2: Fluxograma descrevendo as etapas metodológicas envolvidas na elaboração e análise dos mapas temáticos para a caracterização, análise e diagnóstico ambiental da paisagem de estudo. Organização: TONIAL, T. M. (2002)..... 16
- Figura 3: Percentagem de área ocupada por cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. (LCA: Lajeado Castelinho; LCH: Lajeado Chiquinha; LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico).22
- Figura 4: Malha Viária da paisagem da AE região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (1979).....23
- Figura 5: Mapa da hidrografia da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. .... 24
- Figura 6: Mapa de hipsometria da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.....26
- Figura 7: Perfil topográfico visualizando a variação hipsométrica da paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul..... 27
- Figura 8: Mapa de clinografia da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. .... 28
- Figura 9: Ilustração da clinografia de algumas bacias hidrográficas da paisagem em estudo. Foto Superior: representa áreas com declividade menos acentuada utilizadas para cultivo agrícola e presença de alguns fragmentos de mata e capoeira presentes, principalmente na bacia hidrográfica do LMI e LCA; Fotos Intermediária e Inferior: representam áreas com declividade mais acentuada utilizadas para cultivo agrícola e presença de alguns fragmentos de mata e capoeira

presentes, principalmente nas bacias hidrográficas do LPE e RPA, respectivamente. A localização geográfica destas áreas está representada no Anexo I. .... 30

Figura 10: Ilustração dos tipos de usos e ocupação da terra pelas classes mata, capoeira e pastagem na paisagem em estudo. Foto Superior – caracteriza um fragmento de mata rodeado por áreas agrícolas (plântio direto); Foto Intermediária – representa áreas de capoeira em área declivosa em diferentes estágios sucessionais; Foto Inferior – pastagem em área com declividade acentuada, utilizado-a para alimentação bovina. A localização geográfica destas áreas está representada no Anexo I. .... 31

Figura 11: Ilustração dos tipos de usos e ocupação da terra pelas classes agricultura, água e áreas urbanas na paisagem em estudo. Foto superior – terra arada para o plantio agrícola e área com cultivo de soja; Foto intermediária – presença da classe água entre fragmentos em diferentes estágios sussecionais de mata, capoeira e área cultivada; Foto inferior – representação da classe área urbana relacionada ao município de Frederico Wesphalen. A localização geográfica está representada no Anexo I. .... 32

Figura 12: Cenário dos tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, referente ao ano de 1984. .... 33

Figura 13: Cenário dos tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, referente ao ano de 1989. .... 34

Figura 14: Cenário dos tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, referente ao ano de 1994. .... 35

Figura 15: Cenário dos tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, referente ao ano de 1999. .... 36

Figura 16: Dinâmica da classe mata para as cinco bacias hidrográficas da paisagem da AE na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2001). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado

Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho). .....	42
Figura 17: Dinâmica da classe capoeira para as cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho). .....	43
Figura 18: Dinâmica da classe pastagem para as cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho). .....	43
Figura 19: Dinâmica da classe área urbana para as cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).....	44
Figura 20: Dinâmica da classe água para as cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). .....	44
Figura 21: Ilustração da classe água. Foto superior (RPA): representa a existência da classe água, entre fragmentos sussecionais de capoeira e áreas cultivadas; Foto intermediária (LPE): demonstra a classe água junto à pastagem e sussecionais áreas de mata; Foto inferior (LCH): classe água junto à agricultura. A localização destes pontos está representada no Anexo I.....	45
Figura 22: Dinâmica da classe de uso agricultura nas cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).....	46
Figura 23: Dinâmica dos usos da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1984 a 1999. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). ..	47

- Figura 24: Áreas de Preservação Permanente para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, considerando a hidrografia e a clinografia. .... 48
- Figura 25: Ilustração da situação em que se encontram as APPs (Rio da Várzea). Onde: Foto superior representa áreas que apresentam mata ciliar condizente com a legislação; Foto inferior representa áreas que não apresentam mata ciliar conforme a legislação. A localização destas figuras está representada no Anexo I. .... 49
- Figura 26: Mapa das Áreas de Preservação Permanente (APP) categorizadas em condizentes e não condizentes com a legislação, para a paisagem em estudo nos anos de 1984, 1989, 1994 e 1999. .... 50
- Figura 27: Ilustração da exploração das propriedades. Foto superior (RPA): apresenta maior grau de exploração do uso da terra, por apresentar menor declividade; Foto inferior (RPA): observa-se área com maior declividade, onde áreas preservadas não apresentam aptidão agrícola. Ambas ilustram a fragmentação da paisagem. A localização destes pontos está representada no Anexo I. .... 52
- Figura 28: Mapa de risco à erosão em relação à declividade e aos usos da terra para a área total da paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, nos anos de 1984, 1989, 1994 e 1999. .... 55
- Figura 29: Evolução das áreas de risco à erosão para a paisagem de estudo no período de 1984 a 1999. .... 56
- Figura 30: Ilustração das áreas de alta declividade usadas para outros fins que não sejam os de preservação permanente. Foto superior: área com solo preparado para plantio. Foto intermediária: área com pastagem. Foto inferior: área de mata fragmentada pelo uso agrícola. A localização destas figuras está representada no Anexo I. .... 57
- Figura 31: Ilustração de um fragmento da classe agricultura dentro da classe mata na bacia hidrográfica do Lajeado Chiquinha. A localização geográfica desta figura está representada no Anexo I. .... 61

- Figura 32: Dinâmica de fragmentos de mata da bacia hidrográfica do Rio Pardo, nos períodos de 1984-1989, 1989-1994, 1994-1999. .... 66
- Figura 33: Ilustração da borda de um fragmento, utilizando o valor de 50 metros. A: Fragmento com área maior que 1 ha. B: Fragmento com área de 1 ha. C: Fragmento com área menor que 1 ha. .... 69
- Figura 34: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo as bacias hidrográficas e as variáveis selecionadas após a primeira PCA, eliminando métricas redundantes para análise dos eixos 1 e 2. .... 72
- Figura 35: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo variáveis selecionadas após a análise da redundância para os eixos 1 e 3. .... 73
- Figura 36: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da classe mata da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo variáveis selecionadas após a análise da redundância para os eixos 1 e 2. .... 76
- Figura 37: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da classe mata da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo variáveis selecionadas após a análise da redundância para os eixos 1 e 3. .... 76
- Figura 38: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da classe capoeira da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo variáveis selecionadas após a análise da redundância para os eixos 1 e 2. .... 77
- Figura 39: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da classe capoeira da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo variáveis selecionadas após a análise da redundância para os eixos 1 e 3. .... 78

Figura 40: Gradiente do comprometimento da qualidade ambiental das bacias hidrográficas do Lajeado Perau (LPE), Rio Pardo (RPA), Lajeado Chiquinha (LCH), Lajeado Mico (LMI) e Lajeado Castelinho (LCA), delimitadas na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, em termos do tipo de uso da terra e do grau de fragmentação da classe de uso mata. Org. TONIAL, T. M. (2002)..... 80

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1: Relação das cartas topográficas (DSG, 1979), Datum Córrego Alegre, coordenadas UTM – Zona 22s, utilizadas para a realização do trabalho.....</b>	<b>14</b>
<b>TABELA 2: Valores das áreas (ha) das bacias hidrográficas e área total das unidades da paisagem da AE. ....</b>	<b>21</b>
<b>TABELA 3: Caracterização da rede hidrográfica das bacias hidrográficas delimitadas na paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.....</b>	<b>25</b>
<b>TABELA 4: Classes hipsométricas, áreas (ha) e percentagem relativa (%) das áreas de cada classe hipsométrica da paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.....</b>	<b>25</b>
<b>TABELA 5: Classes clinográficas, áreas, percentagem relativa de área (%) e características de cada classe clinográfica para a paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. ....</b>	<b>29</b>
<b>TABELA 6: Valores das áreas (ha) e percentagem relativa de áreas (%) em função das classes clinográficas de cada bacia hidrográfica delimitada na paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.....</b>	<b>29</b>
<b>TABELA 7: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem e para cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1984. ....</b>	<b>37</b>
<b>TABELA 8: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem e para cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1989. ....</b>	<b>38</b>
<b>TABELA 9: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem e para cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul,</b>	

no ano de 1994. ....	39
<b>TABELA 10: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem e para cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1999. ....</b>	<b>39</b>
<b>TABELA 11: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1984, 1989, 1994 e 1999. ....</b>	<b>40</b>
<b>TABELA 12: Caracterização do uso agrícola da paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1984 a 1999. ....</b>	<b>47</b>
<b>TABELA 13: Classes de APP da paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, considerando os usos da terra para os anos de 1984, 1989, 1994, e 1999. ....</b>	<b>51</b>
<b>TABELA 14: Áreas com cobertura vegetal natural e usos antrópicos, na paisagem de estudo, no período de 1984 a 1999. ....</b>	<b>54</b>
<b>TABELA 15: Classificação das áreas de riscos potenciais à erosão para a área total da paisagem em estudo, considerando a declividade e não considerando as classes mata e capoeira. ....</b>	<b>54</b>
<b>TABELA 16: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da qualidade ambiental de cada bacia hidrográfica estudada, para o ano de 1984. ....</b>	<b>59</b>
<b>TABELA 17: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da qualidade ambiental de cada bacia hidrográfica estudada, para o ano de 1989. ....</b>	<b>59</b>
<b>TABELA 18: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da qualidade ambiental de cada bacia hidrográfica estudada, para o ano de 1994. ....</b>	<b>60</b>
<b>TABELA 19: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da</b>	

qualidade ambiental de cada bacia hidrográfica estudada, para o ano de 1999. .....	60
<b>TABELA 20: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe mata, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1984.</b> .....	63
<b>TABELA 21: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe mata, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1989.</b> .....	63
<b>Tabela 22: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe mata, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1994.</b> .....	64
<b>TABELA 23: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe mata, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1999.</b> .....	64
<b>TABELA 24: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe capoeira, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1984.</b> .....	67
<b>TABELA 25: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe capoeira, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1989.</b> .....	68
<b>TABELA 26: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe capoeira, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1994.</b> .....	68
<b>TABELA 27: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe capoeira, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1999.</b> .....	68

## RESUMO

Com a demanda crescente por recursos naturais, a análise ambiental e o monitoramento do uso da terra passaram a representar um aspecto fundamental para a compreensão dos padrões de ocupação e organização espacial da paisagem, raramente permanente em função da dinâmica das atividades humanas. Neste contexto, as informações derivadas dos sensores orbitais, aliadas às técnicas de geoprocessamento, constituem uma ferramenta fundamental à caracterização estrutural da paisagem e para a identificação, mapeamento e diagnóstico ambiental dos recursos naturais. Este trabalho teve como objetivos a delimitação, análise e o diagnóstico ambiental de cinco bacias hidrográficas da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, para a identificação dos riscos associados à erosão dos solos e do grau de comprometimento da qualidade ambiental em função da fragmentação e da perda de áreas naturais, a que estas unidades de gerenciamento da paisagem estiveram submetidas no período de 1984 a 1999. O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) foi essencial para a obtenção das informações relacionadas às características estruturais da paisagem representadas pela hipsometria, clinografia, malha viária, hidrografia, usos da terra, áreas de riscos à erosão do solo e de áreas de preservação permanente. O cultivo agrícola representou o principal tipo de uso da terra no período entre 1984 a 1999, demonstrando a necessidade de promover o controle e o acompanhamento das práticas agrícolas, principalmente no cumprimento da legislação ambiental direcionada ao estabelecimento de áreas de preservação permanente. A aplicação da Análise Estatística Multivariada, associada ao software Fragstats, permitiu identificar os principais parâmetros para explicar os processos de fragmentação e do padrão espacial e temporal relacionados às classes de usos mata e capoeira no âmbito das bacias hidrográficas, além de um gradiente de comprometimento da qualidade ambiental das mesmas. As bacias hidrográficas do Lajeado Perau e do Rio Pardo foram consideradas as menos, e as do Lajeado Castelinho e do Lajeado Mico as mais comprometidas. A base de dados cartográficos representa uma contribuição essencial para o manejo ambiental das bacias hidrográficas na perspectiva da sustentabilidade regional.

## ABSTRACT

Environmental analysis and land use dynamics of the landscape northwest area of the Rio Grande do Sul Province. With the growing demand for natural resources the environmental analysis and the periodic diagnosis of the land use started to represent a fundamental aspect for the understanding of the occupation patterns and spatial organization of the landscape, rarely permanent in function of the dynamics of the human activities. In this context, information obtained by orbital sensor, allied to the geocoded techniques constitute a fundamental tool to the landscape structural characterization and for the identification, mapping and environmental diagnosis of the natural resources. This work had as objectives the delimitation, and the environmental analysis and diagnosis of five watershed of the landscape northwest area of the Rio Grande do Sul Province, for the identification of the risks associated to the soil erosion and of the degree of compromising of the environmental quality related to fragmentation and loss of natural areas, that these landscape mapping units were submitted in the period from 1984 to 1999. The Geographical Information Systems (GIS) were essential to obtain information related to the structural characteristics of the landscape represented by the hypsometriy, clinografy, road net, hydrografy, land use types, and critical risks to soil erosion and permanent preservation areas. Agriculture represented the principal land use type in the period among 1984 to 1999, demonstrating the need to promote the control of the agricultural practices, mainly the execution of the environmental legislation toward to the establishment of permanent preservation areas. The application of Principal Components Analysis associated to the software Fragstats allowed to identify the principal parameters to explain the fragmentation process and of the land use spatial and temporal pattern related to forest and “capoeira” use classes, besides a compromising gradient of the environmental quality of the watershed. The Lajeado Perau and Rio Pardo were considered the minus, and the Lajeado Castelinho and Lajeado Mico the more committed watershed. The cartographic database represents an essential contribution for the watershed environmental management proposal in the perspective of the regional sustainability.



## 1 INTRODUÇÃO

A humanidade atravessa um momento histórico em função do aumento das disparidades sócioeconômicas, confrontando problemas relacionados com a pobreza, fome, doenças, analfabetismo e com a degradação ambiental. O equilíbrio entre ambiente e desenvolvimento parece ser a principal estratégia para satisfazer as necessidades humanas em relação à capacidade de suporte dos ecossistemas.

As últimas décadas têm possibilitado a manifestação da preocupação crescente da sociedade com as mudanças ambientais globais, basicamente associadas com a degradação ambiental e com as práticas não-sustentáveis de uso dos recursos naturais. Na medida em que o uso irracional dos recursos naturais compromete a sustentabilidade do planeta e com o reconhecimento dos temas associados à conservação da biodiversidade e da complexidade da interação e equilíbrio entre ecossistemas e espécies, a existência humana passa a depender não apenas da luta pela sobrevivência em si, mas também da conservação racional dos recursos naturais (RUSCHEL, 2000).

As mudanças demográficas, econômicas e sociais manifestadas pelas atividades humanas como a agricultura, indústria, comércio e recreação, alteram os ciclos biogeoquímicos, adicionam ou removem espécies e populações geneticamente distintas, modificam o uso da terra, exercendo considerável pressão na redução da cobertura vegetal natural (VITOUSEK *et al.*, 1997), contribuem para a perda de habitat e da biodiversidade (DOBSON *et al.*, 1997), além de modificarem a condição climática global, regional e local (ACHARD *et al.*, 2002).

A redução da cobertura vegetal natural e a conseqüente fragmentação dos ecossistemas florestais é um fenômeno global. Atinge a quase totalidade dos biomas. No caso das florestas tropicais, a fragmentação é particularmente grave, pois constitui um importante fator de empobrecimento biológico. Além de suas graves conseqüências para a conservação da biodiversidade, a fragmentação florestal compromete uma série de funções ecológicas dos ecossistemas florestais, incluindo: manutenção e seqüestro de carbono, conservação dos recursos hídricos, fornecimento de espaço para recreação e ecoturismo e no fornecimento de

predadores para as pragas e doenças agrícolas. Apesar de freqüentemente não valoradas, de forma apropriada, essas funções ecológicas possuem expressiva dimensão econômica (VIANA, 1998).

A fragmentação florestal é um fenômeno presente em, praticamente, todas as etapas de expansão da fronteira agrícola no país, desde as mais antigas, na Mata Atlântica nordestina até as atuais, nas áreas de cerrado do Centro-Oeste e nas florestas úmidas da Amazônia. Vastas paisagens e outras cobertas por maciços contínuos de vegetação vêm tomando novas características e constituindo mosaicos diferenciados, onde a vegetação nativa é relegada à condição de ilhas, de diferentes tamanhos e formas e o elemento dominante das paisagens passa a ser a agropecuária, os núcleos urbanos, as hidrelétricas e as áreas de mineração

VIANA (1990) comparou paisagens com diferentes características de fragmentação, relatando um caso em que a maior parte (58,4%) da área florestada se encontrava na forma de grandes fragmentos (>40 ha) e outra parte da área florestada se encontrava na forma de pequenos fragmentos (< 10 ha). Apesar de ainda serem pouco conhecidas, o referido autor considera que as conseqüências destes dois padrões de fragmentação sobre a diversidade biológica e a sustentabilidade das populações de animais e vegetais locais devem ser relativamente significativas. Do mesmo modo, considera que as estratégias de manejo direcionadas aos fragmentos florestais destas duas áreas devem ser diferenciadas.

A fragmentação introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais. Essas mudanças afetam, de forma diferenciada, os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes espécies e, portanto, a estrutura e dinâmica de ecossistemas. No caso das espécies arbóreas, a alteração na abundância de polinizadores, de dispersores, de predadores e de patógenos interfere nas taxas de recrutamento de plântulas; e os incêndios e mudanças microclimáticas, que atingem de forma mais intensa as bordas dos fragmentos, alteram as taxas de mortalidade de árvores. As evidências científicas sobre esses processos têm se avolumado nos últimos anos (VIANA *et al.*, 1998).

Fenômenos biológicos que afetam a natalidade e a mortalidade de plantas, como, por exemplo, o efeito de borda, a deriva genética e as interações entre plantas e animais estão estritamente relacionados com os fatores que afetam a dinâmica dos fragmentos florestais, tais

como: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança e histórico de perturbações (VIANA *et al.*,1992). O isolamento dos fragmentos florestais na paisagem não depende apenas da distância, mas também do tipo de vizinhança. O isolamento vai depender da “porosidade” desta vizinhança; quanto mais porosa for uma vizinhança, menor será o isolamento das populações de fragmentos terrestres (FORMAN & GODRON, 1986).

O grau de isolamento de um fragmento pode ser definido pela média das distâncias até os seus vizinhos mais próximos (FORMAN & GODRON, 1986). Em regiões onde o processo de fragmentação está muito avançado, como no oeste do Estado de São Paulo, a distância entre os fragmentos florestais é muito grande, dificultando o deslocamento animal entre os fragmentos.

KAGEYAMA (1998) avaliou a fragmentação florestal, revelando que ela provoca a diminuição do número de indivíduos de uma população, favorecendo a perda de variação genética. A população remanescente passa a ter um tamanho menor que o mínimo adequado para que o mesmo possa ter sua normal continuidade e evolução. Nessa pequena população, pode ocorrer, a curto prazo, deriva genética, o que significa ter as frequências de seus genes afastadas daquelas da população original, inclusive chegando a perder alelos. A longo prazo, ainda pode haver um aumento da endogamia, decorrente da maior probabilidade de autofecundação e acasalamento entre indivíduos aparentados.

As trajetórias atuais de desenvolvimento não podem ocorrer sem causar impactos. Entretanto, não estão proporcionando benefícios da forma como deveriam. A perda e a degradação de áreas de vegetação natural remanescentes na paisagem continuam de maneira crescente. As evidências disponíveis sugerem que a presença dos fragmentos remanescentes na paisagem gera muito mais benefícios econômicos do que os obtidos pela conversão continuada dos mesmos em sistemas culturais. O ambiente natural proporciona benefícios para a sociedade de diversos modos: estética e culturalmente; por meio das funções ambientais promove a regulação climática, a formação do solo, a ciclagem dos nutrientes, o fornecimento de combustível, fibras e substâncias farmacêuticas (BALMFORD *et al.*, 2002). Estes benefícios deveriam motivar a conservação da natureza diante das pressões econômicas crescentes sobre o ambiente natural, embora a avaliação sócioeconômica dos mesmos seja ainda um processo difícil e não incorporado na atividade econômica convencional, baseada, principalmente, na análise de mercado (SANTOS *et al.*, 2001).

Embora o desenvolvimento tecnológico tenha contribuído substancialmente para o aumento na produção de alimentos durante os últimos 50 anos, a intensificação do uso da terra, em termos da conversão de habitats naturais em áreas agrícolas, tem sido considerada a principal forma de impacto ambiental decorrente das atividades humanas. Particularmente, este tipo de uso da terra tem sido relacionado com as alterações das interações bióticas e com a disponibilidade dos recursos nos ecossistemas, determinando uma série de problemas ambientais no âmbito local e regional (MATSON *et al.*, 1997), com as alterações na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (VITOUSEK *et al.*, 1997), com o comprometimento das funções ambientais em termos dos bens e serviços gratuitamente prestados pelos ecossistemas naturais (de GROOT, 1992), com a fragmentação e o empobrecimento ecológico da paisagem (VIANA *et al.*, 1997), configurando uma grande ameaça à perda da biodiversidade (DOBSON *et al.*, 1997).

A expressão “uso da terra” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração no ambiente (PACHÊCO & RIBAS, 1998).

O levantamento do uso da terra numa dada região, tornou-se um aspecto fundamental para a compreensão dos padrões de organização espacial da paisagem. Entretanto, as medidas para o planejamento ambiental têm sido, até recentemente, baseadas apenas em informações fragmentadas das conseqüências ambientais resultantes. Isto ocorria devido à inexistência de registros confiáveis sobre as condições de uso da terra, não permitindo, portanto, a avaliação das alterações provocadas pelo homem (PACHÊCO & RIBAS, 1998).

O conhecimento atualizado da distribuição e da área ocupada pela agricultura, vegetação natural, áreas urbanas e edificadas, bem como informações sobre as proporções de suas mudanças, são cada vez mais necessárias aos legisladores e planejadores. Desse modo, existe a necessidade de atualização constante dos registros de uso da terra, para que suas tendências e cenários possam ser analisadas. Neste contexto, o sensoriamento remoto constitui-se numa técnica de grande utilidade, permitindo em curto intervalo de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso da terra (SANTOS *et al.*, 1981).

A estrutura de uma paisagem pode ser modificada quando o regime de perturbação é alterado por mudança climática ou influência humana. Contudo, muito pouco é conhecido a respeito de como esta se apresentará após uma perturbação (BAKER 1992). A análise de mapas temáticos é uma das formas para estudar as alterações que ocorrem na estrutura da paisagem em um determinado período de tempo (GUSTAFSON, 1998).

Neste contexto, as atividades de monitoramento com o objetivo de atualizar as informações sobre o uso e ocupação da terra, são extremamente relevantes na medida em que são evidenciados o uso desordenado e o grau de degradação ambiental da paisagem. O conhecimento do uso e ocupação da terra torna-se cada vez mais importante na medida em que se planeja superar os problemas do desenvolvimento, bem como em reduzir a deterioração da qualidade ambiental (ANDERSON *et al.*, 1976).

Dentre as unidades de observação e análise da paisagem a bacia hidrográfica é a mais utilizada pelos ambientalistas. O conceito envolve um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (ARGENTO & CRUZ, 1996). Para as Ciências Ambientais, a bacia hidrográfica apresenta-se como a unidade da paisagem mais adequada para esse tipo de estudo, basicamente devido ao seu conceito de integração de fatores ecológicos, e sócioeconômicos e culturais. Seu uso e aplicação para estudos dos problemas ambientais são fundamentais, pois também contemplam as informações físicas, biológicas e sócioeconômicas, sendo que nenhuma delas pode ser desconsiderada, se a análise for baseada na sua real compreensão. A solução de muitos problemas ambientais está intimamente vinculada com as preocupações que objetivam a manutenção das bacias hidrográficas (O'SULLIVAN, 1981).

O diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas, através da correlação da dinâmica do uso da terra, possibilita a distinção de áreas potencialmente agricultáveis daquelas destinadas à preservação e à recuperação ambiental, subsidiando a indicação de formas viáveis de exploração racional das terras, capazes de garantir a sustentabilidade da agricultura familiar (MANZATTO, 1998).

A abordagem metodológica para realização de estudos em bacias hidrográficas proposta por PIRES & SANTOS (1995) define o planejamento ambiental como um processo de planificação que busca soluções para os problemas ambientais e as necessidades humanas,

visando a metas e a objetivos: maximização da qualidade ambiental, produção sustentada com o desenvolvimento e aproveitamento dos recursos naturais dentro dos limites da capacidade de suporte ambiental e minimização dos riscos e impactos ambientais.

O planejamento ambiental surge como uma forma de mitigar os impactos ambientais decorrentes do conflito entre ambiente e desenvolvimento e do acesso inadequado aos recursos do solo. "O planejamento ambiental apresenta-se como um processo flexível e dinâmico, baseado na descrição detalhada de uma unidade da paisagem e fundamentado em mapas recentes, essenciais à elaboração de uma infra-estrutura básica de dados para a interpretação, avaliação e decisão a respeito do manejo da unidade em questão" (PIRES *et al.*, 1998). Além disso, o conhecimento do uso e ocupação da terra, ao longo do tempo, permite a compreensão do desenvolvimento econômico, em termos do processo de ocupação antrópica da paisagem local ou regional (PIROLI *et al.*, 1999). Dentro do possível, o processo de planejamento ambiental deve ser contínuo, periodicamente reavaliado e adequado às novas condições sociais, culturais, ambientais e paradigmas emergentes (FERRAZ, 1999).

O substancial volume de informações disponibilizadas para o planejamento ambiental tem proporcionado o conhecimento da paisagem, em escala municipal, estadual ou mesmo federal (PIROLI *et al.*, 1999), constituindo a base de um sistema de gestão territorial, direcionado a agilizar desde as tarefas mais simples da administração pública, até a organização do seu espaço territorial, suscetível a todas as formas de apropriação e degradação (PIRES, 1995).

No Brasil, assim como no resto do planeta, a proteção dos ecossistemas requer soluções diversas que tenham em vista a conservação da natureza e também o uso sustentável dos recursos naturais. Tanto a conservação como a sustentabilidade não são tarefas fáceis; envolvem fatores sociais, econômicos e políticos, exigindo a geração e disseminação de conhecimento técnico e científico. Esforços para assegurar a conservação produzem resultados aquém do desejado, uma vez que o conhecimento sobre as espécies e os ecossistemas ainda é insuficiente, em relação aos efeitos da interferência humana sobre os habitats naturais.

Do mesmo modo a conservação ambiental ao orientar, tanto o manejo de áreas protegidas, na paisagem antrópica, como também o manejo dos sistemas produtivos, com a

utilização de tecnologias que permitam a sustentabilidade dos recursos naturais, tem possibilitado atingir os objetivos conservacionistas caracterizados no estilo de desenvolvimento sustentável (LIMA,1998).

A paisagem segundo VILLOTTA (1991) é a unidade fundamental e básica para definirmos os diversos tipos de solos existentes. Cada paisagem é o resultado de uma evolução específica, condicionada por fatores geológicos, processos fisiográficos, história climática e variação temporal. O monitoramento da paisagem, isto é o acompanhamento ao longo do tempo, vem da necessidade de entender o meio que nos envolve e os efeitos do homem no ambiente. Isto conduz a aspectos cada vez mais amplos nas pesquisas e estudos. O avanço crescente da humanidade sobre o meio ambiente, em função das tecnologias, permite explorar mais rapidamente a natureza, causando profundas modificações na paisagem.

A estrutura de uma paisagem pode ser modificada quando o regime de perturbação é alterado por mudança climática ou influência humana, contudo, pouco é conhecido a respeito de como esta se apresentará após uma perturbação (Baker 1992). A análise de mapas temáticos é uma forma de estudar as alterações que ocorrem na estrutura da paisagem em um período de tempo (GUSTAFSON, 1998).

A história e a velocidade do processo de desmatamento, basicamente associado à expansão da fronteira agrícola, modificou, consideravelmente, a dinâmica florestal da vegetação natural e seminatural remanescente na paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, sem ter sido acompanhado de nenhuma estratégia conservacionista. No contexto regional, a falta de conhecimento e o uso de estratégias inadequadas de manejo do solo, das águas e das florestas foram e ainda são os maiores responsáveis pela degradação desses recursos. A reversão desse quadro é extremamente dependente de ações planejadas que estão limitadas pela falta de informações precisas e atualizadas sobre a base de recursos físicos, naturais e econômicos do Estado.

A região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul possui uma riqueza no que se refere à sua biodiversidade, ao solo e à hidrografia, como também ao extrativismo mineral que contribui, de maneira significativa, para o destaque internacional da região, sendo o segundo produtor em nível nacional. Entretanto, a questão ambiental, tanto do ponto de vista

ecológico e econômico quanto político, social e cultural, apresenta-se em situação crítica na atividade de extração mineral (TONIAL *et al.*, 2000).

Atualmente, a vegetação natural e seminatural remanescente na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul encontram-se restrita à Floresta Estacional Decidual e a fragmentos de vegetação ripária e mata secundária. O desconhecimento da importância dos ecossistemas naturais e seminaturais restritos a fragmentos de tamanhos diversos, isolados entre sistemas culturais, possibilita com que estas áreas sejam desprezadas ou, então, modificadas para atender a interesses econômicos a médio e curto prazo.

A Floresta Estacional Decidual do Alto Uruguai, anteriormente denominada Floresta Subtropical do Rio Uruguai, era conhecida pelos colonizadores como a “Mata Branca” em oposição à “Mata Preta”, onde há a ocorrência de pinhais. Compreendia uma superfície aproximada de 47.000 km<sup>2</sup>, sendo uma das fitofisionomias que mais sofreu consequências da ação antrópica. A Floresta Estacional Decidual do Alto Uruguai está perdendo, ano a ano, sua identidade original diante da intervenção humana. Embora a sucessão florestal esteja ocorrendo nos fragmentos, isto não tem sido suficiente para recuperar a fitofisionomia original da região. De modo geral os pequenos fragmentos florestais estão localizados em propriedades particulares, abandonados e sujeitos a perturbações, sendo os últimos repositórios da biodiversidade da Floresta Estacional Decidual do Alto Uruguai (RUSCHEL, 2000).

De acordo com a lei 9.519 - Código Florestal Estadual do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1992), quanto a política ambiental no Art. 1º, as florestas nativas e as demais formas de vegetação natural existente no território estadual, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são consideradas bens de interesse comum a todos os habitantes do Estado, que exercendo-se os direitos com as limitações que a legislação em geral e, especialmente, esta lei estabelece. Quanto a exploração e reposição florestal, o Capítulo II, Art. 6º, esclarece que as florestas nativas e demais formas de vegetação natural e seu interior são consideradas bens de interesse comum, sendo proibido o corte e a destruição parcial ou total dessas formações sem autorização prévia do órgão florestal competente.

Da proteção florestal, capítulo III, Art. 23º, é proibido a supressão parcial ou total das matas ciliares e das vegetações de preservação permanente, salvo quando necessário à

execução de obras, planos ou projetos de utilidade pública ou interesse social, mediante a elaboração prévia do EIA-RIMA e licenciamento do órgão competente e Lei própria. No Art. 28º é proibido o uso do fogo ou queimadas nas florestas e demais formas de vegetação natural (BRASIL, 1992).

Em relação as espécies imunes ao corte, o Art. 33º dco Capítulo III, proíbe o corte de espécies nativas de figueira do gênero *ficus* e de corticeiras do gênero *erytrina*, e exemplares de algarrobos (*Prosopis nigra*) e inhanduva (*Prosopis affinis*) (BRASIL, 1992).

Procurou-se, nesse trabalho, obter um diagnóstico ambiental da área de estudo, caracterizando seus usos e ocupação do solo, para disponibilizar informações precisas para possibilitar o conhecimento e proteção da biodiversidade e do meio ambiente existentes em nossa região, evitando a perda de habitats.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho teve como objetivos a delimitação, a análise e o diagnóstico ambiental de cinco bacias hidrográficas da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, para a identificação dos riscos potenciais à erosão dos solos e do grau de comprometimento da qualidade ambiental em função da fragmentação e da perda de áreas naturais, a que estas unidades de gerenciamento da paisagem estiveram submetidas no período de 1984 a 1999, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de estratégias de planejamento ambiental.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo (AE)

A área de estudo compreende parte da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo integralmente o município de Frederico Westphalen e, parcialmente, os municípios de Caiçara, Vicente Dutra, Seberi, Cristal do Sul, Jaboticaba, Boa Vista das Missões, Taquaruçu do Sul, Vista Alegre e Palmitinho. Faz divisa com o Estado de Santa Catarina e com a região das Missões. Está situada entre os paralelos 27° 12' e 27° 45' de Latitude Sul, 53° 12'e 53° 38' de Longitude Oeste (**Figura 1**) e a uma altitude variável entre 180 a 610 m.

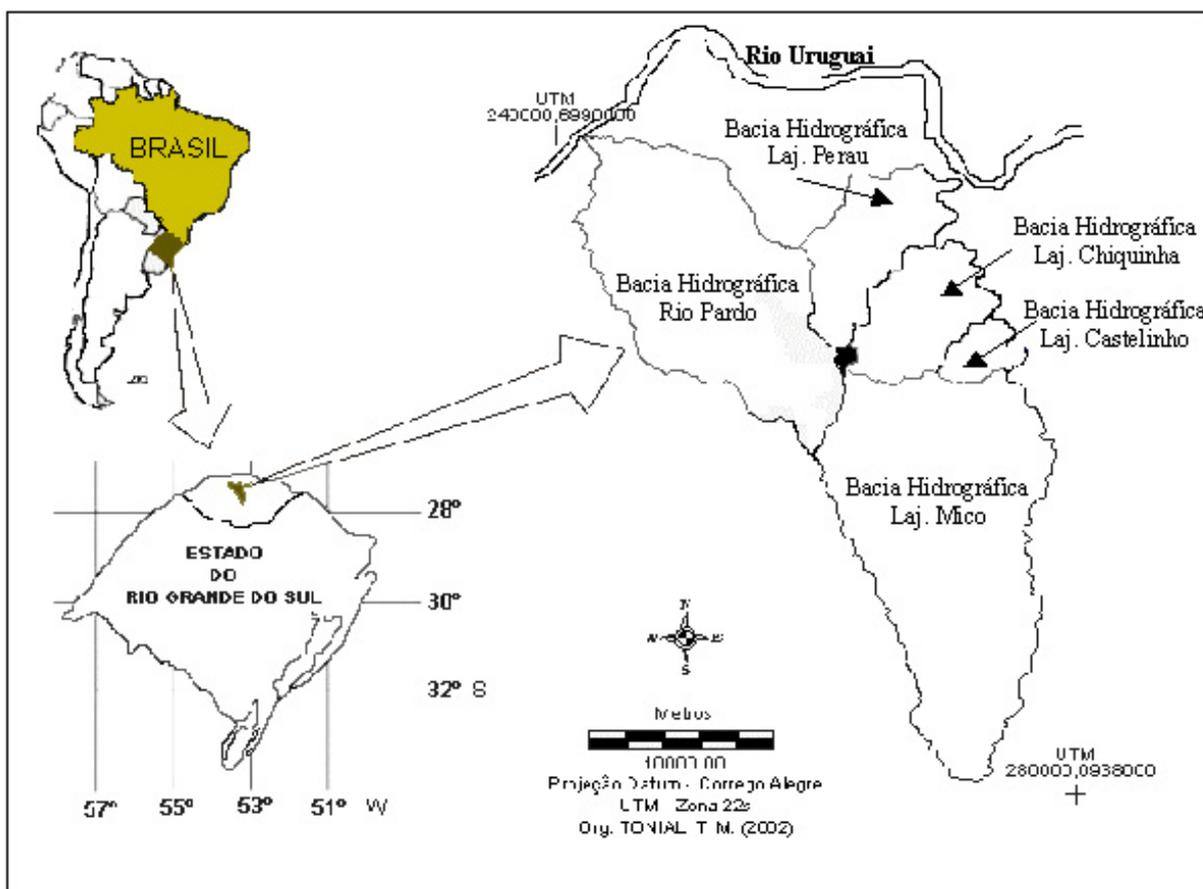


Figura 1: Localização da AE referente à paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Em sua definição clássica, clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em um determinado ponto da superfície da Terra. Em função da grande influência que ele exerce em quase todas as atividades do homem, apresentam-se, as principais características climáticas do Estado do Rio Grande do Sul, como as massas de ar que influem na gênese do clima do sul do Brasil, que são as seguintes: Massa Tropical Marítima (Tm), caracteriza-se como quente e úmido e atua durante todo ano no território rio-grandense; Massa Polar Marítima (Pm), caracteriza-se como fria e úmida e atua no Rio Grande do Sul durante todo ano, porém de forma mais ativa no inverno; Massa Tropical Continental (Tc), caracteriza-se como quente e seca e de atividade mais intensa no verão; Massa Equatorial Continental (Ec), massa quente e úmida, penetra no Estado pelo noroeste, especialmente no verão (EMBRAPA, 2003).

Entre os aspectos estáticos, a orografia influi particularmente no regime de chuvas, e a continentalidade e a maritimidade, no regime térmico. São os determinantes das principais características climáticas do extremo sul do Brasil. Pelo sistema internacional de Köppen, Rio Grande do Sul enquadra-se na zona fundamental temperada (C), tipo fundamental úmido (Cf), com duas variedades específicas: subtropical (Cfa) e temperado (Cfb). Sendo que a área de estudo está inserida como pertencente ao clima subtropical (Cfa), ou seja, clima subtropical úmido, com chuva bem distribuída durante o ano (nenhum mês com menos de 60 mm) e temperatura média em nível anual, varia de 14,0°C a 20,0°C, com o mês mais quente (janeiro) entre 18,0°C e 26,5°C e o mês mais frio (julho) entre 9,5°C a 15,8°C. O Cfa apresenta uma precipitação anual com média superior a 1.100 mm e inferior a 2.500 mm (EMBRAPA, 2003).

A umidade relativa do ar varia entre 75 e 85%, com ventos predominantes a sudeste (SE), como primeira direção, e nordeste (NE), como segunda direção. A radiação global anual varia entre 300 cal/cm<sup>2</sup> dia e 400 cal/cm<sup>2</sup>, e evapotranspiração potencial anual varia entre 700 mm e 1.200 mm (EMBRAPA, 2003).

A vegetação predominante nesta unidade de mapeamento é a Floresta Estacional Decidual do Alto Uruguai (FED), dotada de um grande número de espécies. Devido ao elevado estágio de colonização, a vegetação natural tem sido intensamente substituída por cultivo agrícola. Somente nas posições mais íngremes, onde se observa o solo “charrua” é que

são encontrados remanescentes de vegetação primitiva. A vegetação secundária é representada pelos “vassourais”, intensamente colonizados pelas compostas, pteridófitas e gramíneas cespitosas. Encontra-se também, a erva mate (*Ilex paraguarienses*), com a mata original profundamente modificada, com a extinção de muitas espécies vegetais, dando lugar aos campos (BRASIL, 1973).

Conforme KLEIN (1972), a estrutura da FED pode ser distinguida com relativa facilidade em três estratos, além dos estratos arbustivo e herbáceo. O estrato das árvores altas e emergentes (maiores que 30 metros de altura), possui como espécies: a grápis (*Apuleia leiocarpa*), o angico-vermelho (*Parapipadenia rigida*), o louro-pardo (*Cordia trichotoma*) a guajuvira (*Patagonula americana*), a maria-preta (*Diatenopterix sorbifolia*), a cabreúva (*Myrocarpus frondosus*), o rabo-de-mico (*Lonchocarpus leucanthus*), a canjerana (*Cabrlea canjerana*), a canafistula (*Peltophorum dubium*), o cedro (*Cedrela fissilis*), o guatambú (*Balfourodendron reidelianum*), a paineira (*Chorisia speciosa*) e a timbaúva (*Enterolobium contorlisiliquum*). Para o estrato das árvores com altura entre 20 –25 metros, encontra-se: canela-louro ou canela-preta (*Nectranda megapotamica*), a canela- amarela (*Nectranda lanceolate*) e a canela-guaica (*Ocotea puberula*). Estrato das arvoretas com altura variando entre 6 – 15 metros, formada pela laranjeira-do-mato (*Gimnanthes concolor*) e a sincho (*Sorocea bonplandii*). No estrato arbustivo, inclui-se as densas toceiras de taquaruçu (*Bambusa trinii*) e esparsamente, de taquara-lisa (*Merostachys multiramea*). Estrato herbáceo, representada por gravatá (*Bromélia balansae*), criciúma (*Chusquea ranosissima*).

Os solos da área de estudo são classificados como Ciríaco-Charrua e Erechim-Charrua (BRASIL, 1970). Os solos Ciríacos não constituem unidade de mapeamento simples, estando sempre associados ao solo Charrua, formando a associação Ciríaco-Charrua. Os solos Ciríacos são medianamente profundos (80 a 120 cm), moderadamente drenados, de coloração bruno avermelhado escura, textura argilosa e desenvolvidos a partir de basaltos. Os solos Erechim são profundos, bem drenados, com horizonte B latossólico, de coloração vermelho escura e desenvolvidos de rochas básicas (BRASIL, 1973).

### 3.2 Procedimentos metodológicos

Para a delimitação em unidades da paisagem e a caracterização ambiental da área de estudo foi utilizada uma base de informações, envolvendo o uso de cartas topográficas, elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG, 1979), escala 1:50.000 (**Tabela 1**), além de imagens do satélite LandSat TM5, compostas pelas bandas 3, 4 e 5, cena 223/079, datadas de 15/10/1984, 29/10/1989, 27/10/1994 e 15/09/1999 e da realização de verdade terrestre com o auxílio de um receptor GPS (Sistema de Posicionamento Global).

**TABELA 1: Relação das cartas topográficas (DSG, 1979), Datum Córrego Alegre, coordenadas UTM – Zona 22s, utilizadas para a realização do trabalho.**

Folhas	Mapa Índice (MI)	Denominação	Escala
SG.22-Y-C-II-2	2885/2	Palmitos	1:50.000
SG.22-Y-C-II-1	2885/1	Iraí	1:50.000
SG.22-Y-C-I-2	2884/2	Itapiranga	1:50.000
SG.22-Y-C-II-4	2885/4	Planalto	1:50.000
SG.22-Y-C-II-3	2885/3	Frederico Westphalen	1:50.000
SG.22-Y-C-I-4	2884/4	Palmitinho	1:50.000
SG.22-Y-C-V-1	2900/1	Jaboticaba	1:50.000
SG.22-Y-C-V-2	2900/2	Liberato Salzano	1:50.000

Fonte: Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, 1979.

As cartas topográficas foram digitalizadas em mesa digitalizadora, tamanho A1, marca Calcomp, modelo DB III, sendo, desta forma, passadas do formato analógico (impresso) para o formato digital (arquivo). Das cartas topográficas foram digitalizadas as curvas de nível, a rede hidrográfica e a malha viária. Para a digitalização foi utilizado o software Carta Linx 1.2. Este software também foi utilizado para a edição dos arquivos vetoriais resultantes da digitalização, para realizar as correções necessárias em sua estrutura gráfica.

Os softwares utilizados foram: Carta Linx 1.2 (HAGAN, 1998); Sistema de Informações Geográficas IDRISI 32 (EASTMAN, 1998); Fragstats 3.01.01 (McGARIGAL, 1995); MVSP 3.11; MapInfo 5.5 (MAPINFO PROFESSIONAL, GUIA DO USUÁRIO, 1998) e o editor de imagens Adobe PhotoShop 5 (ADOBE PHOTOSHOP 5.0, GUIA DO USUÁRIO).

O SIG Idrisi 32 foi utilizado para realizar a classificação dos usos da terra, servindo como ferramenta para o tratamento da interpretação e análise das imagens LandSat TM5, além de servir como apoio para conversão dos arquivos que foram utilizados por mais de um

software. Outra atividade desenvolvida no SIG Idrisi 32 foi o processamento dos arquivos vetoriais das curvas de nível, para gerar os arquivos de hipsometria e clinografia e dos arquivos da hidrografia e da malha viária que deram origem aos seus respectivos mapas temáticos.

O software Fragstats, aplicado na análise de fragmentos da paisagem, utilizando os arquivos de usos da terra gerados pelo SIG Idrisi 32, gerou informações sobre os diferentes parâmetros descritores estruturais da paisagem estudada (**Anexo II**), permitindo uma análise mais detalhada da condição e cenário em que estes elementos atualmente se encontram.

O software Multi-Variate Statistical Package (MVSP) foi utilizado para realizar a Análise das Componentes Principais (ACP) da área de estudo, permitindo avaliar os cenários das bacias hidrográficas referente à estrutura espacial da paisagem.

A organização dos mapas foi realizada no software MapInfo 5.5, utilizando os arquivos gerados pelo SIG Idrisi 32 e Carta Linx 1.2. Este software ainda foi utilizado para verificar o comprimento da malha viária e dos rios. Esta última informação foi utilizada para calcular a densidade de drenagem, expressa pela equação  $DDt = \sum Li/A$ , que representa o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem. A densidade de drenagem foi estimada pela relação entre o comprimento total ( $L_i$ ) dos cursos d'água (intermitentes e perenes) de cada bacia hidrográfica e sua respectiva área de drenagem ( $A$ ). A densidade de drenagem total foi considerada pobre, quando menor que 7,5 m/ha; mediana quando entre 7,5 a 15 m/ha; e rica quando maior que 15 m/ha (DNAEE-EESC, 1980).

O editor de imagens Adobe PhotoShop foi utilizado para a editoração das imagens de satélite usadas pelo SIG Idrisi e também para a montagem das Figuras utilizadas durante o desenvolvimento do trabalho.

A caracterização e a análise ambiental foi baseada no modelo operacional, apresentado na **Figura 2**, envolvendo a elaboração, interpretação e análise de mapas temáticos relacionados com as características estruturais da paisagem em estudo.

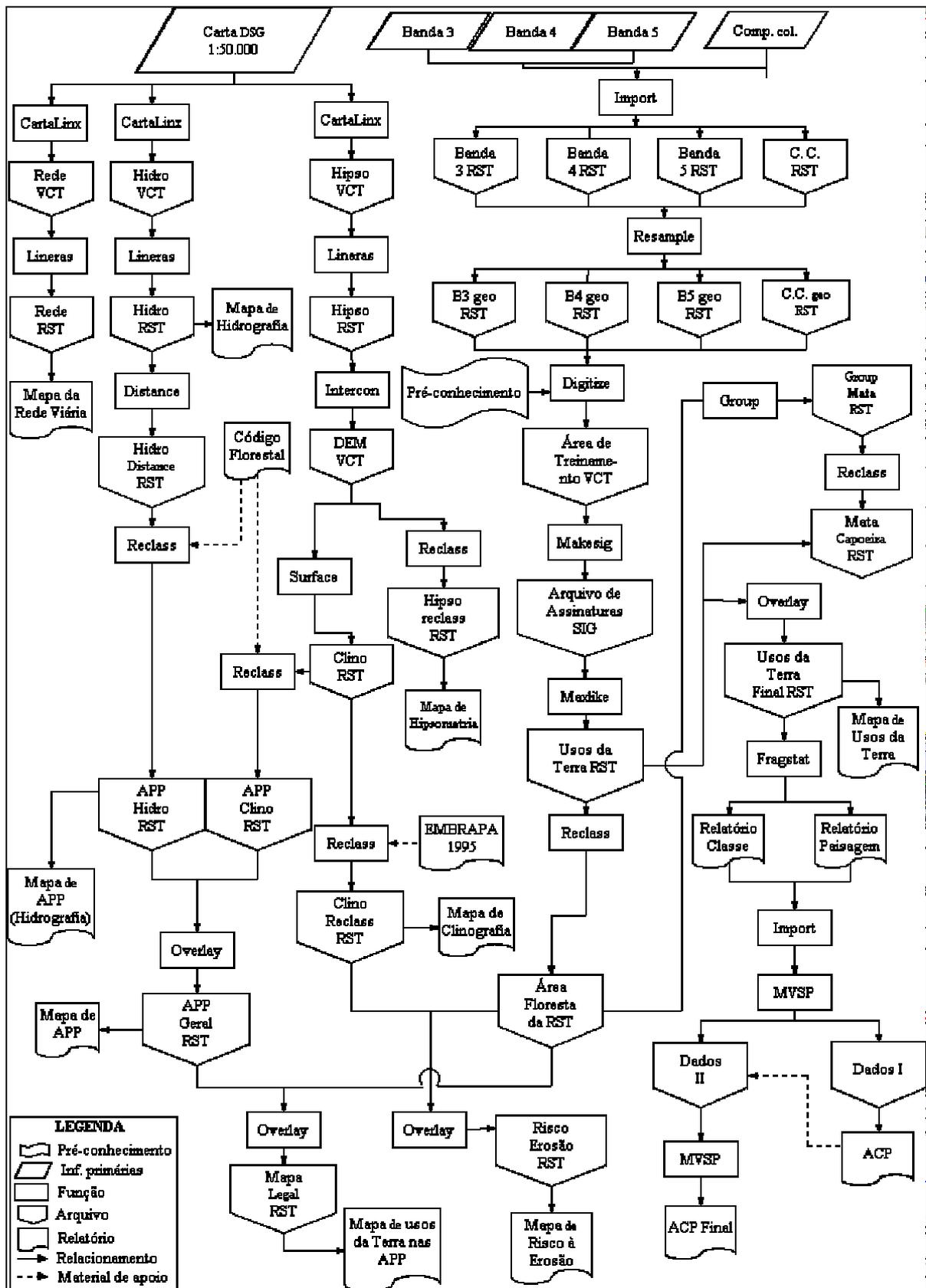


Figura 2: Fluxograma descrevendo as etapas metodológicas envolvidas na elaboração e análise dos mapas temáticos para a caracterização, análise e diagnóstico ambiental da paisagem de estudo. Organização: TONIAL, T. M. (2002).

O arquivo vetorial da malha viária foi rasterizado pela função *Lineras* do Idrisi 32, gerando o mapa temático da malha viária. O mesmo arquivo vetorial foi importado para o SIG MapInfo, com base no qual foi estimado o comprimento da malha viária.

O processo de digitalização dos cursos de água gerou, primeiramente, o arquivo *vetorial* Hidro, que, pela função *Lineras* do Idrisi, gerou um arquivo no formato *raster*, também denominado de Hidro, com base no qual foi elaborado o mapa temático de hidrografia.

O arquivo Hidro *raster* foi submetido à função *Distance*, que gerou o arquivo *raster* Hidro *Distance*. Este arquivo, com base na função *Reclass* e com o auxílio do Código Florestal, representado no diagrama como material de apoio/relatório externo, gerou um novo arquivo *raster* denominado Áreas de Preservação Permanente (APP Hidro), possibilitando a obtenção do relatório Mapa de APP (Hidrografia).

A digitalização das curvas de nível gerou o arquivo vetorial Hipsó, o qual foi rasterizado (função *Lineras*), originando o arquivo *raster* Hipsó. A função *Intercon*, aplicada a este arquivo, originou o arquivo DEM (*Digital Elevation Modell – Modelo Digital de Elevação*) *vct*. Deste arquivo, aplicando a função *Reclass*, obteve-se o arquivo Hipsó *Reclass*, que originou o mapa de hipsometria. Ainda com base no arquivo DEM *vct*, aplicando a função *Surface*, obteve-se o arquivo Clino *rst*, com o qual foi aplicada a função *Reclass*, de acordo com os critérios considerados em EMBRAPA (1995), para gerar o arquivo *raster* Clino *Reclass* e a obtenção do mapa de clinografia.

O arquivo Clino foi tratado com a função *Reclass*, de acordo com os critérios considerados em EMBRAPA (1995), para gerar o arquivo *raster* Clino *Reclass* e a obtenção do mapa de clinografia.

A sobreposição dos arquivos *raster* APP Hidro e *raster* APP Clino, pela função *Overlay*, gerou um arquivo *raster* dos cursos de água com as curvas de níveis, denominado de APP Geral, o qual permitiu a elaboração do relatório Mapa de APP.

O mapa de APP foi elaborado com base nos mapas da hidrografia e da clinografia, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro. Este considera APP as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou qualquer curso

d'água, desde o seu nível mais alto em uma faixa marginal variável (30 a 500 metros) em função da largura do curso e, nas encostas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive (Lei 4. 771/65 de 15 de setembro de 1965). Neste trabalho não foram consideradas como APP os topos de morros, montes, montanhas e serras.

Para obtenção do mapa de uso da terra nas APP e do mapa de risco à erosão do solo foi necessário o arquivo raster Área Florestada, que representa as áreas com cobertura de vegetação natural da área em estudo. Para isso, foram usadas imagens Landsat, bandas 3, 4 e 5 em tons de cinza e a composição colorida obtida destas bandas. Estas imagens foram importadas pela função Import, gerando o arquivo raster banda 3 RST, banda 4 RST, banda 5 RST e composição colorida RST, posteriormente georreferenciadas.

O processo de georreferenciamento consistiu na criação de um arquivo de correspondência, que contém as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) das cartas DSG e a posição de tela correspondente nas imagens, referindo-se ao mesmo ponto. A função Resample utilizou o arquivo de correspondência para gerar as imagens georreferenciadas banda 3 geo RST, banda 4 geo RST, banda 5 geo RST e composição colorida geo RST.

A função Digitize corresponde as áreas de “treinamento”, que com base no conhecimento das áreas ocupadas por florestas, água, solo exposto e outras formas de cobertura, permitiu a localização das mesmas em imagem visualizada na tela, para gerar o arquivo vetorial Área de Treinamento que, através da função Makesig (processo de verossimilhança), permitiu gerar o arquivo de Assinaturas Multiespectrais. Ao utilizar este arquivo, a função *Maxlike* permite obter o arquivo raster Usos da Terra, com as classes de mata, culturas anuais, solo exposto, água e áreas urbanas. Este arquivo foi submetido à função *Reclass* para extrair um arquivo raster para a identificação das Áreas Florestadas.

Após a classificação dos usos da terra foi realizada a verdade terrestre, com base na coleta de pontos de coordenadas com um GPS, os quais foram sobrepostos à imagem classificada e à imagem original. Percebeu-se então que deveria ser refeita a classificação, inserindo assim a classe pastagem. Para determinarmos a exatidão da classificação das imagens de satélite, utilizou-se o coeficiente capa (Kappa, em inglês), gerado através da função *ERRMAT* do Idrisi.

A sobreposição dos arquivos APP Geral e Área Florestada através da função *Overlay* gerou o arquivo raster Mapa Legal, o qual permitiu a obtenção do relatório Mapa de Uso da Terra nas APPs. Os arquivos Clino Reclass e Área Florestada tratados de modo semelhante permitiram gerar o arquivo raster Riscos Potenciais à Erosão, o qual gerou o Mapa de Riscos Potenciais à Erosão.

O arquivo Área Florestada foi submetido à função Group para obter o arquivo raster Group Mata. Este foi submetido à função reclass para separar os fragmentos maiores e menores que 1 ha, gerando o arquivo raster Mata Capoeira, em que as áreas maiores que 1 ha foram definidas como mata e as áreas menores que 1 ha como capoeira. O arquivo Mata Capoeira foi submetido à função *overlay*, juntamente com o arquivo Usos da Terra, gerando o arquivo Usos da Terra Final, com base no qual foram, respectivamente, gerados os mapas de Usos da Terra referentes aos cenários de 1984, 1989, 1994 e 1999.

Com base no SIG Idrisi 32, os arquivos de usos da terra, gerados para os diferentes cenários da paisagem, foram submetidos à função “Convert” para converter os arquivos do formato de arquivo raster binário para o formato de arquivo raster ASCII. Os arquivos raster ASCII foram submetidos ao software Fragstats, gerando relatórios com parâmetros determinantes para análise do grau de fragmentação das unidades delimitadas na paisagem em estudo em 1984, 1989, 1994 e 1999 e, especificamente, para as classes de uso da terra caracterizadas como mata e capoeira.

Um grande número de métricas consagradas por trabalhos de décadas vem sendo usado, de modo progressivo, para avaliar e quantificar o grau de fragmentação da paisagem. O software Fragstats apresenta um papel ímpar na área da ecologia da paisagem ao disponibilizar inúmeras métricas num único pacote. Entretanto, exige um conhecimento profundo na escolha das escalas e dos parâmetros relevantes para a análise espacial da paisagem (VOLOTÃO, 1998).

Os relatórios, envolvendo os parâmetros originais, gerados pelo Fragstats para os cenários de 1984, 1989, 1994 e 1999, foram organizados em um banco de dados no software MVSP 3.11 para a aplicação posterior da Análise Estatística Multivariada. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi usada para sintetizar as informações relacionadas ao

grande número de parâmetros originados na aplicação do Fragstats e do Idrisi, garantindo a perda mínima de informações (BRUNI, 1998).

Foram aplicadas duas Análises de Componentes Principais (ACPs) como estratégia metodológica para eliminar a redundância e selecionar os parâmetros gerados pelo Fragstats mais adequados para o diagnóstico ambiental proposto. O coeficiente de correlação de Pearson ( $r > 0,8$ ) tem sido usado como critério básico para eliminar os parâmetros gerados pelo Fragstats que apresentam padrões similares ou redundantes no contexto do significado ecológico dos mesmos ou na aplicação da estratégia metodológica (TISCHENDORF, 2001). A seleção dos parâmetros envolveu, ainda, os seguintes critérios: a) o significado ecológico dos parâmetros e a simplicidade para a interpretação dos mesmos; b) a propriedade de serem independentes da área das bacias hidrográficas e, preferencialmente expressos em percentuais ou densidades; c) a consagração de seu uso na bibliografia especializada; d) a importância dos mesmos na indicação de tendência central (média, percentual, densidade, etc.).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização física da paisagem em estudo

A área de estudo foi delimitada em cinco unidades de gerenciamento da paisagem configuradas pelas bacias hidrográficas (**Figura 3**): Lajeado Perau (LPE), Lajeado Chiquinha (LCH), Rio Pardo (RPA), Lajeado Mico (LMI) e Lajeado Castelinho (LCA), cujas áreas estão representadas na **Tabela 2**.

**TABELA 2: Valores das áreas (ha) das bacias hidrográficas e área total das unidades da paisagem da AE.**

Bacias Hidrográficas		Área (ha)
Lajeado Castelinho	(LCA)	2.349
Lajeado Chiquinha	(LCH)	8.360
Lajeado Perau	(LPE)	9.415
Rio Pardo	(RPA)	29.381
Lajeado Mico	(LMI)	39.497
<b>Total</b>		<b>89.002</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2002).

A extensão das bacias hidrográficas varia de 2.349 ha para a bacia hidrográfica LCA, até 39.497 ha, na maior bacia hidrográfica, correspondente à LMI. A LCA ocupa 3% da área de estudo, a LCH ocupa 9%, a LPE e a RPA ocupam 11% e 33%, respectivamente e a LMI ocupa 44% da área total da paisagem em estudo (**Figura 3**).

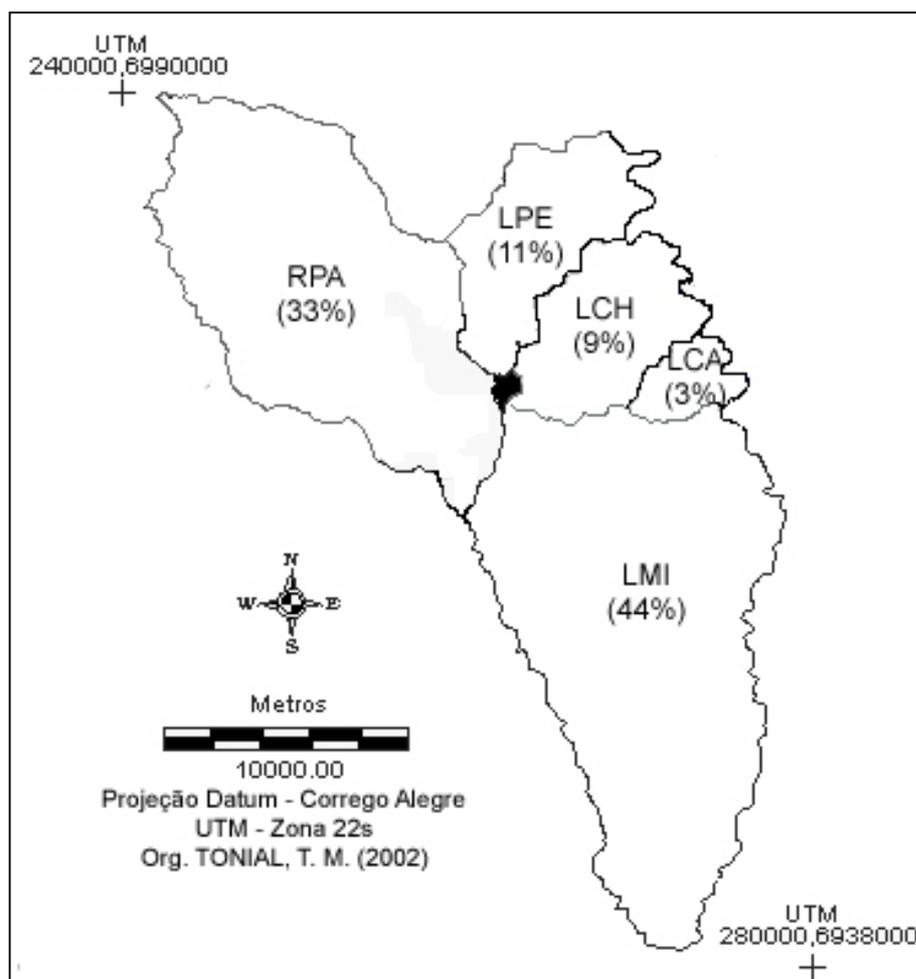


Figura 3: Percentagem de área ocupada por cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. (LCA: Lajeado Castelinho; LCH: Lajeado Chiquinha; LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico).

#### 4.1.1 Malha Viária

A malha viária da área de estudo contempla um total de 718,5 km de estradas, categorizadas em três classes: Estradas Municipais, Estradas Estaduais e Estradas Federais (Figura 4). Não foram consideradas as estradas criadas a partir de 1979.

As estradas Municipais representam 79,52% do total de malha viária, cerca de 571,38 km, na forma de estradas não pavimentadas e sujeitas à freqüente manutenção. As estradas Estaduais e as Federais representam 12,20% e 8,28%, respectivamente do total da malha viária, cerca de 87,63 e 59,49 km, respectivamente na forma de estradas pavimentadas. As estradas Federais na área de estudo contemplam apenas a BR 386 .

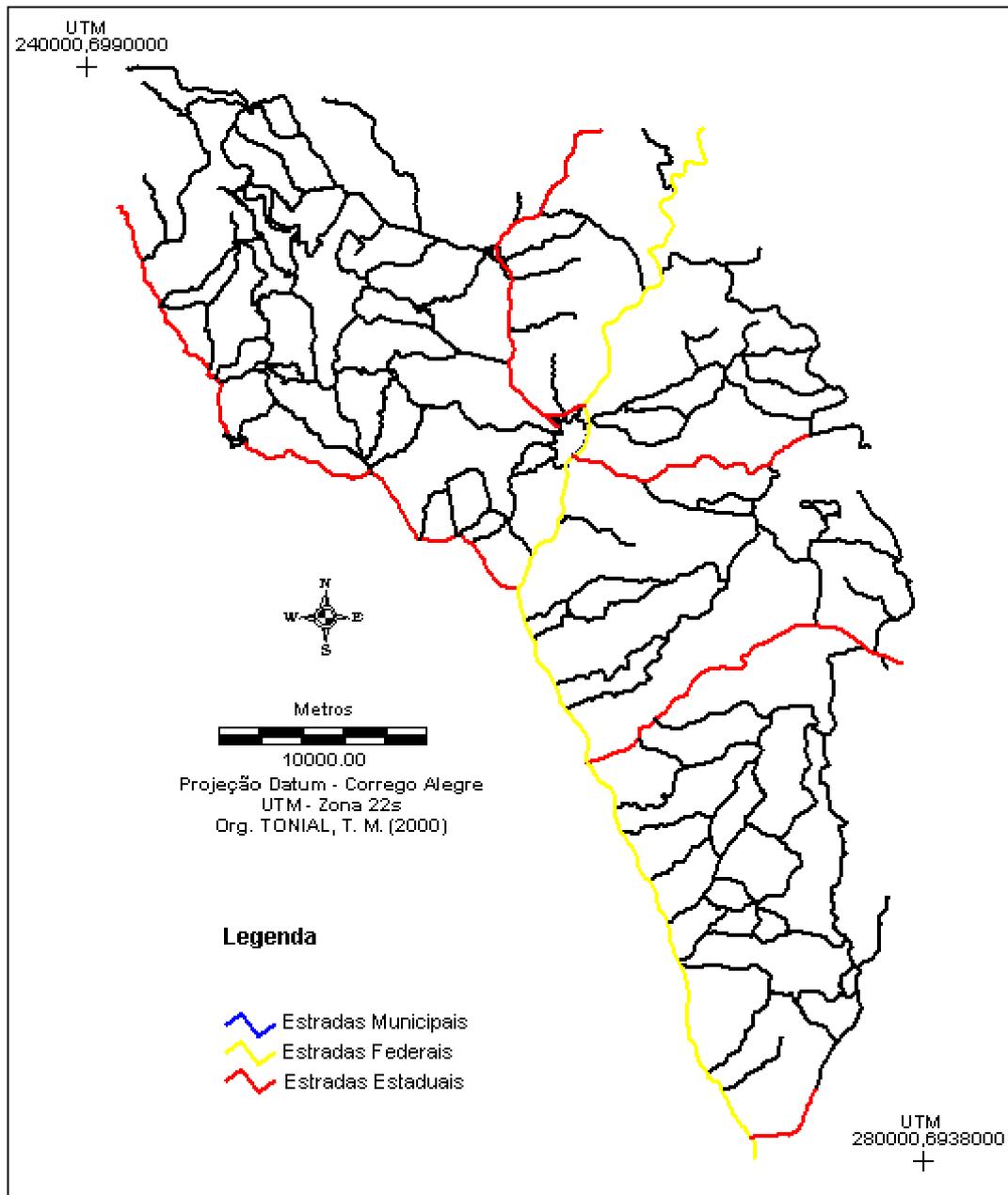


Figura 4: Malha Viária da paisagem da AE região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (1979).

#### 4.1.2 Hidrografia

O mapa da hidrografia da paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul está representado na **Figura 5**. Os valores dos comprimentos das redes hidrográficas e das densidades de drenagem das bacias hidrográficas delimitadas na paisagem em questão estão representados na **Tabela 3**. De modo geral, predominam rios com até 10

metros de largura, sendo o Rio da Várzea, que limita parte da área de estudo, o único com largura superior a 50 metros.

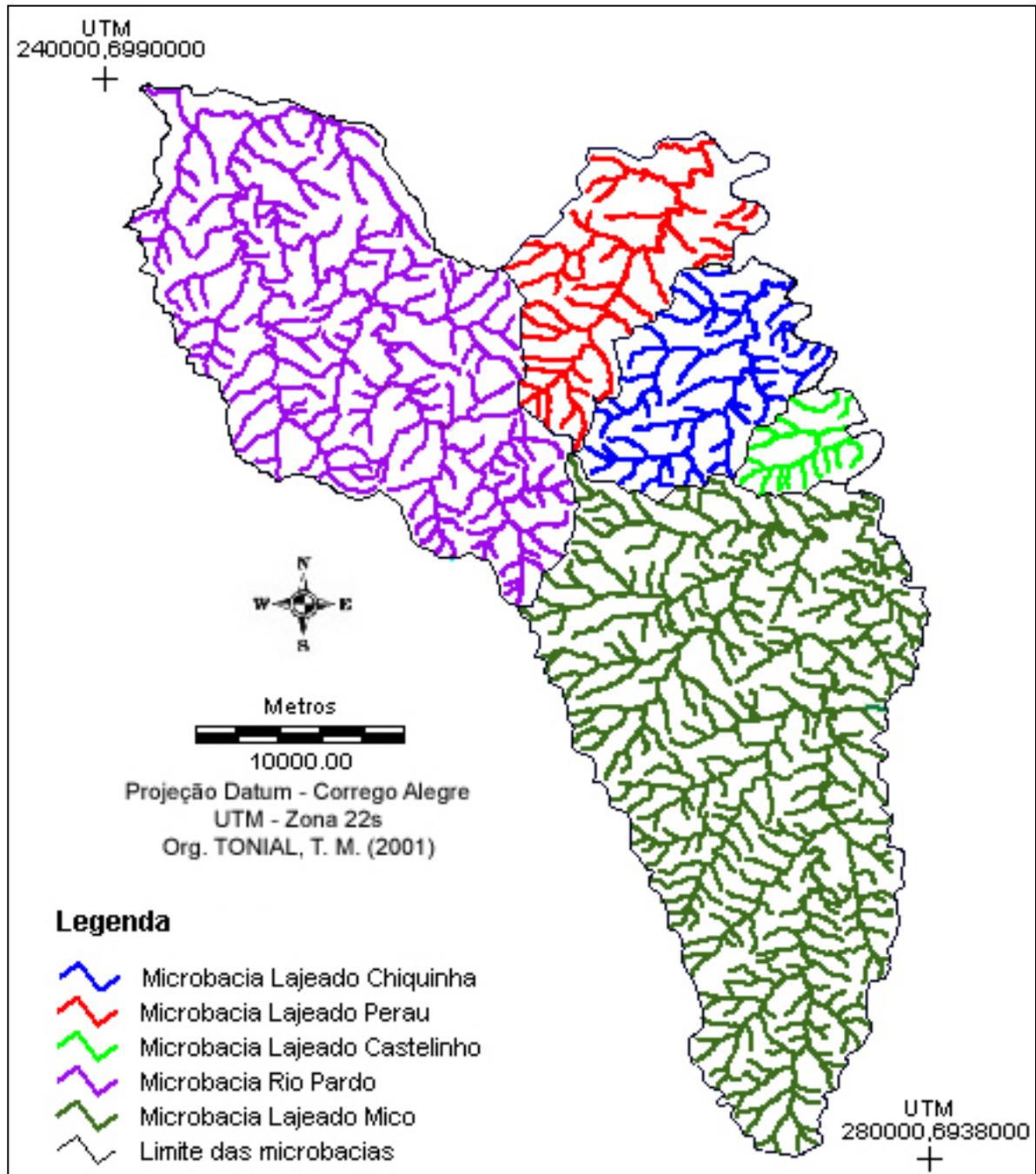


Figura 5: Mapa da hidrografia da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Os valores das densidades de drenagem permitiram classificar as bacias hidrográficas com padrões de drenagem nas categorias mediana e rica (**Tabela 3**).

**TABELA 3: Caracterização da rede hidrográfica das bacias hidrográficas delimitadas na paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.**

Microbacias	Área (ha)	Comprimento da rede hidrográfica (m)	Densidade de drenagem (m/ha)	Padrão de drenagem (DNAEE-EESC, 1980)
LPE	9.415	127.237	13,51	Mediana
LCH	8.360	125.575	15,02	Rica
RPA	29.381	372.475	12,68	Mediana
LMI	39.497	556.299	14,08	Mediana
LCA	2.349	38.020	16,19	Rica
<b>Total</b>	<b>89.002</b>	<b>1.219.606</b>	<b>14,30</b>	<b>Mediana</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2001) - (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

Similar ao observado para a hidrografia da Reserva Extrativista Chico Mendes, Acre, Brasil (COSTA, 2000), a não inclusão de muitos cursos d'água de primeira e segunda ordem, pode ser justificada em função de limitações relacionadas à escala do mapeamento, às dificuldades metodológicas e pela escassez de levantamentos de campo. Provavelmente, o uso de uma escala cartográfica maior poderia evidenciar um padrão de drenagem rica para a área total da paisagem de estudo, que seria mais coerente com as características do relevo da região.

#### 4.1.3 Hipsometria

As classes hipsométricas para a paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul foram agrupadas de 50 em 50 m, exceto para a cota mais baixa e para a cota mais alta (**Figura 6**). A variação hipsométrica foi de 430 m, entre as cotas 180 e 610 m. As áreas correspondentes a cada uma das classes hipsométricas das bacias hidrográficas delimitadas na paisagem em questão estão apresentadas na **Tabela 4**.

**TABELA 4: Classes hipsométricas, áreas (ha) e percentagem relativa (%) das áreas de cada classe hipsométrica da paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.**

Classes Hipsométricas	Área (ha)	%
180 – 250 m	3.830	4,30
250 – 300 m	7.505	8,43
300 – 350 m	15.295	17,19
350 – 400 m	12.013	13,50
400 – 450 m	12.595	14,15
450 – 500 m	16.786	18,86
500 – 550 m	17.546	19,71
550 – 610 m	3.432	3,86
<b>Total</b>	<b>89.002</b>	<b>100</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2001).

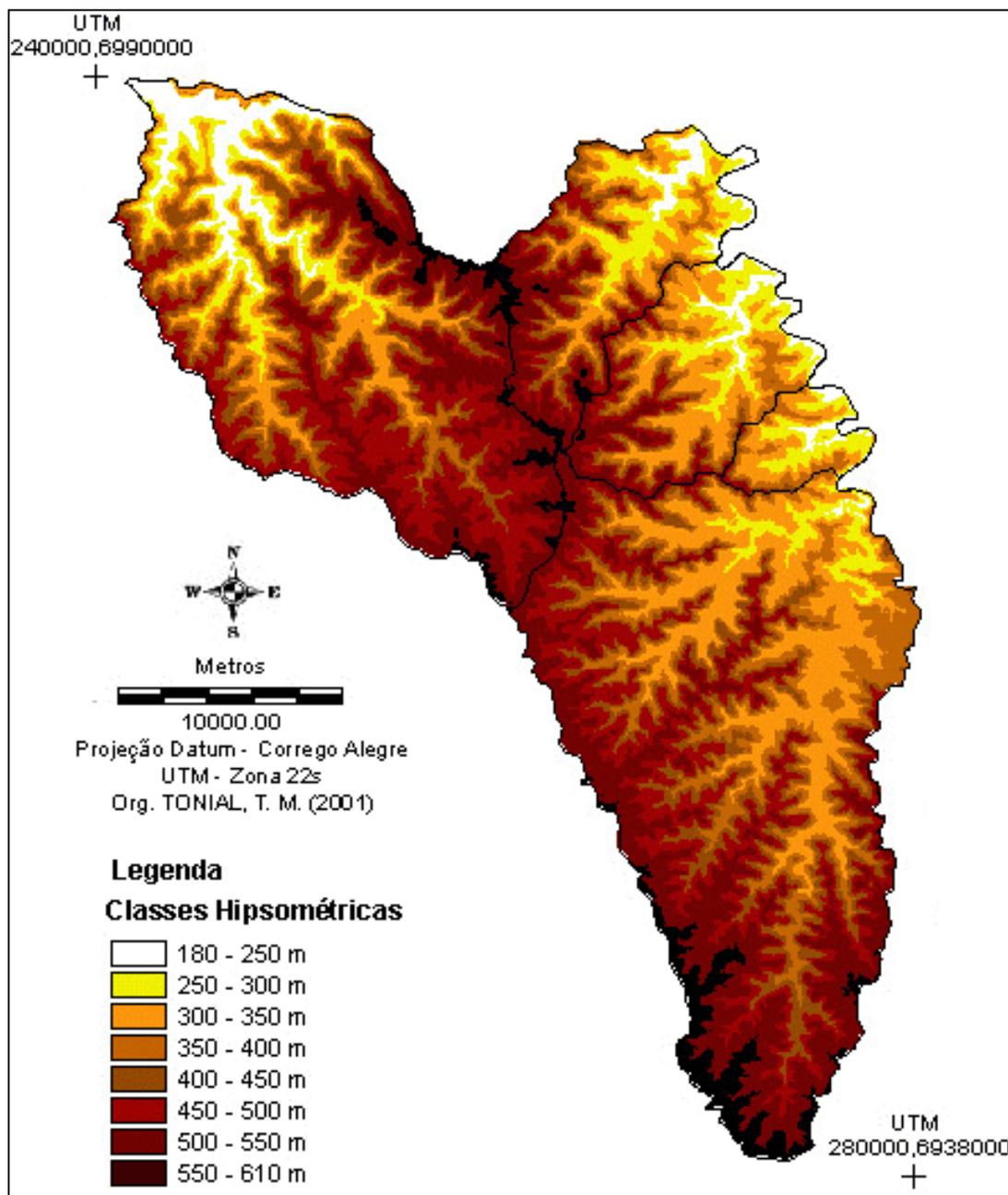


Figura 6: Mapa de hipsometria da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

A maior percentagem da área da paisagem em estudo (83,41%) está situada entre as classes de 300 a 550 m. O perfil topográfico da área de estudo (**Figura 7**) permite a melhor visualização da variação hipsométrica existente. As bacias hidrográficas do RPA, LPE, LCH e LMI fazem parte das cotas hipsométricas (180 a 610 m), caracterizando a descontinuidade do relevo na região, o que pode determinar uma heterogeneidade ambiental em relação aos parâmetros físicos temperatura e umidade relativa e o aumento da diversidade de habitats.

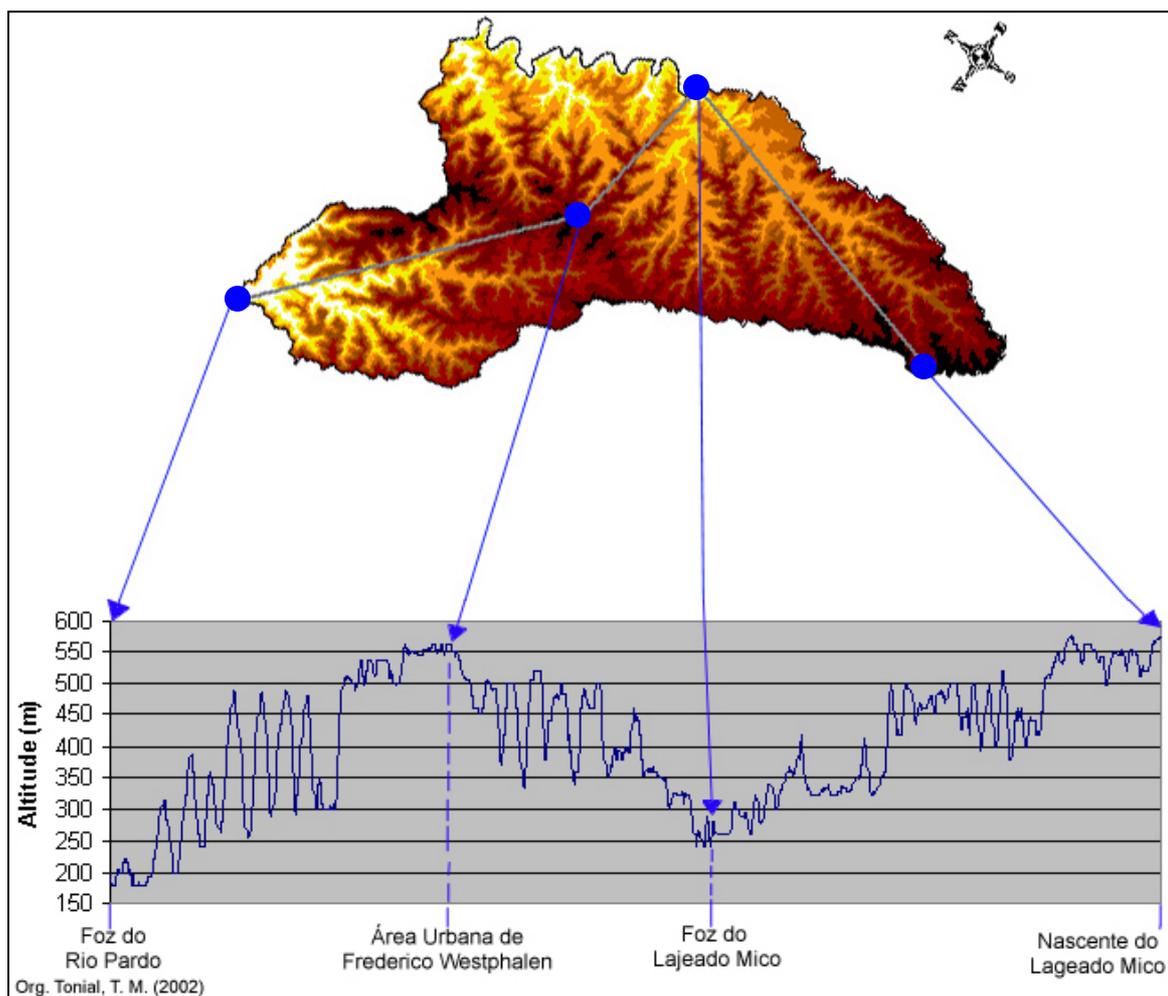


Figura 7: Perfil topográfico visualizando a variação hipsométrica da paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

#### 4.1.4 Clinografia

O mapa clinográfico da paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul está representado na **Figura 8**. O relevo apresenta-se como plano a praticamente plano em 13,27% da área; suave ondulado em 10,89%; moderadamente ondulado em 15,18%; ondulado em 17,36%; forte ondulado em 33,03%; montanhoso em 10,13% e escarpado 0,14% da área (**Tabela 5**).

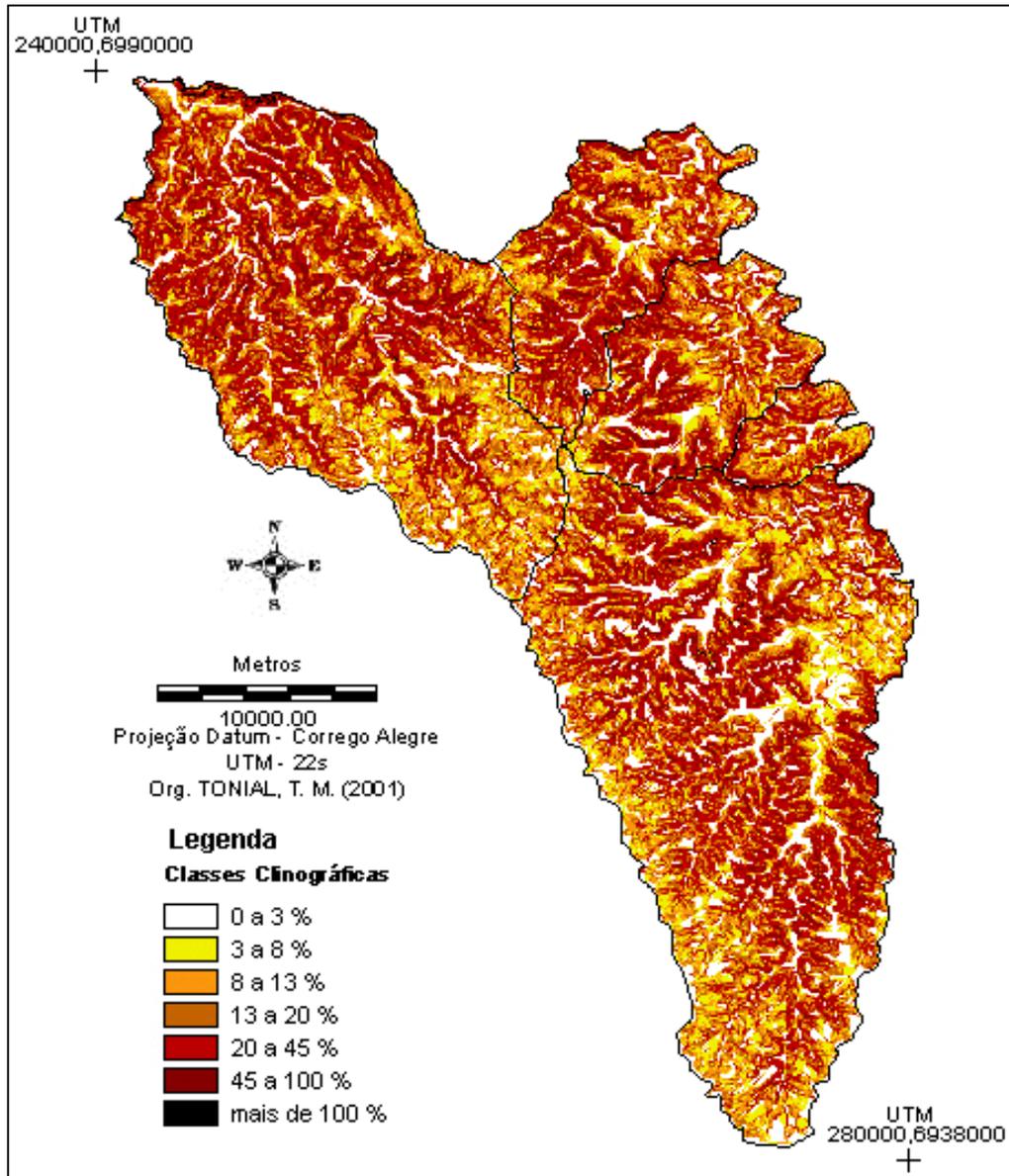


Figura 8: Mapa de clinografia da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Considerando o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (EMBRAPA, 1995), 39,34% (0 a 13% de declividade), da área total da paisagem em estudo compreende solos aptos à agricultura, desde que com o uso de práticas conservacionistas simples; 17,36% depende de práticas intensivas de controle à erosão; em 33,03% o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico e 10,27% da área deve ser mantida com cobertura vegetal de preservação ambiental. A classe com mais de 100% de declividade, com apenas 128 ha, 0,14% da área total da paisagem em estudo, foi subestimada, provavelmente devido à inadequação da escala.

**TABELA 5: Classes clinográficas, áreas, percentagem relativa de área (%) e características de cada classe clinográfica para a paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.**

Classes Clinográficas*	Área (ha)	%	Característica
0 – 3 %	11.808	13,27	Plano
3 – 8 %	9.697	10,89	Suave Ondulado
8 – 13 %	13.509	15,18	Moderado Ondulado
13 – 20 %	15.452	17,36	Ondulado
20 – 45 %	29.395	33,03	Forte Ondulado
45 – 100 %	9.013	10,13	Montanhoso
Mais de 100 %	128	0,14	Escarpado
<b>Total</b>	<b>89.002</b>	<b>100,00</b>	

Fonte: TONIAL, T. M. (2001) e EMBRAPA (1995). \*Classes clinográficas definidas pela Embrapa.

Os valores das áreas (ha) e das percentagens relativas de áreas (%) em função das classes clinográficas para cada bacia hidrográfica delimitada na paisagem em estudo estão representados na **Tabela 6**.

**TABELA 6: Valores das áreas (ha) e percentagem relativa de áreas (%) em função das classes clinográficas de cada bacia hidrográfica delimitada na paisagem da AE da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.**

Classes * Clinográficas	LCA		LCH		LPE		RPA		LMI	
	Áreas									
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
0 – 3 %	245	10,43	1.063	12,72	995	10,57	3.333	11,34	6.172	15,63
3 – 8 %	266	11,32	851	10,18	817	8,68	2.908	9,90	4.855	12,29
8 – 13 %	433	18,43	1.191	14,25	1.394	14,81	4.518	15,38	5.973	15,12
13 – 20 %	493	20,99	1.496	17,89	1.644	17,46	5.092	17,33	6.727	17,03
20 – 45 %	753	32,06	2.851	34,10	3.459	36,74	10.106	34,40	12.226	30,95
45 – 100 %	156	6,64	906	10,84	1.099	11,67	3.348	11,40	3.505	10,13
> 100 %	3	0,13	2	0,02	7	0,07	76	0,26	39	0,14
Total	2.349	100,00	8.360	100,00	9.415	100,00	29.381	100,00	39.497	100,00

Fonte: TONIAL, T. M. (2001). (LCA: Lajeado Castelinho; LCH: Lajeado Chiquinha; LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico). \*Classes clinográficas definidas pela EMBRAPA (1995).

As bacias hidrográficas do Lajeado Castelinho e do Lajeado Mico (**Figura 9.1**\*) apresentam uma distribuição mais uniforme de suas classes clinográficas. A bacia hidrográfica do Lajeado Castelinho apresenta apenas 6,77% de sua área nas classes clinográficas acima de 45%, enquanto que a bacia hidrográfica do Lajeado Mico (LMI) possui 10,27% de sua área nas classes acima de 45%. Cabe ressaltar que a bacia hidrográfica do LMI

\* Junto a cada foto é apresentado o ponto, identificado por número, de onde foi tomada a foto. Abaixo são apresentadas as coordenadas de cada ponto. Ainda é identificada a direção na qual a foto foi tomada. Por exemplo: a foto superior da Figura 9 foi tomada na direção Leste do ponto 1, que pode ser localizado no mapa do Anexo I e possui as coordenadas UTM 261588, 6963164.

possui a maior área, com uma distribuição clinográfica menos acidentada, tornando a exploração agrícola da mesma um fato bastante favorável (**Figura 9 superior**). As bacias hidrográficas do Lajeado Chiquinha, do Lajeado Perau (**Figura 9 intermediária**) e do Rio Pardo (**Figura 9 inferior**) são as que apresentam maiores variações entre as classes clinográficas, com relação aos valores de área e percentagem relativa de área (**Tabela 6**).

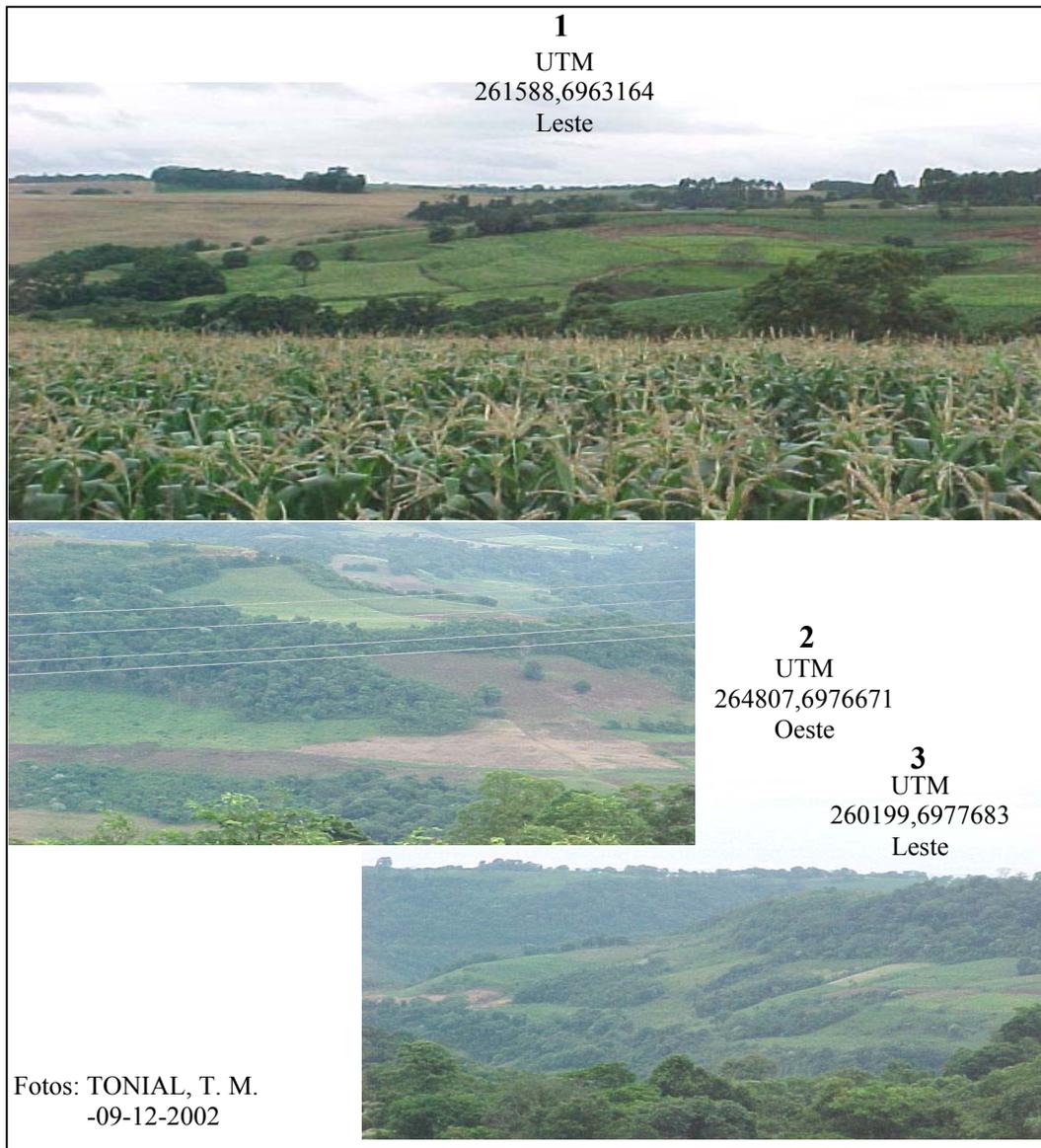


Figura 9: Ilustração da clinografia de algumas bacias hidrográficas da paisagem em estudo. Foto Superior: representa áreas com declividade menos acentuada utilizadas para cultivo agrícola e presença de alguns fragmentos de mata e capoeira presentes, principalmente na bacia hidrográfica do LMI e LCA; Fotos Intermediária e Inferior: representam áreas com declividade mais acentuada utilizadas para cultivo agrícola e presença de alguns fragmentos de mata e capoeira presentes, principalmente nas bacias hidrográficas do LPE e RPA, respectivamente. A localização geográfica destas áreas está representada no Anexo I.

#### 4.1.5 Usos e ocupação da terra

Foram identificados seis tipos de usos da terra, associados às classes mata, capoeira, pastagem, agricultura, água e áreas urbanas, para a paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (**Figuras 10 e 11**), relacionados aos cenários de quatro períodos distintos: 1984, 1989, 1994 e 1999 (**Figuras 12 a 15**).

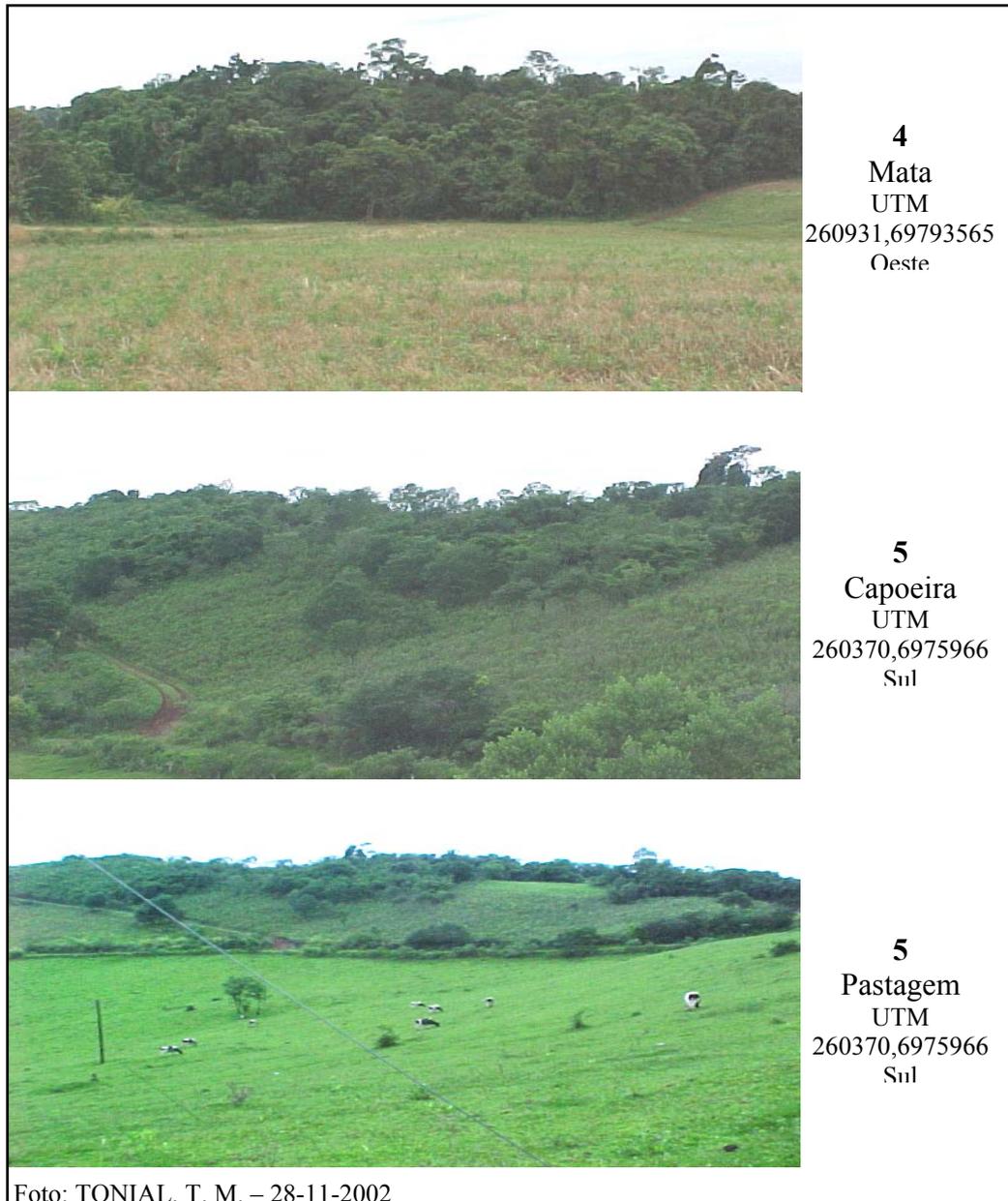


Figura 10: Ilustração dos tipos de usos e ocupação da terra pelas classes mata, capoeira e pastagem na paisagem em estudo. Foto Superior – caracteriza um fragmento de mata rodeado por áreas agrícolas (plantio direto); Foto Intermediária – representa áreas de capoeira em área declivosa em diferentes estágios sucessionais; Foto Inferior – pastagem em área com declividade acentuada, utilizado-a para alimentação bovina. A localização geográfica destas áreas está representada no Anexo I.

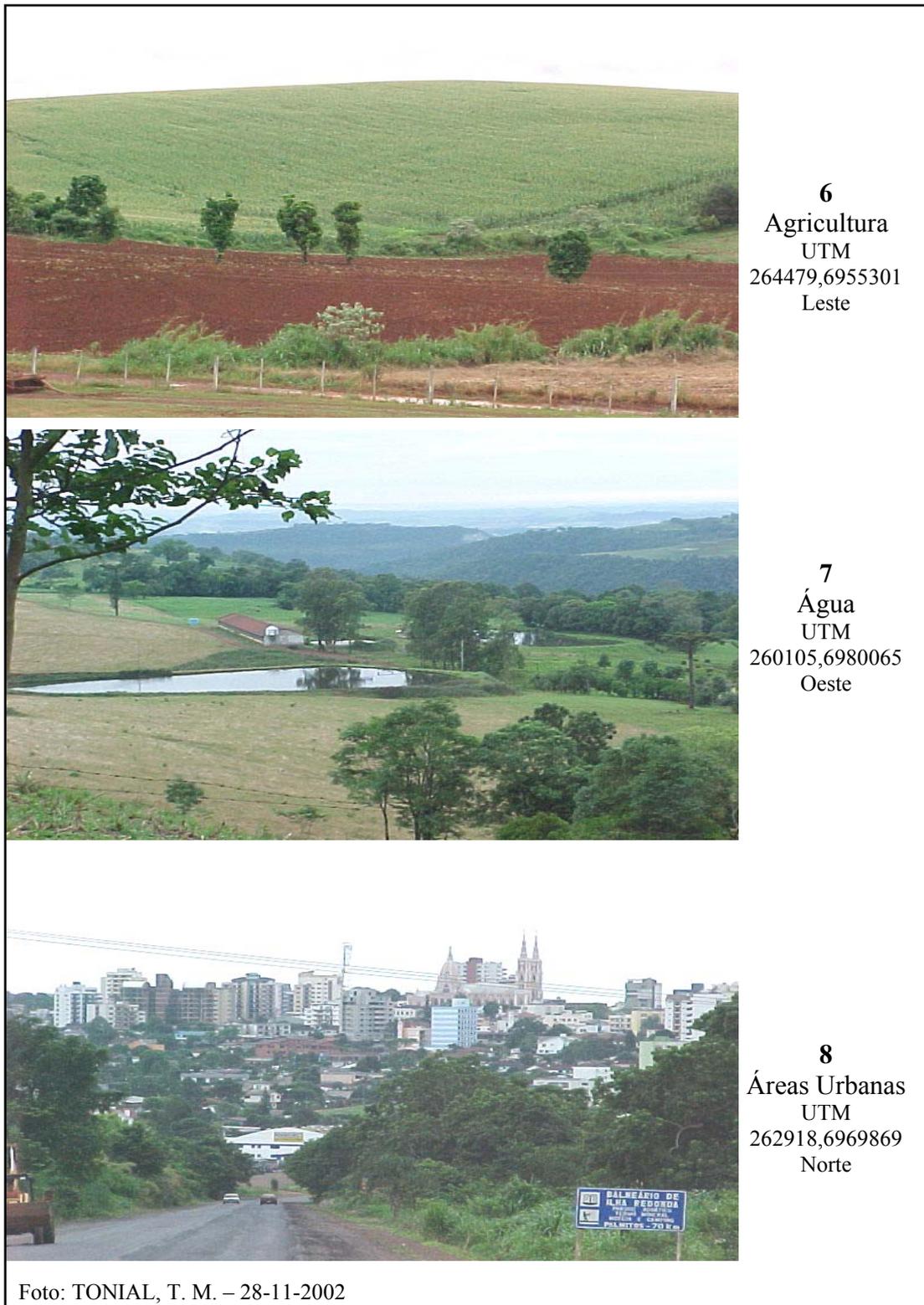


Figura 11: Ilustração dos tipos de usos e ocupação da terra pelas classes agricultura, água e áreas urbanas na paisagem em estudo. Foto superior – terra arada para o plantio agrícola e área com cultivo de soja; Foto intermediária – presença da classe água entre fragmentos em diferentes estágios sucessionais de mata, capoeira e área cultivada; Foto inferior – representação da classe área urbana relacionada ao município de Frederico Westphalen. A localização geográfica está representada no Anexo I.

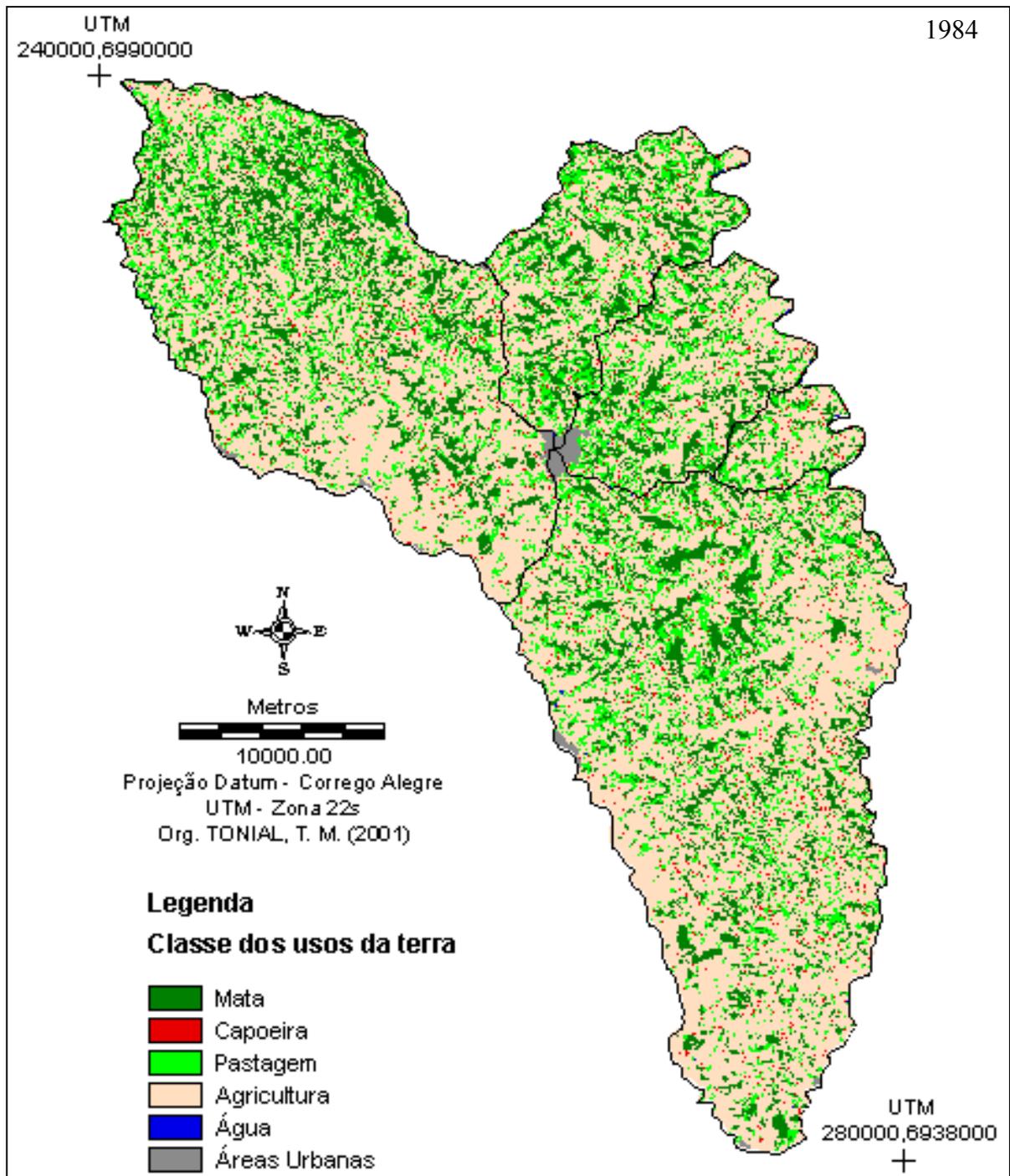


Figura 12: Cenário dos tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, referente ao ano de 1984.

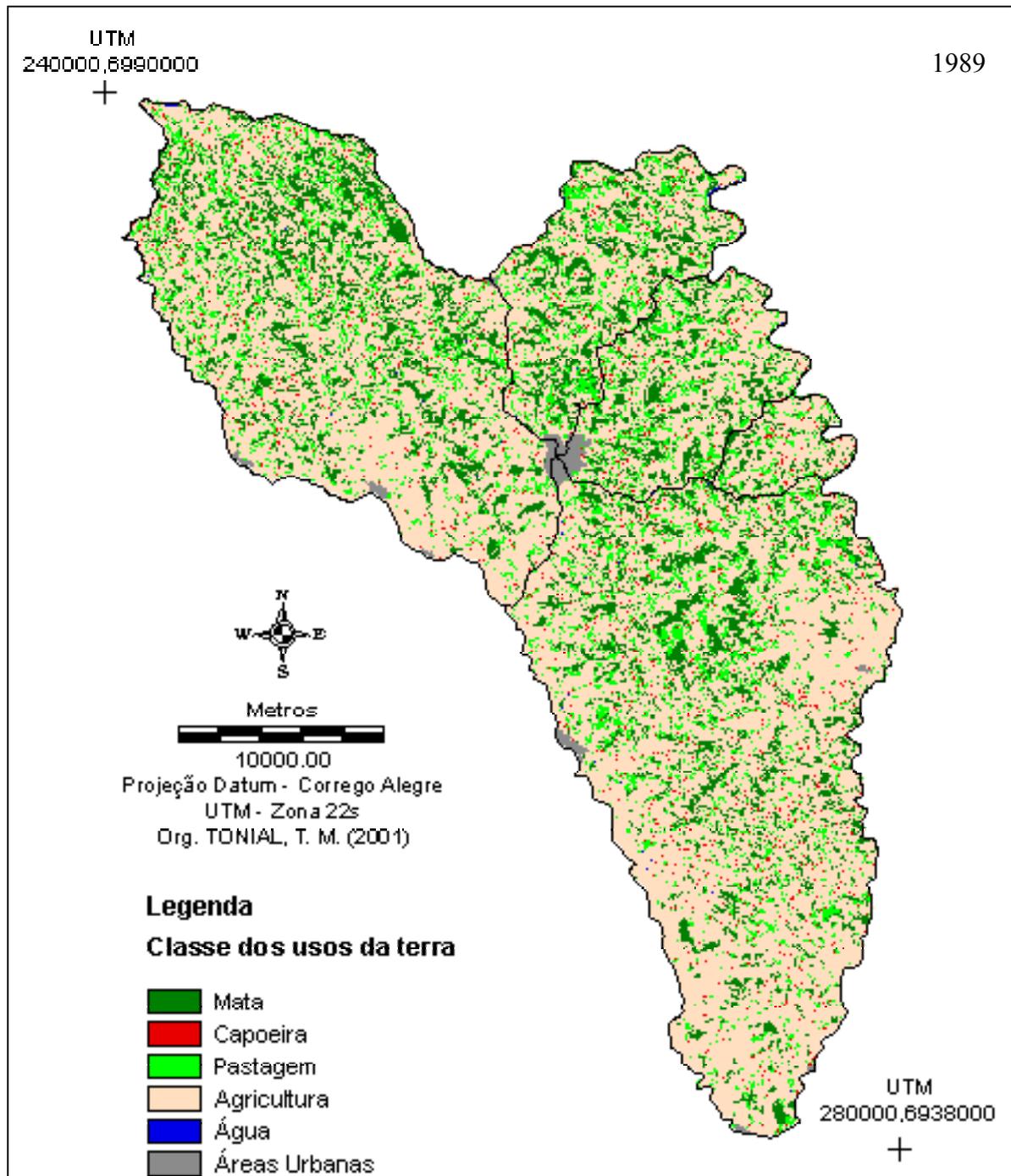


Figura 13: Cenário dos tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, referente ao ano de 1989.

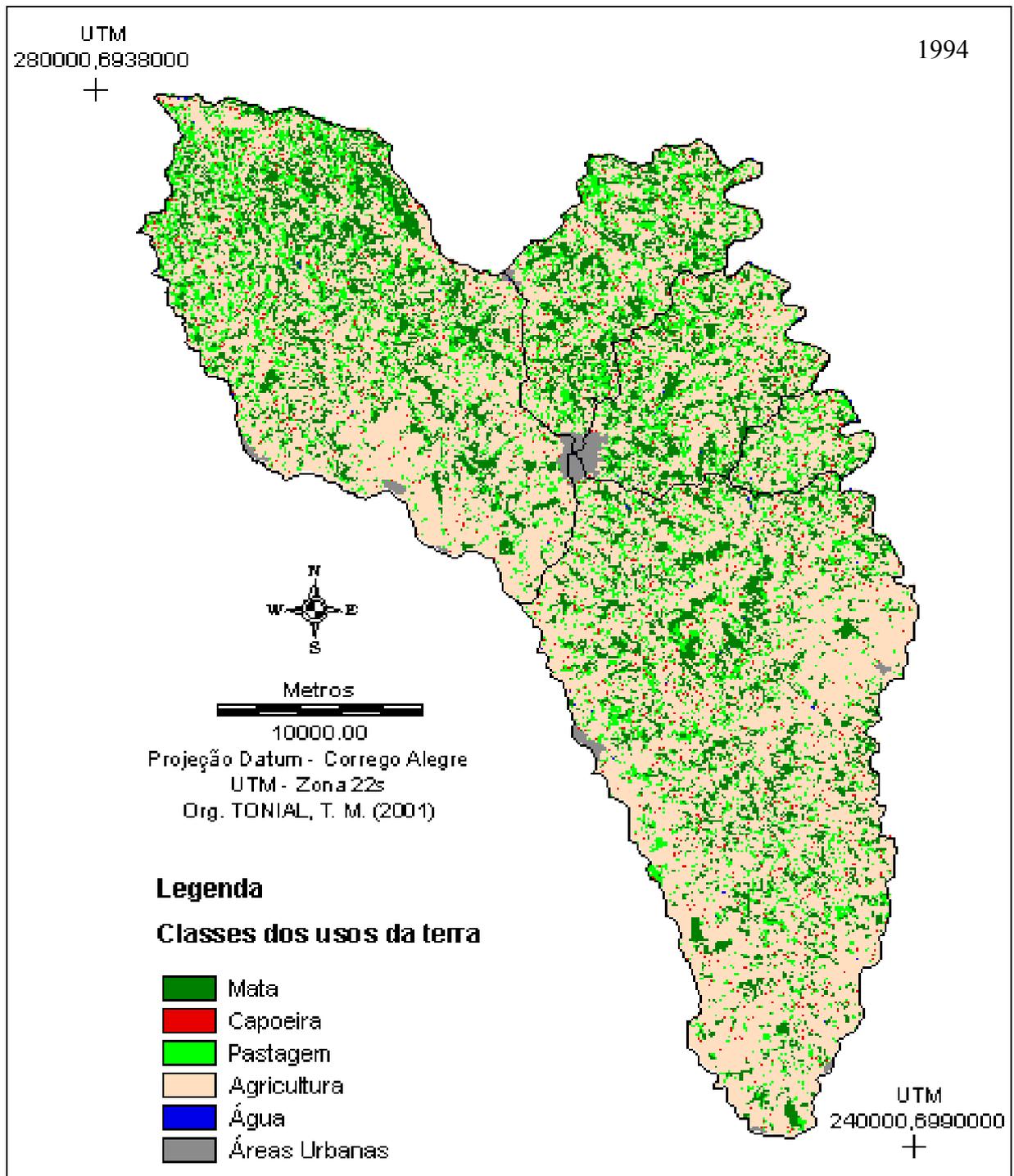


Figura 14: Cenário dos tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, referente ao ano de 1994.

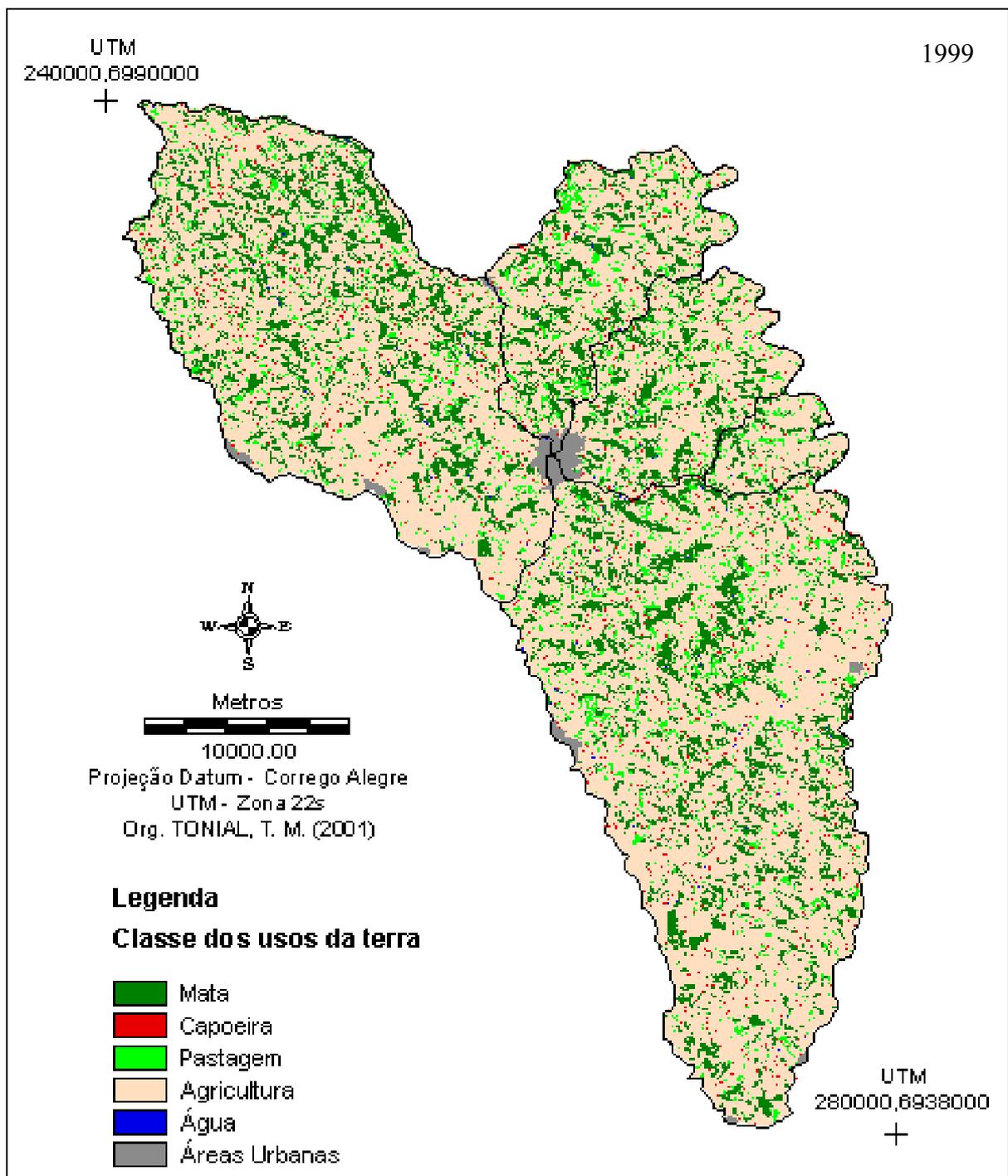


Figura 15: Cenário dos tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, referente ao ano de 1999.

#### 4.1.5.1 Cenário do uso da terra em 1984

A agricultura apresenta-se como a matriz dos usos da terra, ocupando 62,74% dos 89.002 ha que compõem a área total da paisagem em estudo (**Figura 12**). O segundo maior tipo de uso da terra corresponde à classe mata, com 19,3%, seguida pela pastagem, com 15,2%. Estas três classes somadas, representam 97,24% da área total, sendo o restante ocupado por capoeira (2,12%), água (0,07%) e área urbana (0,57%), totalizando 2,76% (**Tabela 7**).

O cenário anteriormente relatado é equivalente ao observado no âmbito de cada bacia hidrográfica, não havendo nenhuma em que predomine um outro tipo de uso da terra que não o agrícola e em que os valores, em termos de percentagem de ocupação, sejam sensivelmente distintos do observado para a paisagem como um todo. De modo geral, quando as bacias hidrográficas apresentam maior percentagem de agricultura, as percentagens dos outros tipos de usos da terra diminuem. A classe água apresenta pouca representatividade em termos de percentagem de área. Isto pode estar relacionado ao tamanho do píxel das imagens de satélite analisadas, onde são visíveis apenas as áreas superiores a 900 m<sup>2</sup> (**Tabela 7**).

**TABELA 7: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem e para cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1984.**

Usos da terra	LPE		RPA		LMI		LCH		LCA	
	Área									
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Mata</b>	2.225	23,63	6.305	21,46	6.578	16,65	1.683	20,13	388	16,52
<b>Capoeira</b>	193	2,05	580	1,97	886	2,24	175	2,09	55	2,34
<b>Pastagem</b>	1.837	19,51	4.664	15,87	5.167	13,08	1.495	17,88	362	15,41
<b>Agricultura</b>	5.110	54,28	17.696	60,23	26.650	67,47	4.850	58,01	1.537	65,43
<b>Água</b>	15	0,37	11	0,04	13	0,03	14	0,17	7	0,30
<b>Áreas urbanas</b>	35	0,37	125	0,43	203	0,51	143	1,71	0	0,00
<b>Total</b>	<b>9.415</b>	<b>100</b>	<b>29.381</b>	<b>100</b>	<b>39.497</b>	<b>100</b>	<b>8.360</b>	<b>100</b>	<b>2.349</b>	<b>100</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2001). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

A maior e a menor bacia hidrográfica, LMI e LCA, respectivamente, apresentam as menores percentagens da classe mata, 16,65% e 16,52%, respectivamente (**Tabela 7**). Por outro lado, estas bacias hidrográficas são as que apresentam maior percentagem de agricultura, ocasionando maior comprometimento ambiental das mesmas. Provavelmente, este

tipo de ocupação da terra está relacionado ao fato de que estas bacias hidrográficas possuem menor declividade que as demais (**Tabela 6**).

#### 4.1.5.2. Cenário do uso da terra em 1989

A classe mata ocupa 16,27% do total da área da paisagem em estudo, enquanto que a pastagem ocupa 11,31%, a capoeira 2,03% e as classes água e áreas urbanas ocupam 0,08 e 0,74%, respectivamente. Neste cenário a agricultura compreende 69,56% da área da paisagem como um todo. A bacia hidrográfica do LMI possui a maior percentagem de área ocupada por agricultura, 73,99% e a menor percentagem ocupada por mata, 13,36% (**Tabela 8 e Figura 13**).

**TABELA 8: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem e para cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1989.**

Usos da terra	LPE		RPA		LMI		LCH		LCA	
	Área									
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Mata</b>	1.940	20,61	5.310	18,07	5.278	13,36	1.588	19,00	364	15,50
<b>Capoeira</b>	185	1,96	599	2,04	798	2,02	173	2,07	56	2,38
<b>Pastagem</b>	1.367	14,52	3.298	11,22	3.940	9,98	1.176	14,07	284	12,09
<b>Agricultura</b>	5.834	61,96	19.974	67,98	29.222	73,99	5.240	62,68	1.643	69,94
<b>Água</b>	25	0,27	16	0,05	19	0,05	8	0,10	2	0,09
<b>Áreas urbanas</b>	64	0,68	184	0,63	240	0,61	175	2,09	0	0,00
<b>Total</b>	<b>9.415</b>	<b>100</b>	<b>29.381</b>	<b>100</b>	<b>39.497</b>	<b>100</b>	<b>8.360</b>	<b>100</b>	<b>2.349</b>	<b>100</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2001). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

#### 4.1.5.3. Cenário do uso da terra em 1994

As classes pastagem e mata representam 32,15% da área total da paisagem em estudo, enquanto que a agricultura representa 64,66%. Estas três classes representam 96,81% dos 89.002 ha estudados (**Tabela 9**). A área remanescente contempla as classes capoeira, água e áreas urbanas (**Figura 14**). A bacia hidrográfica do LMI é a que apresenta maior área agrícola, seguida pela LCA.

**TABELA 9: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem e para cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1994.**

Usos da terra	LPE		RPA		LMI		LCH		LCA	
	Área									
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
<b>Mata</b>	2.090	22,20	5.981	20,36	5.915	14,98	1.738	20,79	367	15,62
<b>Capoeira</b>	221	2,35	616	2,10	878	2,22	200	2,39	60	2,55
<b>Pastagem</b>	1.849	19,64	4.540	15,45	4.269	10,81	1.410	16,87	459	19,54
<b>Agricultura</b>	5.163	54,84	17.991	61,23	28.145	71,26	4.790	57,30	1.457	62,03
<b>Água</b>	19	0,20	19	0,06	30	0,08	21	0,25	6	0,26
<b>Áreas urbanas</b>	73	0,78	234	0,80	260	0,66	201	2,40	0	0,00
<b>Total</b>	<b>9.415</b>	<b>100</b>	<b>29.381</b>	<b>100</b>	<b>39.497</b>	<b>100</b>	<b>8.360</b>	<b>100</b>	<b>2.349</b>	<b>100</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2001). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

#### 4.1.5.4. Cenário do uso da terra em 1999

A matriz dos tipos de usos da terra para o ano de 1999 foi a agricultura, ocupando 72,91% da área total da paisagem em estudo (**Figura 15 e Tabela 10**), estando o restante ocupado pelos demais usos, com a classe mata ocupando 18,07%, a capoeira 1,95%, a pastagem 5,88%, a área urbana 1,02% e a água ocupando 0,17% da área total da paisagem.

**TABELA 10: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem e para cada bacia hidrográfica delimitada na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1999.**

Usos da terra	LPE		RPA		LMI		LCH		LCA	
	Área									
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Mata</b>	<b>1.863</b>	19,79	5.820	19,81	6.492	16,44	1.591	19,03	318	13,54
<b>Capoeira</b>	<b>173</b>	1,84	594	2,02	774	1,96	156	1,87	38	1,62
<b>Pastagem</b>	<b>806</b>	8,56	1.433	4,88	2.209	5,59	590	7,06	198	8,43
<b>Agricultura</b>	<b>6.466</b>	68,68	21.187	72,11	29.650	75,07	5.785	69,20	1.793	76,33
<b>Água</b>	16	0,17	44	0,15	76	0,19	17	0,20	2	0,09
<b>Áreas urbanas</b>	91	0,97	303	1,03	296	0,75	221	2,64	0	0,00
<b>Total</b>	<b>9.415</b>	<b>100</b>	<b>29.381</b>	<b>100</b>	<b>39.497</b>	<b>100</b>	<b>8.360</b>	<b>100</b>	<b>2.349</b>	<b>100</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2001). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

## 4.1.5.5. Dinâmica do uso da terra para a área total da paisagem

O percentual da paisagem ocupada com a agricultura, no período de 1984 a 1999, aumentou de 62,74% para 72,91%, totalizando 16,19% de aumento para esta classe de uso da terra. A expansão das atividades agrícolas no âmbito regional foi acompanhada de uma pequena redução percentual nas áreas ocupadas pelas classes mata e capoeira e, principalmente de uma perda mais acentuada em áreas associadas à classe pastagem (Tabela 11).

**TABELA 11: Tipos de usos e ocupação da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1984, 1989, 1994 e 1999.**

Usos da terra	1984		1989		1994		1999	
	Área							
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Mata</b>	17.178	19,30	14.480	16,27	16.091	18,08	16.085	18,07
<b>Capoeira</b>	1.890	2,12	1.810	2,03	1.975	2,22	1.735	1,95
<b>Pastagem</b>	13.525	15,20	10.066	11,31	12.526	14,07	5.237	5,88
<b>Agricultura</b>	55.844	62,74	61.912	69,57	57.547	64,66	64.881	72,91
<b>Água</b>	59	0,07	71	0,08	95	0,11	154	0,17
<b>Áreas urbanas</b>	506	0,57	663	0,74	768	0,86	910	1,02
<b>Total</b>	<b>89.002</b>	<b>100</b>	<b>89.002</b>	<b>100</b>	<b>89.002</b>	<b>100</b>	<b>89.002</b>	<b>100</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2001).

A dinâmica do uso da terra no período em questão evidencia um padrão similar tanto na paisagem como um todo, quanto em cada bacia hidrográfica delimitada no âmbito da mesma. De modo geral, o aumento do percentual do uso agrícola foi determinante na redução do percentual da ocupação pelas pastagens. Embora tenha havido uma pequena redução do percentual de uso da terra ocupado pelas classes mata e capoeira no período de 1984 a 1999 (Tabela 11), estes valores são suficientes para demonstrar o comprometimento da qualidade ambiental da paisagem, com relação à fragmentação e perda de habitat. Entretanto, este comprometimento vem ocorrendo desde um tempo anterior a 1984, em decorrência da expansão agrícola em detrimento das áreas naturais, contribuindo para a perda de biodiversidade e a degradação ambiental.

Quanto a exatidão da classificação das imagens de satélite, tendo como base o coeficiente capa (Kappa), obtido através da função *ERRMAT* do Idrisi, constatou-se que o erro para a imagem datada de 1984 foi de 92,74%, 1989 – 91,61%, 1994 – 92,30% e 1999 – 90,37%, considerando o erro médio entre as classes. Destacando-se que para as classes água e

áreas urbanas, em geral, a exatidão é superior a 98%, enquanto que para a classe agricultura, a exatidão aproxima-se aos 90%, no decorrer do período em estudo. Com a média geral de erro próxima à 93% e levando-se em conta a grande porosidade das classes, pode considerar-se como sendo uma classificação aceitável.

Embora o ano de 1984 seja o marco inicial do acompanhamento da dinâmica do uso da terra para a paisagem em estudo, deve ser destacado que as maiores alterações na estrutura da paisagem ocorreram em períodos que antecederam esta data.

O Inventário Florestal Contínuo do Estado do Rio Grande do Sul relata que aumentou a cobertura florestal do Estado. Atualmente, o território gaúcho conta com 17,53% de florestas nativas, sendo 13,50% de florestas naturais em estágio avançado e médio de regeneração e 4,03% em estágio inicial (capoeira) e, ainda, 0,97% de florestas plantadas. Este fato é decorrente do abandono das áreas mais difíceis de serem cultivadas, pelo maior rigor da legislação pertinente e da maior conscientização dos proprietários sobre a importância das áreas naturais remanescentes na qualidade ambiental da paisagem (SEMA- DFAP, 2001).

Do mesmo modo que para o Estado do Rio Grande do Sul os tipos de usos da terra da paisagem em estudo, relacionados às florestas naturais em estágio avançado e médio de regeneração (classe mata) e em estágio inicial (classe capoeira), tiveram um avanço pouco expressivo em suas áreas de cobertura com relação ao período de 1984 a 1999 (**Tabela 11**). As classes mata e capoeira da paisagem em questão compreendem fragmentos de Floresta Estacional Decidual com diferentes intensidades de degradação e em diferentes estágios sucessionais, basicamente caracterizados como formações secundárias e restritos a solos com alguma limitação ao uso agrícola e, muitas vezes, caracterizados como “mata ciliar” (RUSCHEL, 2000).

Na paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul a Floresta Estacional Decidual estende-se ao longo do curso médio e superior do Rio Uruguai, em altitude mínima de 200 metros, subindo seus múltiplos afluentes até a uma altitude de 600 a 800 metros. A maior parte da área ocupada pela Floresta Estacional Decidual está assentada em solos adequados à agricultura, motivo pelo qual este tipo de vegetação foi substituído pelas pastagens e culturas anuais como milho, feijão, fumo e outras de menor expressão, como trigo e soja (RUSCHEL, 2000). Atualmente, a área ocupada pela Floresta Estacional

Decidual encontra-se quase completamente destituída de povoamentos florestais. Os poucos povoamentos residuais encontram-se alterados e parcialmente descaracterizados. Esta tipologia florestal da região Sul do Brasil foi a que sofreu a maior destruição. O censo do IBGE, realizado no final de 1970 e início dos anos de 1980, demonstrou a existência de apenas 4,25% da cobertura original (2.000 km<sup>2</sup>/47.000 km<sup>2</sup>) (Fundação SOS Mata Atlântica, 1998; IBGE, 1990; KLEIN, 1978).

De qualquer modo, a redução do percentual de uso e ocupação da terra com relação à classe mata foi mais nítida para a bacia hidrográfica LCA, que tinha 16,52% em 1984, reduzindo para 13,54%, em 1999 e na bacia hidrográfica LPE, que diminuiu de 23,64% para 19,79% no período em questão (**Figura 16**), contribuindo consideravelmente para o comprometimento da qualidade ambiental destas bacias. As variações observadas em determinadas épocas também contribuem para o comprometimento da qualidade ambiental, como é o caso da bacia hidrográfica LMI, que sofreu acentuada redução da classe mata entre 1984 e 1989 (16,65 para 13,36%), recuperando-se, entretanto, em 1999, ocupando praticamente a mesma área que possuía em 1984 (16,14%). Também deve ser ressaltada a semelhança da variação observada para a classe mata nas bacias hidrográficas RPA e LCH, as quais não apresentaram grandes alterações. Em termos ambientais, isto resulta no menor comprometimento da qualidade, uma vez que apresentam uma maior percentagem de ocupação de mata em relação às demais bacias hidrográficas.

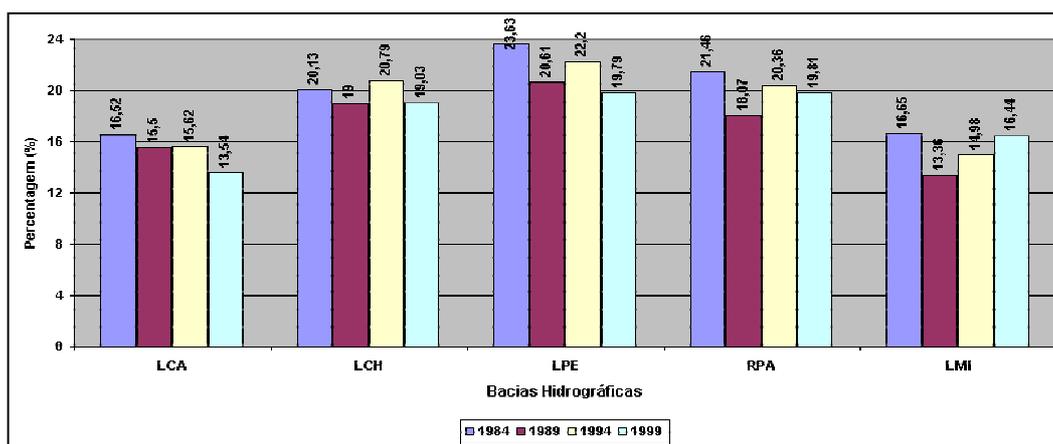


Figura 16: Dinâmica da classe mata para as cinco bacias hidrográficas da paisagem da AE na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2001). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

A dinâmica de uso da terra para a classe capoeira não demonstrou uma variação expressiva, principalmente por representar uma pequena área em relação aos outros usos da terra, no período entre 1984 e 1999 (**Figura 17**), exceto para a bacia hidrográfica do RPA que

apresentou um pequeno aumento em sua área no período em questão. Embora restrita a fragmentos, a classe capoeira tem grande importância em termos de qualidade ambiental, em função de tamponar a própria fragmentação da paisagem.

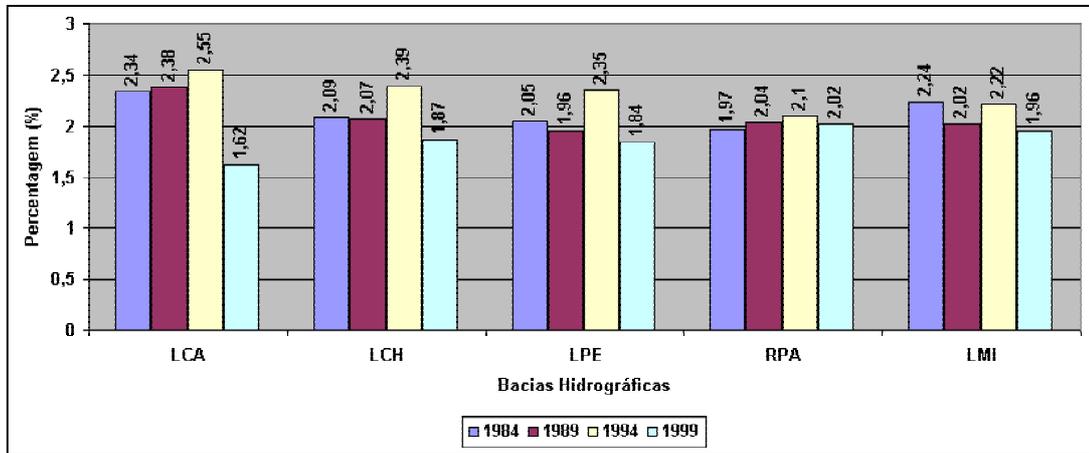


Figura 17: Dinâmica da classe capoeira para as cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

Os dados apresentados na **Figura 18** demonstram a dinâmica do uso da terra para a classe pastagem, durante o período estudado, demonstrando a redução destas áreas, principalmente em função da expansão agrícola no período em questão. Observa-se uma intensificação na atividade agrícola nos anos de 1984 e 1994, porém a principal redução de área na classe pastagem ocorreu no ano de 1999, quando ocorreu o maior aumento na classe agricultura (**Tabela 11**).

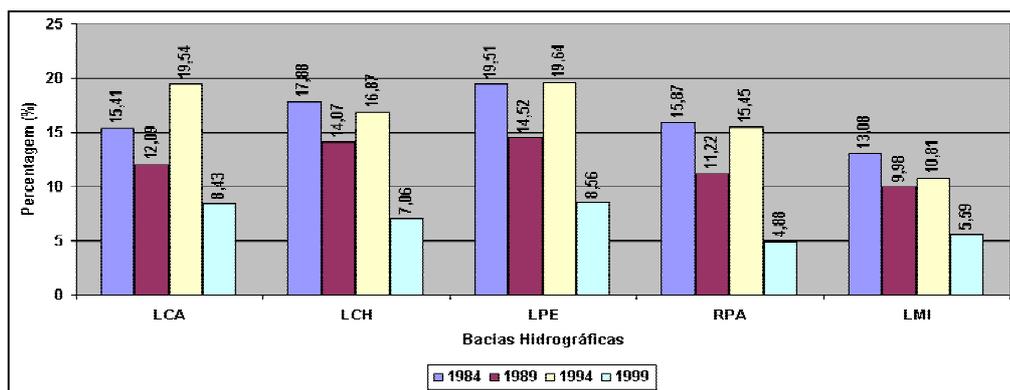


Figura 18: Dinâmica da classe pastagem para as cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

A classe área urbana abrange parcialmente os municípios de Caiçara, Seberi, Cristal do Sul, Jaboticaba, Boa Vista das Missões, Taquaruçu do Sul, Vista Alegre e Palmitinho, e integralmente o município de Frederico Wesphalen. Com relação à dinâmica de uso da terra

para a classe área urbana, pode ser destacado um crescimento similar entre as bacias hidrográficas, com exceção da bacia hidrográfica LCA, que não apresenta área urbana (**Figura 19**). Em 1984 existiam 506 ha desta classe, sendo que em 1999, esta área aumentou para 911 ha, representando um crescimento de 80% para a classe (**Tabela 11**).

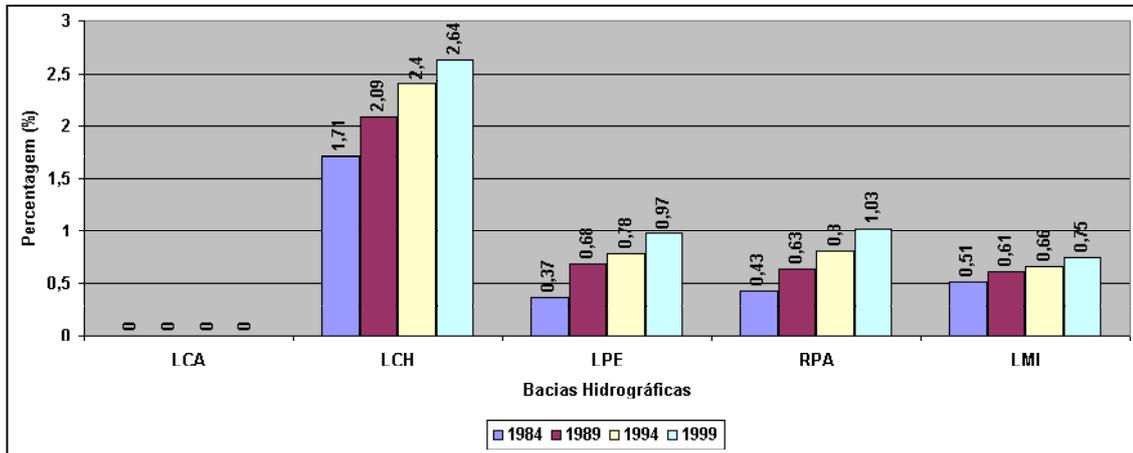


Figura 19: Dinâmica da classe área urbana para as cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

A **Figura 20** destaca a dinâmica do uso da terra para a classe água, com o crescimento das áreas da classe em questão, principalmente para as bacias hidrográficas LMI e RPA (**Figura 21 foto superior**), as quais ocupam em média 34,5 e 22,5 ha. Provavelmente, isso ocorreu pelo aumento da atividade de piscicultura na região no período em questão. Nas bacias LPE (**Figura 21 foto intermediária**), LCH (**Figura 21 foto inferior**) e LCA foram observadas mudanças expressiva na dinâmica de uso da terra para a classe água ao longo do período de estudo. Analisando a classe água para a área total da paisagem, observa-se um aumento de 158,33% no período estudado, sendo a classe que teve o maior aumento (**Tabela 11**).

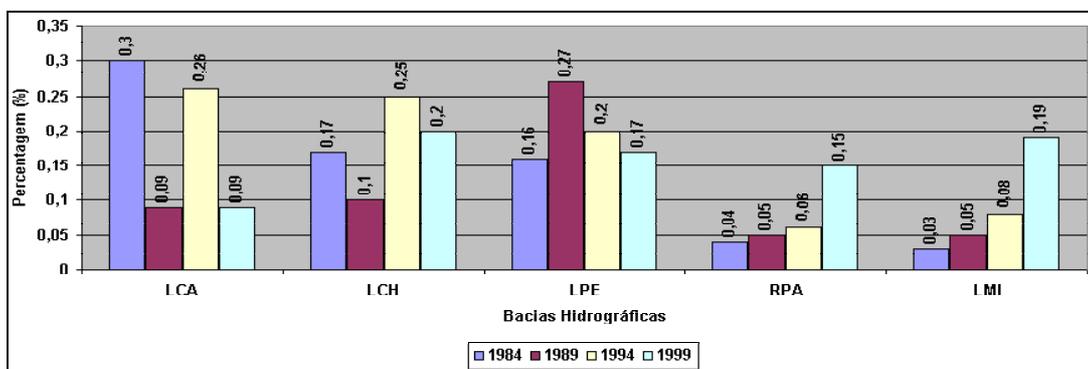


Figura 20: Dinâmica da classe água para as cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002).

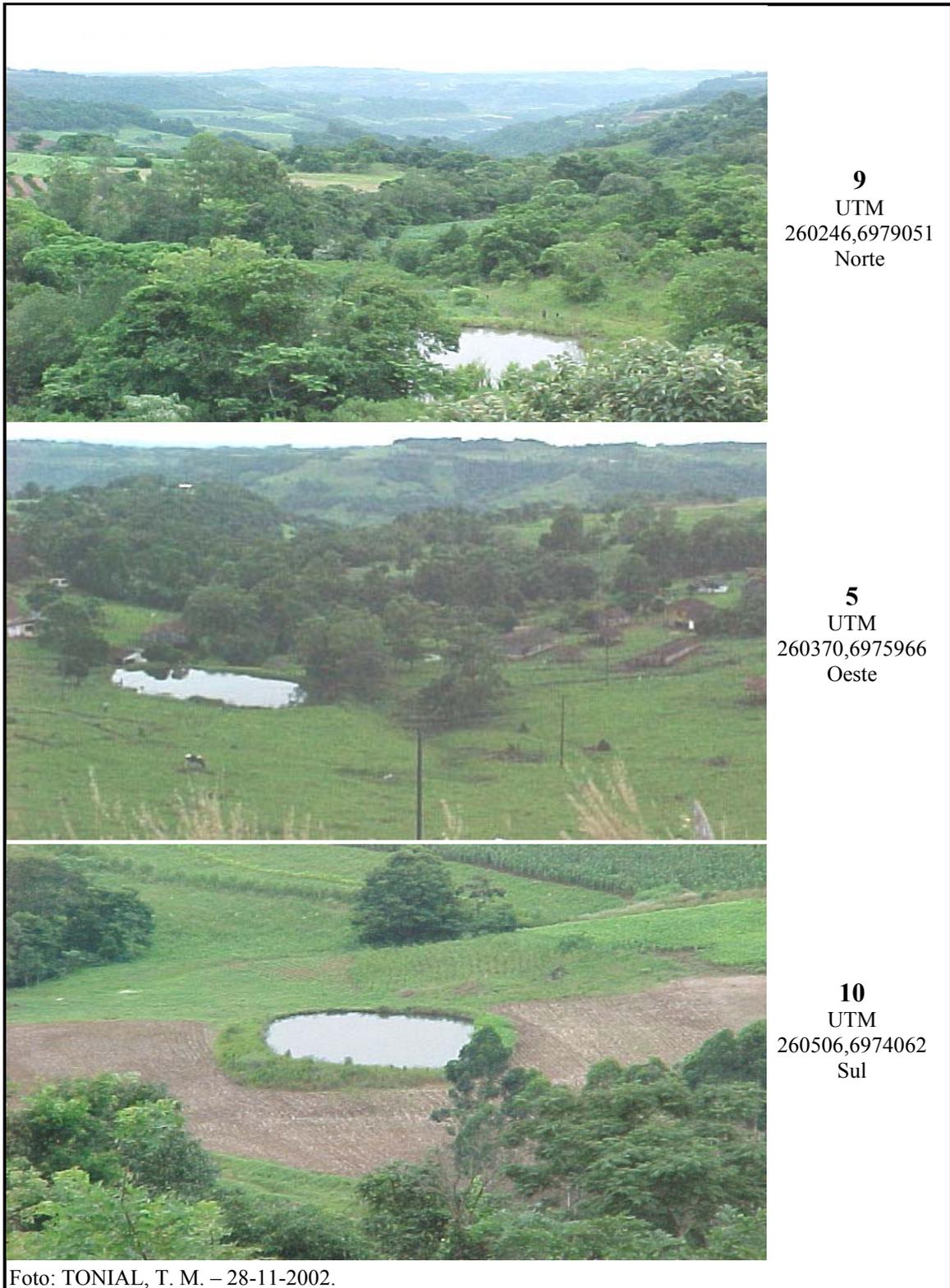


Figura 21: Ilustração da classe água. Foto superior (RPA): representa a existência da classe água, entre fragmentos sussecionais de capoeira e áreas cultivadas; Foto intermediária (LPE): demonstra a classe água junto à pastagem e sussecionais áreas de mata; Foto inferior (LCH): classe água junto à agricultura. A localização destes pontos está representada no Anexo I.

A dinâmica de uso da terra para a classe agricultura está apresentada na **Figura 22**, aumentando de 1984 a 1989, diminuindo de 1989 a 1994 e voltando a aumentar de 1994 a 1999. Em média, a agricultura ocupa 67,46% da área de estudo no período estudado.

Em 1999, a bacia hidrográfica LCA foi a que apresentou maior percentagem da classe agricultura, com 76,33%, seguida pela bacia hidrográfica LMI, com 75,07% (**Figura 22**). Deve ser destacado que estas duas bacias hidrográficas apresentam a menor clinografia média (**Tabela 6**). Do ponto de vista ambiental as bacias hidrográficas LCA e LMI são as mais comprometidas por apresentarem maiores áreas de uso agrícola e possuem as menores percentagens de áreas de mata.

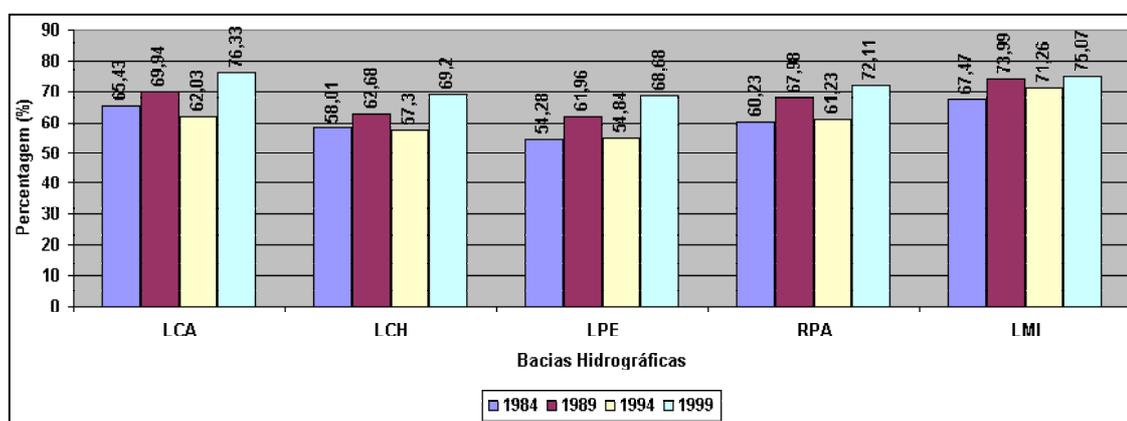


Figura 22: Dinâmica da classe de uso agricultura nas cinco bacias hidrográficas da paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCH: Lajeado Chiquinha; LCA: Lajeado Castelinho).

Considerando que as imagens LandSat analisadas correspondem ao período do ano em que as lavouras estão sendo preparadas para a safra de verão (outubro e novembro), optou-se, para fins de análise, em dividir a classe agricultura em duas categorias: solo exposto e culturas anuais.

No período de 1984 a 1999 pode ser observado uma redução no percentual de área de solo exposto (38,32% para 29,27%), enquanto que ocorreu um acréscimo na área ocupada com culturas anuais (24,42% a 43,64%) (**Tabela 12**). Esta alteração no uso da terra é indicativo da substituição do sistema de cultivo convencional pelo plantio direto, que utiliza culturas de inverno para cobertura do solo, ao invés do preparo convencional do solo (aração, escarificação e gradagem) (TONIAL *et al.*, 2000). O plantio direto como alternativa de manejo é mais eficiente que o plantio convencional, no que diz respeito à proteção do solo

contra a erosão. Neste sistema, existe a possibilidade de aumentar o teor de matéria orgânica do solo, quando bem manejado. Entretanto, em alguns casos, está associado a um uso mais intensivo de agrotóxicos.

**TABELA 12: Caracterização do uso agrícola da paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1984 a 1999.**

Usos da Terra	1984		1989		1994		1999	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Solo exposto	34.111	38,32	27.983	31,44	28.311	31,81	26.043	29,27
Culturas anuais	21.733	24,42	33.929	38,13	29.236	32,85	38.838	43,64
Total	55.844	62,74	61.912	69,57	57.547	64,66	64.881	72,91

Fonte: TONIAL, T. M. (2002).

A dinâmica do uso da terra para a área total da paisagem estudada no período de 1984 a 1999 está representada na **Figura 23**, com a classe agricultura ocupando mais de 60% da paisagem, em todos os anos, chegando ao valor mais alto em 1999, quando atingiu 72,9%.

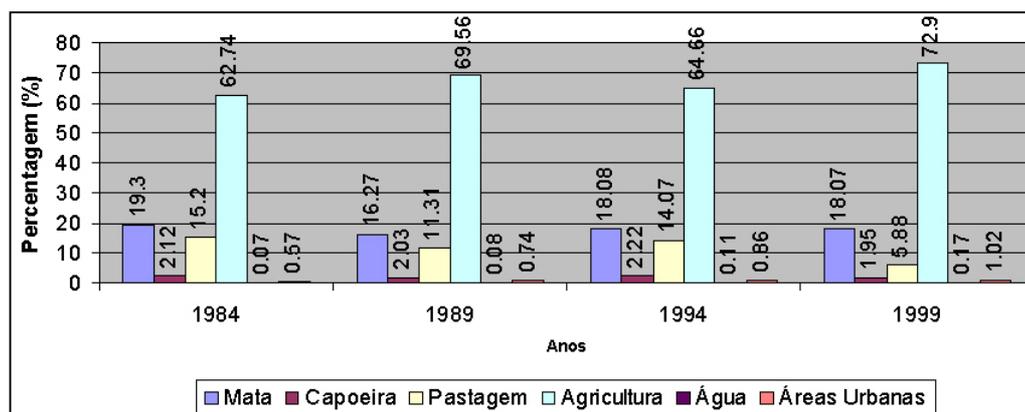


Figura 23: Dinâmica dos usos da terra para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1984 a 1999. Fonte: TONIAL, T. M. (2002).

O aumento na percentagem de área da paisagem ocupada por agricultura sempre foi acompanhado da redução nos valores das áreas das classes mata e pastagem. Nos períodos de 1984–1989 e de 1989–1994, observa-se uma variação equivalente nas classes mata e pastagem. No período de 1994–1999 a classe mata praticamente não sofreu alterações em termos de área total. No mesmo período, a classe pastagem sofreu sua maior perda.

Os demais usos da terra por terem pouca representatividade em termos de percentagem de área, não tiveram contribuições significativas nas alterações ocorridas ao

longo do tempo. A classe capoeira apresentou pouca variação, enquanto as classes água e área urbana cresceram 158,33% e 80%, respectivamente.

#### 4.1.6 Áreas de Preservação Permanente (APP) no Período em Estudo

Para gerar o mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP), representado na **Figura 24**, foram considerados os rios e as áreas com declividade superior a 100%. Para os rios de até 10 metros de largura considerou-se como APP as áreas marginais de vegetação natural com largura de 30 metros e de 100 metros para o Rio da Várzea que tem mais de 50 metros de largura.

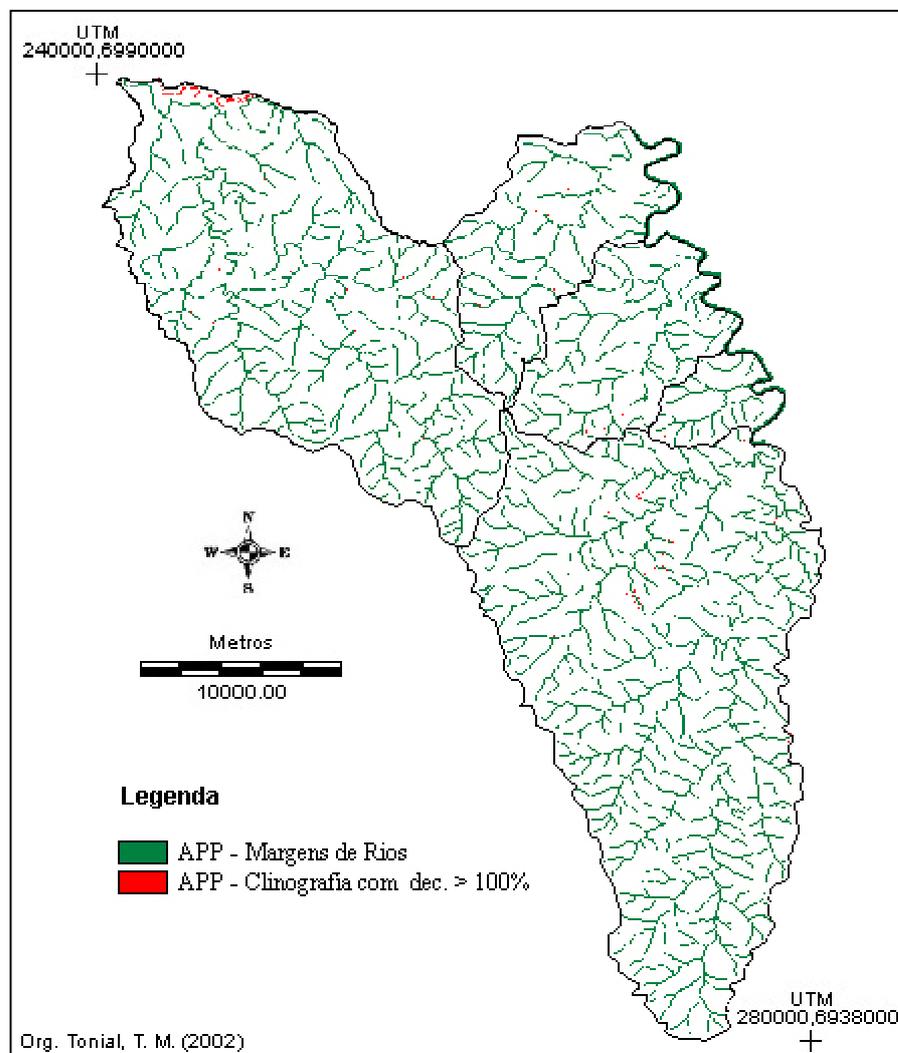


Figura 24: Áreas de Preservação Permanente para a paisagem na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, considerando a hidrografia e a clinografia.

Foi calculada uma APP de 9.951 ha, que representa 11,18% da área total da paisagem. Deste total, 9.823 ha (11,04%) correspondem a APP dos rios e 128 ha (0,14%) correspondem a APP de clinografia superior a 100%.

As APPs foram classificadas em categorias condizente e não condizente com a legislação, dependendo do tipo de uso da terra existente. As áreas condizentes com a legislação devem estar cobertas com vegetação natural (**Figura 25 foto superior**). As não condizentes com a legislação referem-se às parcelas das APP estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro, como de preservação permanente e utilizadas com outras finalidades que não a de preservação ambiental (**Figura 25 foto inferior**).

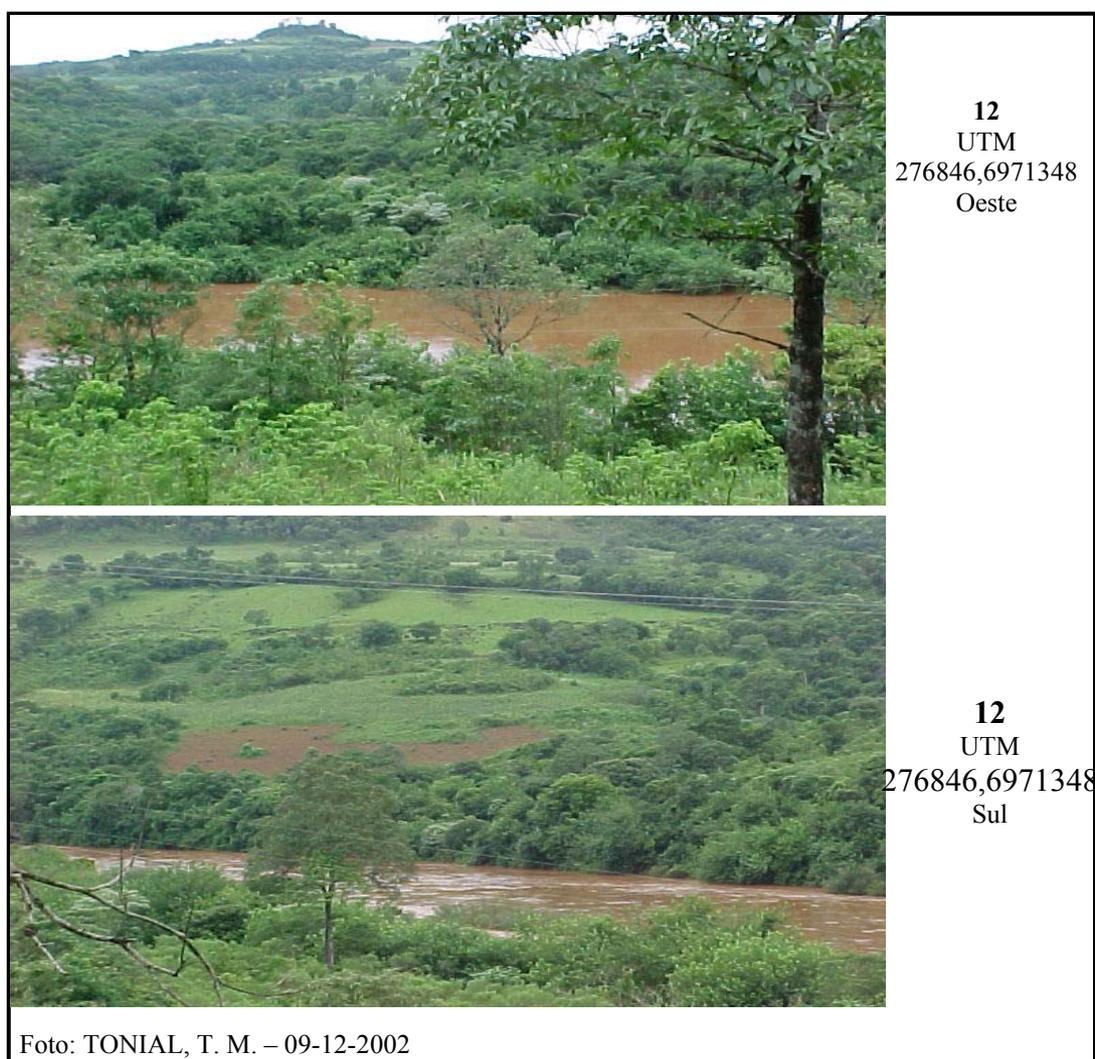


Figura 25: Ilustração da situação em que se encontram as APPs (Rio da Várzea). Onde: Foto superior representa áreas que apresentam mata ciliar condizente com a legislação; Foto inferior representa áreas que não apresentam mata ciliar conforme a legislação. A localização destas figuras está representada no Anexo I.

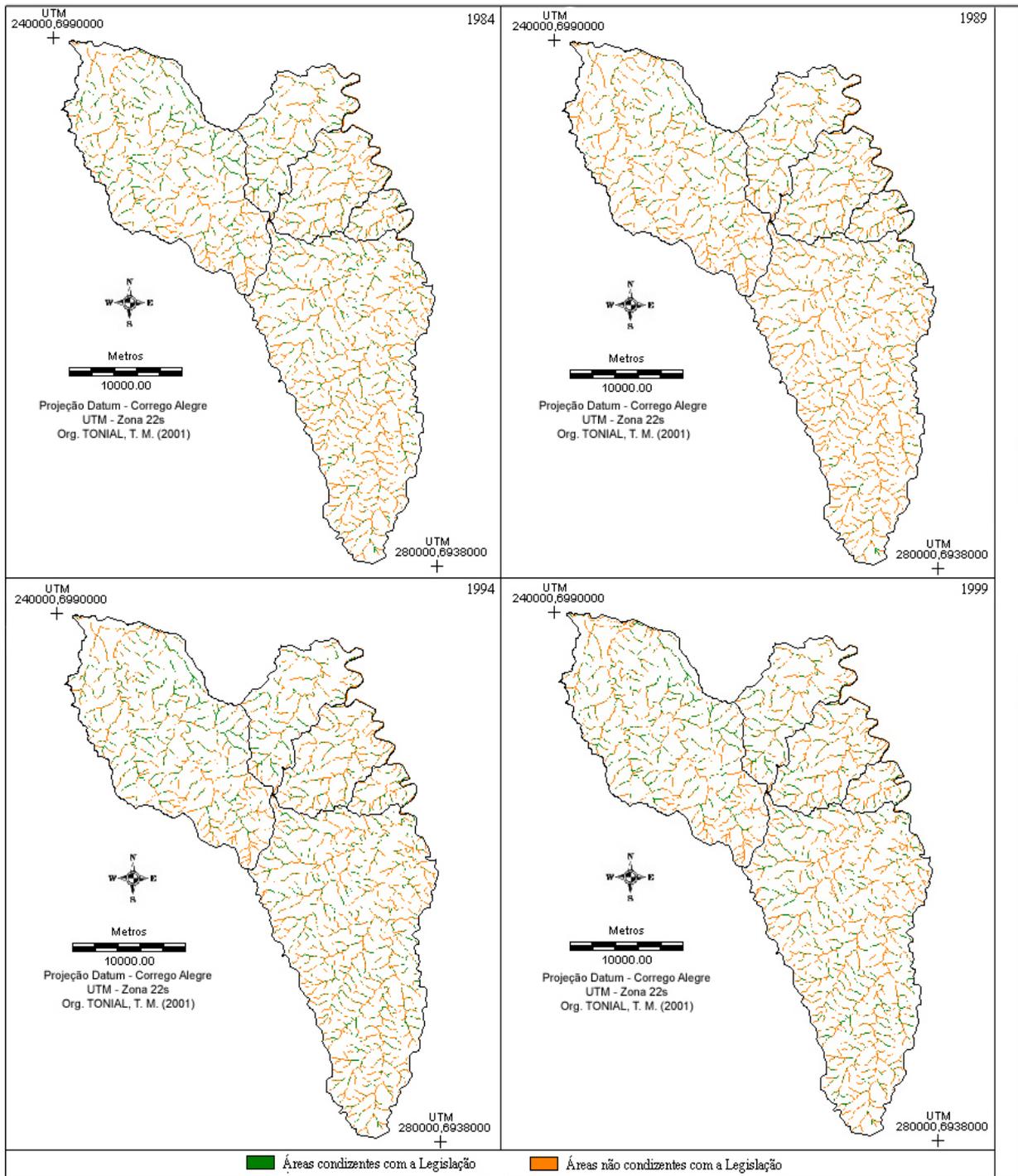


Figura 26: Mapa das Áreas de Preservação Permanente (APP) categorizadas em condizentes e não condizentes com a legislação, para a paisagem em estudo nos anos de 1984, 1989, 1994 e 1999.

A **Figura 26** apresenta o mapa de Áreas de Preservação Permanente (APP) para a área total da paisagem, categorizadas em condizentes e não condizentes com a legislação, ao longo do período de estudo. Os resultados apresentados na **Tabela 13** demonstram que o percentual de áreas associado à categoria condizente com a legislação diminuiu de 30,07% em 1984 para 20,19% em 1989, aumentando, posteriormente, para 32,21%, em 1994. Em 1999, cerca de 31,02% das APP pertenciam à categoria condizente com a legislação, enquanto que 68,98% da área estava ocupado com outros usos, na categoria não condizente com a legislação.

**TABELA 13: Classes de APP da paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, considerando os usos da terra para os anos de 1984, 1989, 1994, e 1999.**

CLASSES DAS APP						
Ano	Áreas				TOTAL DE APP	
	Condizentes com a Legislação		Não Condizentes com a Legislação		(ha)	%
	(ha)	%	(ha)	%		
1984	2.956	30,07	6.873	69,93	<b>9.829</b>	<b>100,00</b>
1989	1.984	20,19	7.845	79,81	<b>9.829</b>	<b>100,00</b>
1994	3.166	32,21	6.663	67,79	<b>9.829</b>	<b>100,00</b>
1999	3.049	31,02	6.780	68,98	<b>9.829</b>	<b>100,00</b>

Fonte: TONIAL, T. M. (2002).

De acordo com o código florestal do Estado, no Art. 2º, a política florestal tem por fim o uso adequado e racional dos recursos florestais com base nos conhecimentos ecológicos, visando a melhoria de qualidade de vida da população e à compatibilização do desenvolvimento sócio-econômico com a preservação do ambiente e do equilíbrio ecológico. Sendo um dos objetivos específicos da política florestal do Estado, no Artigo 3º, inciso VIII, promover a recuperação de áreas degradadas, especialmente nas áreas de preservação permanente e reserva legal, bem como proteger as áreas ameaçadas de degradação (BRASIL, 1992).

A paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul é caracterizada pela existência de pequenas propriedades, com predominância de culturas de subsistência. O

tamanho médio das propriedades é de 16 ha, levando o proprietário a explorar o máximo possível de sua área (**Figura 27**), muitas vezes não respeitando as áreas de preservação permanente.



Figura 27: Ilustração da exploração das propriedades. Foto superior (RPA): apresenta maior grau de exploração do uso da terra, por apresentar menor declividade; Foto inferior (RPA): observa-se área com maior declividade, onde áreas preservadas não apresentam aptidão agrícola. Ambas ilustram a fragmentação da paisagem. A localização destes pontos está representada no Anexo I.

Alterações do uso da terra de caráter tradicionalmente produtivo, para usos conservacionistas ou mais compatíveis com áreas de preservação são extremamente difíceis de serem realizadas. Estas necessitam ser negociadas entre os proprietários da terra, usuários, técnicos e a população como um todo, para que sejam aceitas e efetivadas. Além disso, devem ser bem planejadas e estabelecidas por um grupo multidisciplinar de técnicos que possuam conhecimento suficiente da área sob planejamento e a respeito daquilo que se quer conservar (PIRES, 1995).

Uma restrição à metodologia utilizada para definição das APPs é que as áreas com declividade superior a 100%, podem ter sido subestimadas. Outra restrição diz respeito as APPs é o tamanho do pixel, que é de 30 metros. As curvas de nível nas cartas utilizadas, equidistantes de 20 em 20 metros, foram bem representadas pelos cartógrafos até a declividade de 100%. Áreas com declividade igual ou maior que 100% são de difícil representação na escala 1:50.000. Para a elaboração de mapas de APPs adequados, seria necessário escala maior que 1:50.000.

#### 4.1.7 Áreas críticas de risco potencial à erosão no período estudado

A superfície da terra é um substrato extremamente dinâmico, uma vez que aloja a totalidade das atividades humanas dependentes do solo. Este por sua vez está em constante formação, resultado da alteração das rochas e dos processos pedogenéticos ocasionados pelos agentes físicos, químicos e biológicos. Entretanto, este equilíbrio muitas vezes é rompido com a intensificação da erosão, que pode ser mais ágil que o processo de formação, ocasionando perda das diversas camadas ou horizontes do solo (ROSA, 1995).

A avaliação e o diagnóstico dos potenciais riscos ambientais apresentam uma intrincada rede de relações e retroalimentação entre a biota e o ambiente físico, que podem ser considerados inseparáveis (PIRES, 1995). Entretanto, dentre os riscos ambientais, a que o componente solo está submetido, a erosão pode ser considerada uma das maiores ameaças. Neste trabalho a análise de risco de perda da terra foi realizada, considerando, inicialmente, o

fator declividade e a combinação da declividade e do uso da terra (**Figura 28**), que vai resultar em maior ou menor risco de perda de solo.

A ocupação da área total da paisagem com relação à cobertura vegetal natural, associada às classes de usos da terra mata e capoeira e de uso antrópico, ao longo do período de estudo, está representada na **Tabela 14**. As classes mata e capoeira são consideradas como de risco mínimo à erosão, independente da declividade. Na classe de uso antrópico (agricultura), a classificação do risco potencial à erosão foi baseada na variação da declividade (EMBRAPA, 1995). Abaixo de 20% de declividade, considera-se risco menor, de 20 a 45% de declividade é considerado risco intermediário e, acima de 45% de declividade, é considerado risco maior (**Tabela 15**).

**TABELA 14: Áreas com cobertura vegetal natural e usos antrópicos, na paisagem de estudo, no período de 1984 a 1999.**

ANO	Mata e Capoeira		Usos Antrópicos	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
<b>1984</b>	19.068	21,42	69.934	78,58
<b>1989</b>	16.290	18,30	72.712	81,70
<b>1994</b>	18.066	20,30	70.936	79,70
<b>1999</b>	17.820	20,02	71.182	79,98

Fonte: TONIAL, T. M. (2002).

**TABELA 15: Classificação das áreas de riscos potenciais à erosão para a área total da paisagem em estudo, considerando a declividade e não considerando as classes mata e capoeira.**

ANO	Classes de declividade					
	Menos de 20% Risco menor		20 a 45% Risco intermediário		Mais de 45% Risco maior	
	ha	%	ha	%	ha	%
<b>1984</b>	42.392	47,63	21.937	24,65	5.605	6,30
<b>1989</b>	43.483	48,86	23.048	25,90	6.181	6,94
<b>1994</b>	43.022	48,34	22.226	24,97	5.688	6,39
<b>1999</b>	43.287	48,64	22.292	25,04	5.603	6,30

Fonte: TONIAL, T. M. (2002).

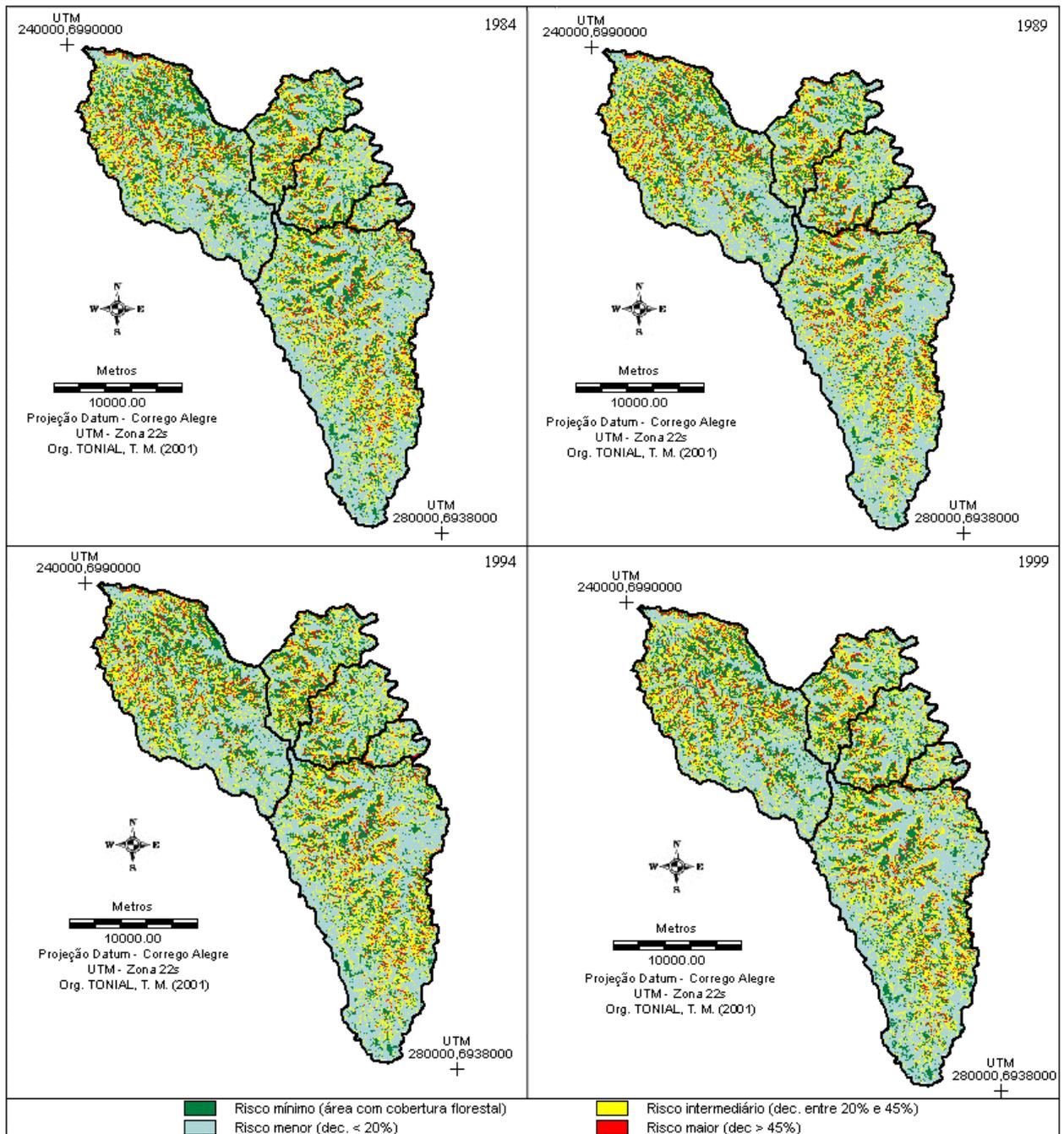


Figura 28: Mapa de risco à erosão em relação à declividade e aos usos da terra para a área total da paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, nos anos de 1984, 1989, 1994 e 1999.

As áreas ocupadas com mata e capoeira que apresentam risco mínimo à erosão, independente da declividade, e variaram de 21,42%, em 1984 a 20,02%, em 1999. A classe de

declividade entre 20 a 45%, considerada de risco intermediário de erosão, ocupa entre 24,65%, em 1984 a 25,04% da área, em 1999 (**Figura 29**). Estas áreas não deveriam ser utilizadas com culturas anuais, uma vez que o controle à erosão pode ser antieconômico (EMBRAPA, 1995), embora não exista nenhuma restrição a este uso no Código Florestal Brasileiro. As áreas com maior risco à erosão variaram de 6,30% em 1984 a 6,94% em 1989 (**Figura 29**). A EMBRAPA (1995) é mais restritiva quanto ao uso da terra no que se refere ao fator declividade, consistindo numa informação mais apropriada para o planejamento e gerenciamento ambiental. Áreas sem aptidão agrícola e suscetíveis à erosão estão apresentadas na **Figura 30**.

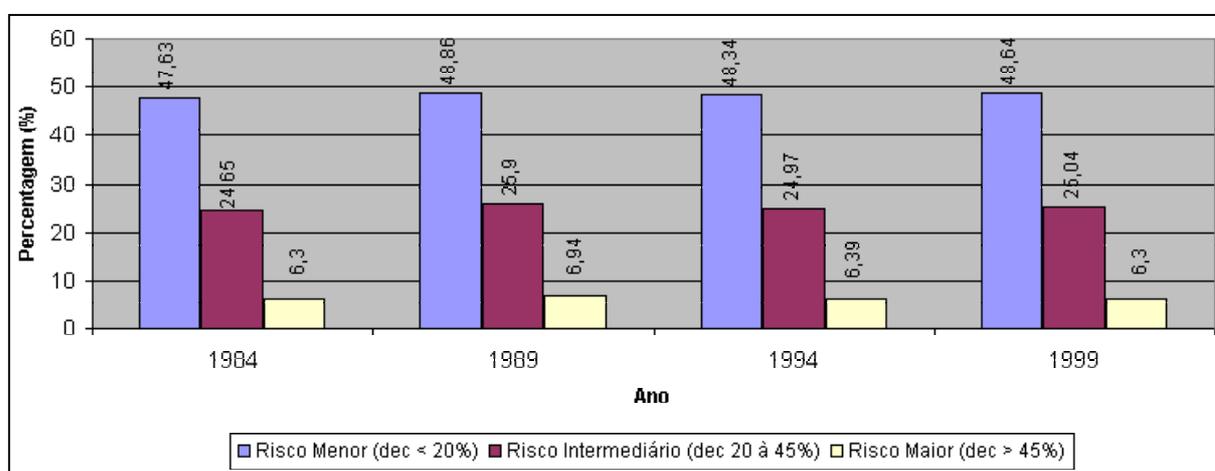


Figura 29: Evolução das áreas de risco à erosão para a paisagem de estudo no período de 1984 a 1999.

Fonte: TONIAL, T. M. (2002).

O ano de 1989 foi o que apresentou a maior incidência de uso antrópico. Dos 89.002 ha da área de estudo, 72.712 ha (81,70%) sofreram alguma alteração antrópica. Destes, 43.483 ha (48,86%) estão localizados em áreas com até 20% de declividade e 29.229 ha (32,84%) em áreas com mais de 20% de declividade (**Tabela 15**). Estas classes apresentam alto risco de degradação ambiental, desde que sejam utilizadas com culturas anuais.

O tamanho médio das propriedades na paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul é de 16,5 ha e as mesmas são utilizadas, em sua maioria, com culturas agrícolas anuais. Deste modo, deveriam ser realizadas práticas de prevenção e controle à erosão, visando a minimizar a degradação do solo ou o uso de culturas perenes, como a fruticultura e/ou a silvicultura, que são atividades menos impactantes e, geralmente, utilizam menores áreas de cultivo (BRUM,1999).



Figura 30: Ilustração das áreas de alta declividade usadas para outros fins que não sejam os de preservação permanente. Foto superior: área com solo preparado para plantio. Foto intermediária: área com pastagem. Foto inferior: área de mata fragmentada pelo uso agrícola. A localização destas figuras está representada no Anexo I.

## 4.2 Diagnóstico da qualidade ambiental da paisagem

A ecologia da paisagem é largamente fundada na premissa de que a padronagem dos elementos de paisagem (patches = pedaços, partes, remendos, fragmentos ou pequenos polígonos) fortemente influenciam os processos ecológicos. A capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo da função e modificação da paisagem. Por esta razão, muita ênfase tem sido dada no desenvolvimento de métodos para quantificar a estrutura da paisagem. A maior parte dos esforços de hoje têm sido empregados para sanar as necessidades de objetivos de pesquisa específicos e têm empregado programas de computador gerados pelo usuário para fazer as análises (VOLOTÃO, 1998).

O Fragstats permite que ecologistas e pesquisadores de recursos quantifiquem a estrutura da paisagem e os padrões espaciais. Por meio de técnicas analíticas de SIG, calcula índices espaciais estatísticos capazes de descrever o nível de uniformidade ou fragmentação dos fragmentos da paisagem, análise esta que é muito importante para a biodiversidade e os habitats de vida selvagem e vem pouco a pouco se tornando fundamental para estudiosos de florestas, de forma que estes podem quantificar o efeito devastador que pode estar havendo em uma área que tenha vida selvagem (VOLOTÃO, 1998).

O Fragstats pode ser visto como um conjunto de ferramentas auxiliares da Análise Espacial da paisagem, através de métricas que se dividem em três níveis: fragmentos, classes e paisagem, respectivamente. As diversas métricas podem ser classificadas em oito grupos de categorias: métricas de área, de fragmentos, de bordas, de forma, de área central (“core”), de contágio e mistura, de vizinho mais próximo e de diversidade. Algumas das métricas referem-se a simples repetição de valores fornecidos como parâmetros (como o PR, que é a porcentagem de riqueza ou número de classes), e que a maior parte das métricas de classe são as mesmas da paisagem, apenas adaptadas para englobar todas as classes – salvo as métricas de diversidade, que só estão presentes na paisagem (VOLOTÃO, 1998).

#### 4.2.1 Análise da fragmentação da paisagem

No **Anexo II** estão apresentados os **Quadros 1 a 3** com todos os parâmetros métricos, gerados pelo Fragstats, para serem utilizados na análise da fragmentação e comprometimento da qualidade ambiental da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul e para as classes mata e capoeira para as cinco bacias hidrográficas delimitadas no âmbito desta região, para os cenários dos anos de 1984, 1989, 1994 e 1999. Do número total de parâmetros gerados pelo Fragstats, 31 foram associados à condição do uso da terra da área total da paisagem (**Quadro 1**) e 26 para as classes de usos mata e capoeira (**Quadros 2 e 3**); três parâmetros relacionados à clinografia média, densidade de drenagem e área de cada bacia hidrográfica foram gerados pelo IDRISI (**Quadro 4**).

**TABELA 16: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da qualidade ambiental de cada bacia hidrográfica estudada, para o ano de 1984.**

Parâmetros Métricos da Paisagem	LPE	LCH	RPA	LMI	LCA	Área Total
<b>LPI:</b> Percentagem da paisagem ocupada pela maior mancha (%)	47,188	51,062	55,798	65,565	64,181	59,305
<b>PD:</b> Número de manchas em 100 há de paisagem	31,556	29,518	28,281	26,474	31,594	27,773
<b>ÁREA-MN:</b> Tamanho médio das manchas (ha)	3,169	3,388	3,536	3,777	3,165	3,601
<b>ED:</b> Densidade de bordas (m/ha)	149,932	143,568	142,284	121,762	128,249	133,909
<b>SHDI:</b> Índice de diversidade de Shannon	1,102	1,108	1,031	0,945	0,969	1,012
<b>SHEI:</b> Índice de uniformidade de Shannon	0,615	0,618	0,566	0,527	0,602	0,565

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**TABELA 17: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da qualidade ambiental de cada bacia hidrográfica estudada, para o ano de 1989.**

Parâmetros Métricos da Paisagem	LPE	LCH	RPA	LMI	LCA	Área Total
<b>LPI:</b> Percentagem da paisagem ocupada pela maior mancha (%)	56,618	60,749	66,321	73,227	68,902	68,168
<b>PD:</b> Número de manchas em 100 há de paisagem	29,112	29,171	27,134	23,348	27,847	25,695
<b>ÁREA-MN:</b> Tamanho médio das manchas (ha)	3,435	3,428	3,685	4,283	3,591	3,892
<b>ED:</b> Densidade de bordas (m/ha)	134,107	135,398	128,681	103,663	118,988	118,655
<b>SHDI:</b> Índice de diversidade de Shannon	1,029	1,052	0,932	0,835	0,892	0,916
<b>SHEI:</b> Índice de uniformidade de Shannon	0,574	0,587	0,52	0,466	0,554	0,511

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**TABELA 18: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da qualidade ambiental de cada bacia hidrográfica estudada, para o ano de 1994.**

Parâmetros Métricos da Paisagem	LPE	LCH	RPA	LMI	LCA	Área Total
<b>LPI:</b> Percentagem da paisagem ocupada pela maior mancha (%)	47,098	50,749	57,09	70,480	60,456	61,877
<b>PD:</b> Número de manchas em 100 ha de paisagem	34,828	35,668	29,871	27,704	38,875	29,998
<b>ÁREA-MN:</b> Tamanho médio das manchas (ha)	2,871	2,804	3,348	3,61	2,572	3,334
<b>ED:</b> Densidade de bordas (m/ha)	162,246	158,386	147,473	119,402	162,049	138,136
<b>SHDI:</b> Índice de diversidade de Shannon	1,122	1,14	1,037	0,889	1,014	1,000
<b>SHEI:</b> Índice de uniformidade de Shannon	0,626	0,636	0,579	0,496	0,63	0,558

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**TABELA 19: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da qualidade ambiental de cada bacia hidrográfica estudada, para o ano de 1999.**

Parâmetros Métricos da Paisagem	LPE	LCH	RPA	LMI	LCA	Área Total
<b>LPI:</b> Percentagem da paisagem ocupada pela maior mancha (%)	67,871	68,749	71,529	74,521	75,685	72,337
<b>PD:</b> Número de manchas em 100 ha de paisagem	23,003	23,847	21,884	20,740	22,652	21,566
<b>ÁREA-MN:</b> Tamanho médio das manchas (ha)	4,347	4,193	4,569	4,822	4,415	4,637
<b>ED:</b> Densidade de bordas (m/ha)	120,308	116,610	114,450	103,739	102,727	110,322
<b>SHDI:</b> Índice de diversidade de Shannon	0,918	0,940	0,840	0,799	0,758	1,000
<b>SHEI:</b> Índice de uniformidade de Shannon	0,512	0,525	0,469	0,446	0,471	0,469

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

As Tabelas 16, 17, 18 e 19 apresentam os parâmetros métricos selecionados para a análise do cenário de usos da terra para cada bacia hidrográfica delimitada na paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, respectivamente para os anos de 1984, 1989, 1994 e 1999.

Em todas as bacias hidrográficas a maior extensão de mancha (**LPI**) está associada ao uso agrícola, basicamente distribuída na forma de um único fragmento. No período de 1989 a 1994, o valor de **LPI** teve uma redução média de 10,17%, (**Tabelas 17 e 18**), retornando, praticamente ao valor da percentagem inicial. De 1994 a 1999, houve o maior aumento do **LPI**, 16,90% (**Tabelas 18 e 19**), fazendo com que um único fragmento de agricultura ocupe 72,34% da área estudada, no ano de 1999. Isto não significa que existe apenas uma área de agricultura, mas que uma área agrícola faz divisa com a outra, sugerindo ser uma única área cultivada. Em 1999, a agricultura ocupava 64.881 ha da área de estudo, sendo que um único fragmento ocupava 64.384 ha, restando 497 ha divididos entre os 1209 fragmentos restantes

para o ano de 1999. Isto demonstra a existência de pequenas áreas agrícolas no meio de outras classes, conforme ilustra a **Figura 31**.



Figura 31: Ilustração de um fragmento da classe agricultura dentro da classe mata na bacia hidrográfica do Lajeado Chiquinha. A localização geográfica desta figura está representada no Anexo I.

A mudança nos valores de **LPI** foi acompanhada pela alteração do número de manchas por 100 ha de área da paisagem (**PD**). A bacia hidrográfica do Lajeado Castelinho foi a que apresentou maior redução no valor de **PD**, entre 1984 e 1999 (**Tabelas 16 e 19**). Este fato é relativamente importante, pois esta bacia hidrográfica apresentou, no ano de 1999, a maior percentagem da classe agricultura, com inevitável perda de áreas naturais. Redução semelhante aconteceu para a bacia hidrográfica do Lajeado Perau, porém a percentagem que a classe agricultura ocupa nesta bacia hidrográfica é, razoavelmente menor, com relação às outras bacias hidrográficas. Observando as **Tabelas 16, 17, 18 e 19** nota-se que o maior valor de **PD** ocorreu em 1994. Porém, o ano de 1999 apresentou a maior redução nos valores de **PD**, ficando abaixo das condições apresentadas pelo cenário de 1984.

Com o aumento dos valores de **LPI** e diminuição dos valores de **PD**, houve um aumento do tamanho médio das manchas (**AREA\_MN**). Isso ocorre porque as manchas menores tendem a desaparecer, enquanto que as maiores permanecem. Ressalta-se a

existência de manchas pequenas, pois a maior mancha ocupava, em 1999, cerca de 72,34% da paisagem (64.384 ha), enquanto que o tamanho médio dos fragmentos, neste ano, foi de 4,64 ha (0,005%).

O índice de diversidade de Shannon (**SHDI**) pode ser usado como índice relativo para comparar diferentes paisagens em diferentes tempos, particularmente em função da escala. Grandes áreas, geralmente apresentam maior heterogeneidade espacial quando comparadas com pequenas áreas (MCGARIGAL & MARKS, 1994).

Os valores de **SHDI** apresentaram-se em um gradiente decrescente no período de 1984 a 1999, podendo indicar perda da qualidade ambiental. A bacia hidrográfica LCH apresentou, em todos os anos, a maior diversidade de cobertura do solo. A bacia hidrográfica LMI apresentou o menor valor de **SHDI** nos anos de 1984, 1989 e 1994, porém, no ano de 1999, a bacia hidrográfica LCA é a que apresentou o menor valor de **SHDI**.

Os valores relativamente altos dos índices de **SHDI** para as bacias hidrográficas são decorrentes do grau de fragmentação da paisagem ocasionada pela substituição da vegetação natural por agricultura e outros usos antrópicos. No início do processo de colonização a região Noroeste do Estado era ocupada por Floresta Estacional Decidual, apresentando baixa diversidade de paisagens (alta uniformidade), mas apresentava alta qualidade de habitat e alta diversidade de espécies de animais e vegetais. A maior bacia hidrográfica (LMI), em extensão apresentou valor de **SHDI**, semelhante à menor bacia hidrográfica (LCA), provavelmente devido à semelhança nas características clinográficas destas duas bacias hidrográficas, que favorecem a maior intensidade de atividade agrícola mecanizada.

A bacia hidrográfica LMI é a mais homogênea entre as cinco bacias hidrográficas, apresentando o menor Índice de Uniformidade da Paisagem (**SHEI**), bem como o menor valor de **PD**, devido ao predomínio do uso agrícola, indicando perda de habitat natural. Por outro lado, a bacia hidrográfica LCH é a mais heterogênea, apresentando o maior valor de **SHEI** e **PD** acima do valor médio das cinco bacias hidrográficas.

#### 4.2.2 Análise da fragmentação da classe mata

A percentagem da paisagem ocupada por mata (**pland**), de acordo com as **Tabelas 20 e 21**, diminuiu no período de 1984 a 1989, em todas as bacias hidrográficas. No período de 1989 a 1994 (**Tabelas 21 e 22**), o valor de **pland** aumentou, voltando a diminuir no período de 1994 a 1999 (**Tabelas 22 e 23**).

**TABELA 20: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe mata, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1984.**

Parâmetros Métricos da Mata	LPE	LCH	RPA	LMI	LCA	Área Total
<b>pland:</b> Percentagem da paisagem ocupada por mata (%)	23,638	20,132	21,458	16,654	16,501	19,301
<b>lpi:</b> Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe (%)	3,115	1,173	4,394	1,034	1,885	1,450
<b>pd:</b> Número médio de fragmentos por 100 ha	2,146	2,285	2,015	2,295	3,066	2,165
<b>area-mn:</b> Tamanho médio dos fragmentos (ha)	11,014	8,809	10,646	7,258	5,383	8,917
<b>ed:</b> Densidade de bordas (m/ha)	63,909	56,464	60,868	49,993	51,236	55,747
<b>core-mn:</b> Área de interior média, considerando todos os fragmentos de mata (ha)	2,440	1,891	2,255	1,478	0,75	1,870
<b>shape-mn:</b> Índice de forma médio	2,158	2,117	2,169	2,072	1,904	2,123
<b>enn-mn:</b> Distância média do vizinho mais próximo (m)	108,973	113,237	118,101	129,450	137,997	121,019

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**TABELA 21: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe mata, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1989.**

Parâmetros Métricos da Mata	LPE	LCH	RPA	LMI	LCA	Área Total
<b>pland:</b> Percentagem da paisagem ocupada por mata (%)	20,610	18,994	18,072	13,364	15,482	16,269
<b>lpi:</b> Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe (%)	1,694	1,121	1,301	0,602	1,859	0,429
<b>pd:</b> Número médio de fragmentos por 100 ha	2,136	2,525	2,141	2,044	3,406	2,056
<b>area-mn:</b> Tamanho médio dos fragmentos (ha)	9,651	7,523	8,439	6,539	4,545	7,667
<b>ed:</b> Densidade de bordas (m/ha)	58,971	56,622	56,004	42,001	49,601	50,033
<b>core-mn:</b> Área de interior média, considerando todos os fragmentos de mata (ha)	1,980	1,444	1,495	1,184	0,599	1,411
<b>shape-mn:</b> Índice de forma médio	2,186	2,122	2,175	2,054	1,852	2,122
<b>enn-mn:</b> Distância média do vizinho mais próximo (m)	120,099	121,044	121,615	141,055	132,634	128,128

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**Tabela 22: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe mata, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1994.**

<b>Parâmetros Métricos da Mata</b>	LPE	LCH	RPA	LMI	LCA	Área Total
<b>pland:</b> Percentagem da paisagem ocupada por mata (%)	22,193	20,792	20,356	14,977	15,631	18,080
<b>lpi:</b> Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe (%)	2,032	1,543	1,458	0,518	0,908	0,481
<b>pd:</b> Número médio de fragmentos por 100 ha	2,104	2,261	2,026	2,008	3,790	2,056
<b>area-mn:</b> Tamanho médio dos fragmentos (ha)	10,550	9,194	10,049	7,457	4,125	8,795
<b>ed:</b> Densidade de bordas (m/ha)	63,106	62,114	62,591	48,036	55,681	55,998
<b>core-mn:</b> Área de interior média, considerando todos os fragmentos de mata (ha)	2,168	1,715	1,802	1,277	0,44	1,580
<b>shape-mn:</b> Índice de forma médio	1,389	2,250	2,296	2,195	1,910	2,242
<b>enn-mn:</b> Distância média do vizinho mais próximo (m)	106,139	115,104	111,454	131,021	127,135	120,369

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**TABELA 23: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe mata, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1999.**

<b>Parâmetros Métricos da Mata</b>	LPE	LCH	RPA	LMI	LCA	Área Total
<b>pland:</b> Percentagem da paisagem ocupada por mata (%)	19,79	19,03	19,81	16,44	13,54	18,073
<b>lpi:</b> Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe (%)	1,224	1,066	0,951	0,559	2,445	0,314
<b>pd:</b> Número médio de fragmentos por 100 ha	1,934	2,12	1,87	1,84	2,64	1,858
<b>area-mn:</b> Tamanho médio dos fragmentos (ha)	10,234	8,987	10,598	8,952	5,130	9,728
<b>ed:</b> Densidade de bordas (m/ha)	59,472	56,582	62,870	53,130	45,513	57,18
<b>core-mn:</b> Área de interior média, considerando todos os fragmentos de mata (ha)	1,979	1,786	1,820	1,552	0,559	1,722
<b>Shape-mn:</b> Índice de forma médio	2,373	2,256	2,440	2,409	1,964	2,409
<b>enn-mn:</b> Distância média do vizinho mais próximo (m)	110,034	120,806	120,685	121,2	145,4	119,236

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

A bacia hidrográfica LPE apresenta-se com a maior cobertura de mata nos anos de 1984, 1989 e 1994. Em 1999, esta bacia hidrográfica apresentou uma percentagem praticamente igual às bacias hidrográficas LCH e RPA, 19,79%, 19,03% e 19,81%, respectivamente. A bacia hidrográfica LPE foi a que teve a maior variação no período para a classe mata. As bacias hidrográficas LMI e LCA, em todos os anos, apresentaram as menores percentagens de mata. Em 1999, a bacia hidrográfica com a maior percentagem de mata (RPA) tinha um percentual de 19,81% e a com a menor percentagem de mata (LCA) tinha

13,54%. Comparando os valores de declividade de cada bacia hidrográfica, constata-se que as com menores percentagens de mata, são aquelas que apresentam menor clinografia média, enquanto as que apresentam maior percentagem de mata apresentam maior clinografia média.

A bacia hidrográfica RPA apresenta o maior fragmento de mata (**lpi**) em 1984, tendo um único fragmento de mata de 1.290 ha, representando cerca de 4,39% da área da bacia hidrográfica (**Tabela 20**). No período estudado este fragmento de mata diminuiu 78,34%, passando a ocupar uma área de 279,41 ha, 0,95% da área total da bacia hidrográfica, sendo que a mesma permanece como a unidade da paisagem que possui o maior fragmento. As bacias hidrográficas LPE, LCH, RPA e LMI tiveram redução no tamanho do maior fragmento de mata, enquanto que a bacia hidrográfica LCA teve aumento de 44,16 ha, em 1984 para 57,32 ha, em 1999.

O número de fragmentos de mata em 100 ha (**pd**) tende a diminuir em todas as bacias hidrográficas ao longo do período de estudo. O mesmo acontece com o tamanho médio dos fragmentos de mata (**area\_mn**), exceto para a bacia hidrográfica LMI. A densidade de borda (**ed**) apresentou valores elevados para todas as bacias hidrográficas, caracterizando a presença de pequenas áreas de mata e evidenciando o grau de fragmentação da paisagem. Outro aspecto que comprova que os fragmentos são pequenos, é o tamanho médio das áreas de interior (**core\_mn**) que não ultrapassa 2,44 ha.

Pode-se constatar que o número de fragmentos de áreas naturais nas bacias hidrográficas estudadas, o tamanho reduzido dos fragmentos, a falta de corredores para conectar estas áreas e a estrutura fundiária são os principais fatores que limitam a sustentabilidade ambiental da paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Um fator importante para análise da sustentabilidade, em termos da vulnerabilidade dos fragmentos, está relacionado com o efeito de borda. Quanto maior a distância entre as extremidades (bordas) e o centro do fragmento (interior), melhor a proteção das espécies do interior destas áreas em relação às ameaças externas (PIRES, 1995). A **Figura 32** representa a dinâmica de fragmentos de mata da bacia hidrográfica do Rio Pardo no período estudado.

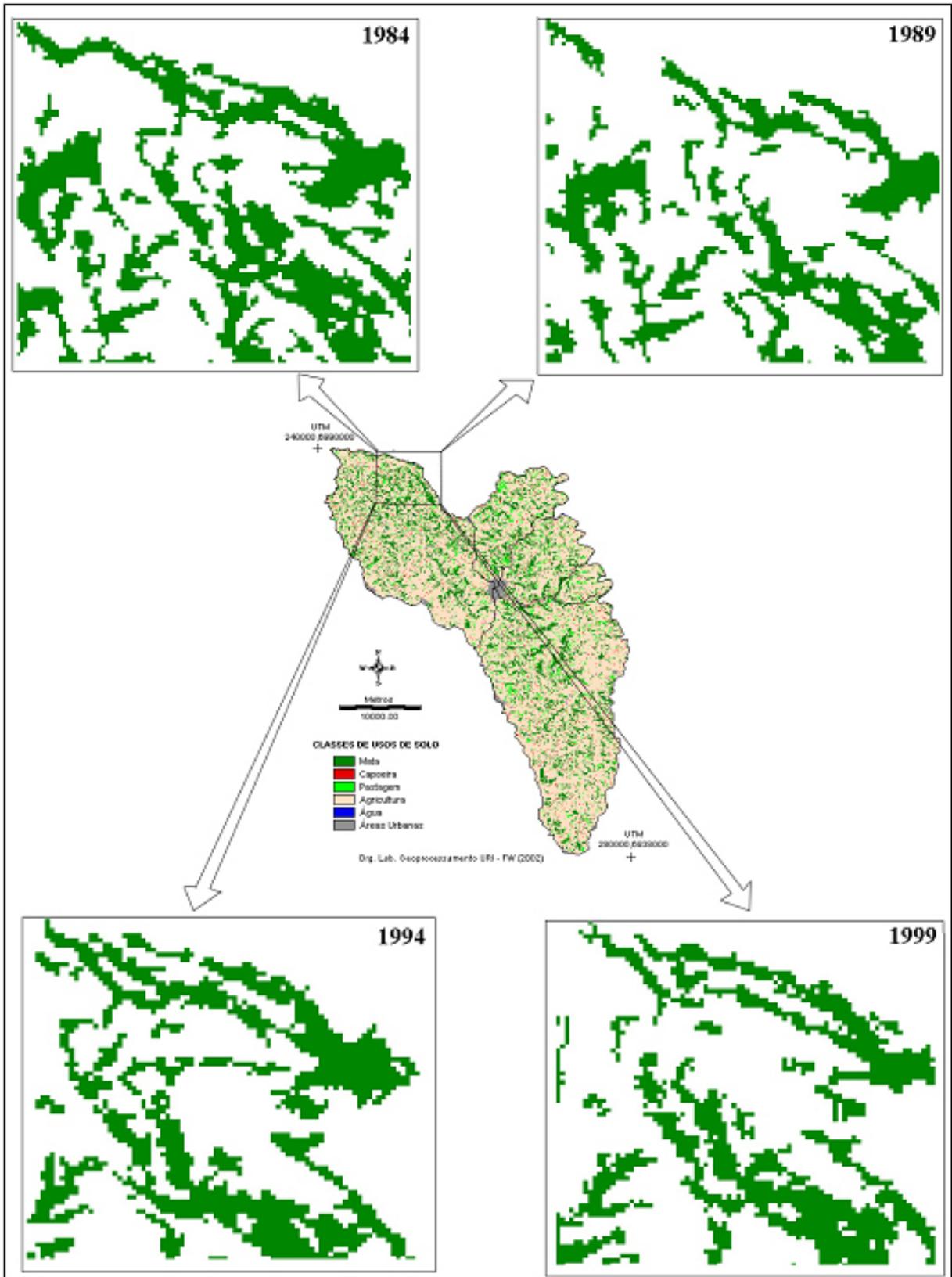


Figura 32: Dinâmica de fragmentos de mata da bacia hidrográfica do Rio Pardo, nos períodos de 1984-1989, 1989-1994, 1994-1999.

#### 4.2.3 Análise da fragmentação da classe capoeira

O Código Florestal Estadual no Capítulo V, das concepções, Artigo 42, inciso XI, denota que a capoeira é a formação vegetal sucessora, proveniente de corte raso das florestas ou pelo abandono de áreas com qualquer outro uso, constituída, principalmente, por espécies nativas da região, até a altura máxima de 3 (três) metros (BRASIL, 1992).

Em todo o período de estudo a classe capoeira nunca superou 2,54% de ocupação da área total de cada bacia hidrográfica. Sua maior percentagem de área ocorreu no ano de 1994 (2,22%), com a bacia hidrográfica LCA, a que apresentou a maior percentagem da classe capoeira neste ano (Tabelas 24, 25, 26 e 27).

**TABELA 24: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe capoeira, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1984.**

<b>Parâmetros Métricos da Capoeira</b>	<b>LPE</b>	<b>LCH</b>	<b>RPA</b>	<b>LMI</b>	<b>LCA</b>	<b>Área Total</b>
<b>pland:</b> Percentagem da paisagem ocupada por capoeira (%)	2,05	2,10	1,98	2,24	2,35	2,123
<b>Lpi:</b> Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe (%)	0,011	0,012	0,003	0,003	0,042	0,001
<b>Pd:</b> Número médio de fragmentos por 100 ha	8.086	8.232	7.194	8.353	8.218	7,913
<b>area-mn:</b> Tamanho médio dos fragmentos (ha)	0,25	0,26	0,28	0,27	0,29	0,268
<b>Ed:</b> Densidade de bordas (m/ha)	18.153	18.450	17.074	19.532	20.017	18,505
<b>core-mn:</b> Área de interior média, considerando todos os fragmentos de capoeira (ha)	0	0	0	0	0	0
<b>shape-mn:</b> Índice de forma médio	1.147	1.144	1.167	1.160	1.180	1,160
<b>enn-mn:</b> Distância média do vizinho mais próximo (m)	146.430	140.917	145.221	136.016	148.145	140,129

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**TABELA 25: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe capoeira, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1989.**

<b>Parâmetros Métricos da Capoeira</b>	<b>LPE</b>	<b>LCH</b>	<b>RPA</b>	<b>LMI</b>	<b>LCA</b>	<b>Área Total</b>
<b>pland:</b> Percentagem da paisagem ocupada por capoeira (%)	1,96	2,07	2,04	2,02	2,37	2,034
<b>lpi:</b> Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe (%)	0,011	0,012	0,003	0,003	0,042	0,001
<b>pd:</b> Número médio de fragmentos por 100 ha	7.437	7.765	7.613	7.456	8.260	7,544
<b>area-mn:</b> Tamanho médio dos fragmentos (ha)	0,26	0,27	0,27	0,27	0,29	0,270
<b>Ed:</b> Densidade de bordas (m/ha)	17.142	18.113	17.878	17.603	20.195	17,788
<b>core-mn:</b> Área de interior média, considerando todos os fragmentos de capoeira (ha)	0	0	0	0	0	0
<b>shape-mn:</b> Índice de forma médio	1.158	1.168	1.168	2.054	1.180	1,166
<b>enn-mn:</b> Distância média do vizinho mais próximo (m)	149.309	142.278	141.011	139.606	132.634	143,239

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**TABELA 26: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe capoeira, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1994.**

<b>Parâmetros Métricos da Capoeira</b>	<b>LPE</b>	<b>LCH</b>	<b>RPA</b>	<b>LMI</b>	<b>LCA</b>	<b>Área Total</b>
<b>pland:</b> Percentagem da paisagem ocupada por capoeira (%)	2,35	2,39	2,10	2,22	2,55	2,219
<b>lpi:</b> Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe (%)	0,011	0,012	0,003	0,003	0,042	0,001
<b>pd:</b> Número médio de fragmentos por 100 ha	9,499	9,405	8,188	8,603	11,028	8,680
<b>area-mn:</b> Tamanho médio dos fragmentos (ha)	0,248	0,254	0,256	0,258	0,231	0,256
<b>Ed:</b> Densidade de bordas (m/ha)	21,104	21,279	18,738	19,615	23,261	19,755
<b>core-mn:</b> Área de interior média, considerando todos os fragmentos de capoeira (ha)	0	0	0	0	0	0
<b>shape-mn:</b> Índice de forma médio	1,152	1,154	1,159	1,152	1,136	1,154
<b>enn-mn:</b> Distância média do vizinho mais próximo (m)	132,859	130,403	137,022	134,389	126,798	133,402

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

**TABELA 27: Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da classe capoeira, utilizando o Fragstats, para cada bacia hidrográfica estudada, no ano de 1999.**

<b>Parâmetros Métricos da Capoeira</b>	<b>LPE</b>	<b>LCH</b>	<b>RPA</b>	<b>LMI</b>	<b>LCA</b>	<b>Área Total</b>
<b>pland:</b> Percentagem da paisagem ocupada por capoeira (%)	1,835	1,826	2,022	1,96	1,632	1,949
<b>lpi:</b> Percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe (%)	0,011	0,012	0,003	0,003	0,042	0,001
<b>pd:</b> Número médio de fragmentos por 100 ha	8,075	8,28	8,297	8,735	7,792	8,445
<b>area-mn:</b> Tamanho médio dos fragmentos (ha)	0,227	0,225	0,244	0,224	0,21	0,231
<b>Ed:</b> Densidade de bordas (m/ha)	17,321	17,643	18,912	18,638	15,303	18,423
<b>core-mn:</b> Área de interior média considerando todos os fragmentos de capoeira (ha)	0	0	0	0	0	0
<b>shape-mn:</b> Índice de forma médio	1,149	1,15	1,174	1,152	1,116	1,158
<b>enn-mn:</b> Distância média do vizinho mais próximo (m)	142,332	133,018	133,487	129,38	147,894	132,045

Fonte: TONIAL, T. M. (2002). (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).

As percentagens de área da paisagem ocupada pelo maior fragmento da classe capoeira (**lpi**) foram as mesmas para todos os anos, pois esta classe apresenta apenas fragmentos menores que 1 ha. Por questão metodológica do software Fragstats, o **lpi** desta classe contradiz esta afirmação. Isto pode ser explicado pelo fato deste software utilizar apenas o arredondamento de 3 casas decimais, quando, para ser mais preciso, deveria utilizar maior número de casas decimais.

O número médio de fragmentos por 100 ha de paisagem (**pd**), para todas as bacias hidrográficas, teve oscilações no período, tendo seu ponto máximo no ano de 1994, decrescendo de 1994 a 1999, com tendência a igualar-se ao ano de 1984 (Tabelas 24, 25, 26 e 27).

Em termos de fundamentação teórica, a classe capoeira apresenta baixa densidade de borda (**ed**) e não apresenta áreas de interior (**area\_mn**). Certamente, devido ao fato de que os fragmentos desta classe são todos menores que 01 ha e por assumirmos um valor arbitrário de 50 m como zona de borda, conforme ilustra a **Figura 33**.

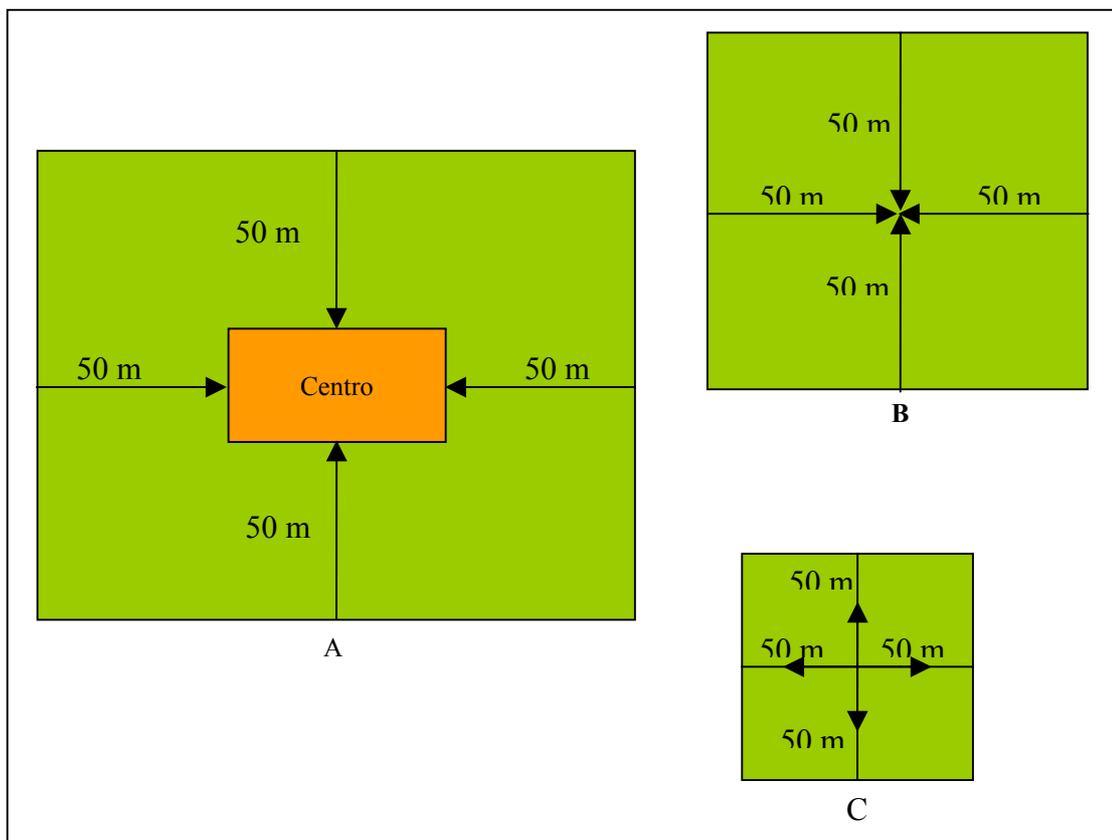


Figura 33: Ilustração da borda de um fragmento, utilizando o valor de 50 metros. A: Fragmento com área maior que 1 ha. B: Fragmento com área de 1 ha. C: Fragmento com área menor que 1 ha.

A distância média do vizinho mais próximo (**enn\_mn**) apresentou-se com valores em torno de 137 m, sendo maior que na classe mata, que foi de 122 m. Isto sugere que além do número de fragmentos, o tamanho do fragmento também influencia na distância entre os mesmos.

#### 4.2.4 Análise geral da paisagem e das classes mata e capoeira

A dinâmica do uso da terra da paisagem no período que compreende os anos de 1984, 1989, 1994 e 1999, nas cinco bacias hidrográficas, esteve diretamente ligada à classe agricultura. A presença das classes mata e a capoeira é o principal indicador da qualidade ambiental das unidades da paisagem, enquanto que a agricultura é o indicador de degradação. Em termos de percentagem de área as classes mata e capoeira tiveram uma redução total de 23,04 % e a classe agricultura aumentou em 20,8 %.

Em conseqüência da redução dos fragmentos de mata e capoeira, outros parâmetros que indicam qualidade ambiental e que estão diretamente ligados ao tamanho dos fragmentos, também foram alterados, como, por exemplo, a percentagem da paisagem ocupada por mata e capoeira, a percentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento de mata e capoeira, o número médio de fragmentos em 100 ha de paisagem, entre outros.

Uma outra conseqüência da fragmentação é o aumento no total de bordas de habitat devido à divisão de fragmentos em 2 ou mais partes e diminui. A proliferação das bordas gera um conjunto de alterações bióticas e abióticas conhecidas como “efeito de borda”. Deste modo, a persistência de uma determinada espécie em um dado fragmento também vai depender da sua tolerância ao efeito de borda, que inclui o aumento da temperatura do ar e do solo, a diminuição da umidade do ar e uma maior exposição aos ventos, levando à queda de árvores, entre outras alterações.

#### 4.2.5 Resultados da Análise de Componentes Principais (ACP)

A aplicação da Análise de Componentes Principais permitiu a exclusão dos descritores redundantes (Quadros 1, 2 e 3) e a seleção dos mais adequados para a análise da fragmentação e comprometimento da qualidade ambiental da paisagem. Elevados percentuais de explicação da ACP estão associados à existência de altos coeficientes de correlação de Pearson, entre as variáveis selecionadas. Estas correlações devem-se tanto aos padrões de elevada relevância ecológica, quanto às redundâncias decorrentes dos artifícios metodológicos na obtenção dos parâmetros gerados pelo Fragstats. Desta forma, parâmetros distintos podem apresentar altas correlações, indicando redundância. Isto ocorreu, por exemplo, para os parâmetros dependentes da área, como os dos números de fragmentos (**np**) e de áreas de interior (**ndca**), cujos valores estão diretamente relacionados com a superfície da área de cada bacia hidrográfica.

Nas PCA são ordenadas variáveis que, quando descritas em caixa alta, referem-se aos parâmetros da paisagem; enquanto que em caixa baixa, são parâmetros da classe. As variáveis dispostas próximas no gráfico, indicam correlações positivas, e variáveis dispostas no gráfico de forma antagônica mostram-se correlações negativas. A projeção das variáveis sobre os eixos CP1, CP2 e CP3, identificam a existência de um fator causador deste padrão. A variável ANO indica um padrão temporal, enquanto que a disposição agrupada das bacias hidrográficas indica um padrão espacial.

As **Figuras 34 e 35** apresentam, graficamente o resultado da aplicação da ACP nos parâmetros preliminarmente selecionados e associados aos eixos 1, 2 e 3 que foram usados para a proposição de um “gradiente de comprometimento da qualidade ambiental das bacias hidrográficas” da paisagem em estudo.

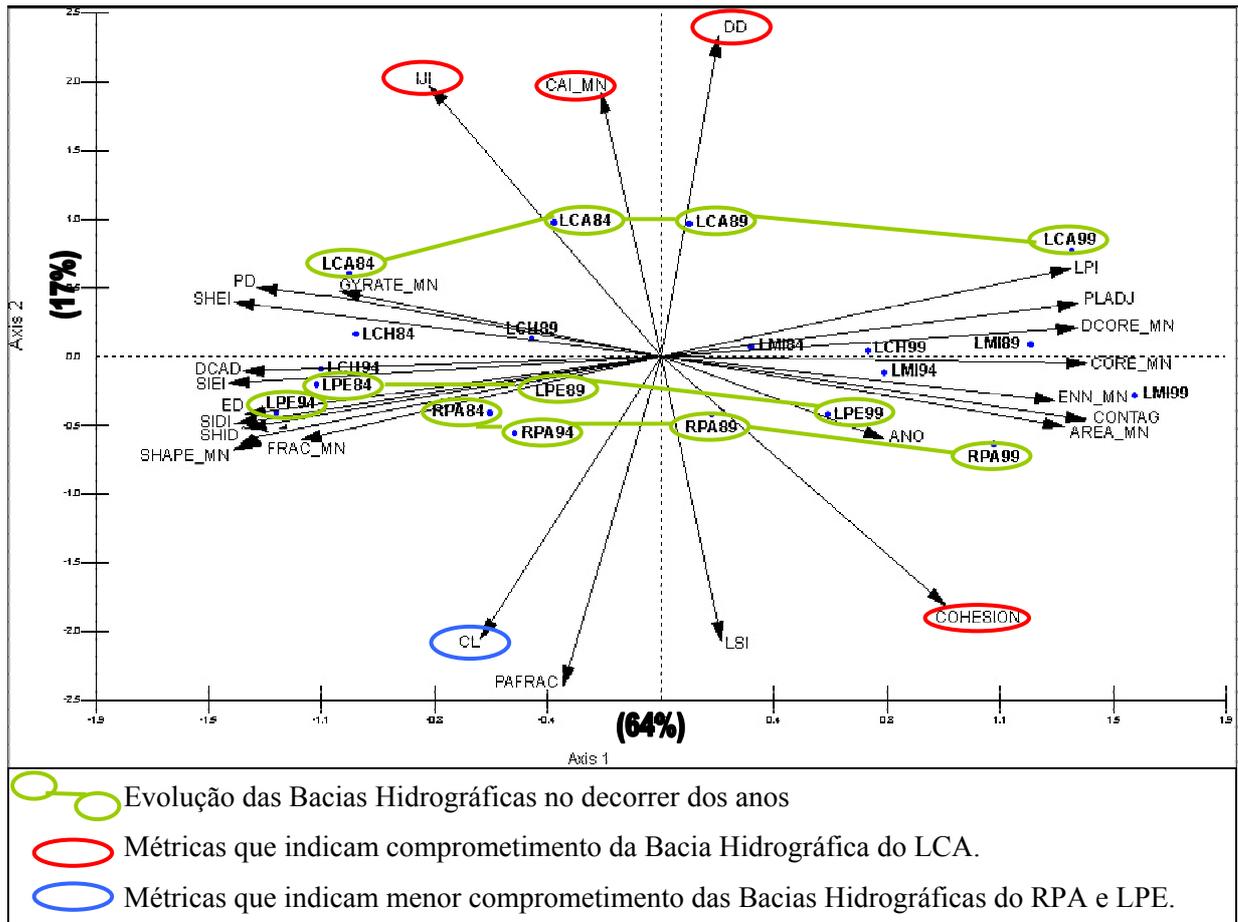


Figura 34: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo as bacias hidrográficas e as variáveis selecionadas após a primeira PCA, eliminando métricas redundantes para análise dos eixos 1 e 2.

Analisando o eixo CP1 da **Figura 34**, pode ser evidenciado um gradiente de comprometimento ambiental da paisagem com relação ao grau de fragmentação do componente vegetacional das bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica LCA, para todos os anos, encontra-se na parte superior do diagrama de dispersão, próximas à posição de alguns descritores, como **CAI\_MN** (percentual da paisagem que é interior) e **IJI** (índice de interspersão e justaposição), localizados no quadrante superior das Figuras, indica que os valores destes descritores são maiores para a bacia hidrográfica LCA, corroborando a afirmação de MISSIO *et al.*, (no prelo) de que esta unidade da paisagem tem maior comprometimento ambiental. No entanto, deve ser considerado que a elevação do **CAI\_MN**, quando aplicado para a paisagem (ou para a bacia hidrográfica) altamente ocupada por áreas agrícolas, indica um provável crescimento de tais áreas, com conseqüente comprometimento

ambiental. O crescimento do **IJI** indica o provável desaparecimento de pequenas manchas (provavelmente capoeiras) e implica numa diminuição da porosidade (número de poros de áreas naturais por hectare) e num aumento da coesão das manchas (**COHESION**) de áreas agrícolas. O comprometimento ambiental desta bacia hidrográfica também está, provavelmente associado à sua melhor condição topográfica (menor clinografia), como indica a posição da variável **CL**. A posição das bacias hidrográficas do Rio Pardo e do Lajeado Perau, nos quadrantes inferiores da **Figura 34**, indica que estas unidades são menos comprometidas que a unidade Lajeado Castelinho, como sugerido por *MISSIO et al.*, (no prelo), que realizaram o diagnóstico ambiental apenas para o ano de 1999. A provável causa deste menor comprometimento é a maior clinografia desta bacia. O descritor **CL** também está no quadrante inferior da **Figura 34**.

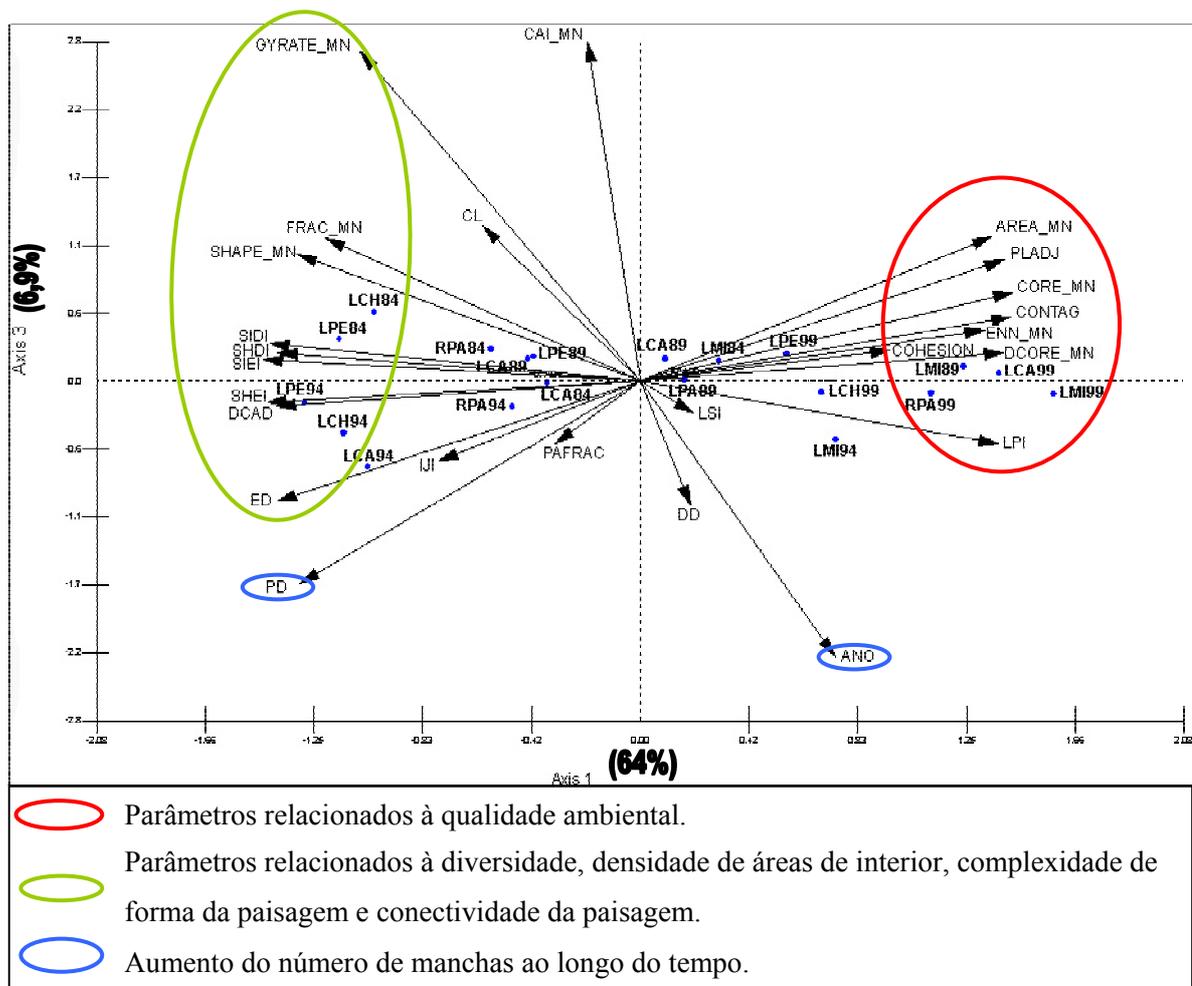


Figura 35: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo variáveis selecionadas após a análise da redundância para os eixos 1 e 3.

A projeção das bacias hidrográficas sobre o eixo CP1 (**Figura 35**) permitiu identificar um gradiente de comprometimento da qualidade ambiental das mesmas ao longo do tempo. Os parâmetros relacionados à qualidade ambiental encontram-se agrupados no quadrante direito da PCA (**LPI, PLADJ, DCORE\_MN, CORE\_MN, ENN\_MN, CONTAG, ÁREA\_MN**). No quadrante esquerdo estão agrupados os parâmetros relacionados à diversidade (**SHEI, SIEI, SHDI, SIDI, PD**), descritores da densidade de áreas de interior (**DCAD**), parâmetros descritores da maior complexidade de forma da paisagem (**ED, SHAPE\_MN, FRAC\_MN**) e parâmetros que indicam uma maior conectividade da paisagem pela existência de manchas alongadas ou corredores (**GYRATE\_MN**). O posicionamento da variável **ANO**, dentro deste gradiente, indica uma diminuição gradativa da qualidade ambiental ao longo do tempo, uma vez que esta variável se encontra no quadrante inferior direito do diagrama de dispersão e apresenta uma correlação significativa com o eixo x (Componente Principal 1). No entanto, sua correlação com o primeiro componente não é tão forte quanto para outras variáveis, isto é, não se encontra muito distante do eixo y, indicando que a variação temporal da paisagem não é tão forte, supostamente em decorrência da limitada escala temporal adotada (15 anos). Estudos anteriores, relatando a dinâmica da mudança nos usos da terra, apenas pela área ocupada por cada bacia hidrográfica, não mostraram haver diferenças no uso da terra numa escala temporal de 15 anos (TONIAL *et al.* 2000; MISSIO, *et al.*, 2000)

Desta forma, há evidências de uma alteração temporal na paisagem, a qual reflete uma diminuição da diversidade de habitat, provavelmente pela expansão da agricultura e das pastagens, uma progressiva perda de corredores de áreas naturais, semi-naturais ou antrópicas (diminuição do **GYRATE\_MN**) e uma menor complexidade das formas das manchas (diminuição do **SHAPE\_MN**), supostamente pela fusão de manchas de mesmo tipo ou pelo desaparecimento de algumas manchas (desmatamento ou perda de pequenas capoeiras para a agricultura, por exemplo).

Este gradiente também pode ser evidenciado no eixo 3 da **Figura 35**. Contudo, ao contrário do que ocorre para o eixo 1, a relação entre o tempo (**ANO**) e a densidade de manchas (**PD**) é direta (ambas as variáveis estão nos quadrantes inferiores da **Figura 35**). Neste caso, a alteração ao longo do tempo, expressa-se pelo aumento no número de manchas,

que não significa, necessariamente, uma elevação da qualidade do habitat. Contudo, tanto no eixo 1 quanto no eixo 3, a variável **CAI\_MN** encontra-se oposta à variável **ANO**, reforçando a hipótese da perda de áreas interiores, sejam de áreas naturais, semi-naturais ou antrópicas. A dinâmica caracterizada pelo aumento do **PD** e diminuição do **GYRATE\_MN** no eixo 3 pode ser explicada pelo seccionamento de corredores, que implica na perda da forma de um corredor, o qual passa a ser representado por dois corredores (dois poros), cujos comprimentos são menores que o do corredor original

A projeção das bacias hidrográficas sobre o eixo CP1, para a análise da classe mata (**Figuras 36 e 37**), demonstra um gradiente de comprometimento ambiental ao longo do espaço. Alguns parâmetros da PCA demonstram que as bacias hidrográficas estão distribuídas num gradiente espacial de comprometimento, em que a bacia hidrográfica do Lajeado Perau (LPE), no quadrante esquerdo do eixo 1, demonstra um menor e a do Lajeado Castelinho (LCA), no quadrante direito do eixo 1, um maior grau de comprometimento ambiental ao longo do tempo (**Figura 36**). O menor comprometimento é manifestado pelas variáveis **area\_mn**, **core\_mn**, **gyrate\_mn**, **cohesion** que se encontram no quadrante esquerdo da **Figura 36** e, principalmente, pela variável **enn\_mn** (distância do fragmento de mata mais próximo), uma vez que o aumento desta variável indica uma diminuição da porosidade da paisagem e uma provável redução da área florestada.

Um gradiente de comprometimento ambiental para as bacias hidrográficas com relação à classe mata, ao longo do tempo (**ANO**), pode ser observado na **Figura 36**, em função do aumento da complexidade da forma ou alongamento das manchas (**shape\_mn**, **frac\_mn**, **pafrac**), ao mesmo tempo em que diminui o número de fragmentos de mata (**pd**), a área total de mata ocupada na paisagem (**pland**), o percentual de áreas centrais na paisagem (**cpland**), a interspersão e justaposição (**iji**), o contágio (**contag**), o percentual ocupado pela paisagem pelo maior fragmento (**lpi**), a densidade de áreas centrais (**dcad**), o índice de áreas centrais (**cai\_mn**) e o percentual de adjacências falsas (**like adjacences – pladj**).

O eixo CP3 (**Figura 37**) caracteriza um padrão de oscilação (variação transitória) no comprometimento ambiental das bacias hidrográficas com relação à classe mata, ao longo do tempo (**ANO**). As variáveis que demonstram a ocorrência de uma variação, ao longo do tempo (**pland**, **ed**, **cai\_mn**, **dcad**, **pd**), estão opostas às outras variáveis (**dcore\_mn**, **contag**, **lsi**, **iji**, **enn\_mn**).



A projeção das bacias hidrográficas sobre os eixos 1 e 2 (**Figura 38**) e sobre os eixos 1 e 3 (**Figura 39**) demonstra o gradiente de comprometimento ambiental, ao longo do tempo (ANO), para a classe capoeira. No eixo CP1 (**Figura 38**), pode ser observada a variável ANO, no quadrante esquerdo, oposta ao índice de forma médio das manchas de capoeira (**shape\_mn**), à dimensão fractal média (**frac\_mn**), à área média dos fragmentos (**área\_mn**), à coesão (**cohesion**), ao contágio (**contag**) e ao raio de revolução (**gyrate\_mn**). As variáveis relativas às áreas centrais estão concentradas na região central do diagrama, uma vez que não há áreas centrais nas capoeiras.

A distribuição das variáveis no eixo CP2 (**Figura 38**) e no eixo CP3 (**Figura 39**) apresentam padrões indeterminados, sem relação com o tempo e com o espaço. Demonstram muito mais um comportamento indeterminado e devem ser melhor explorados em termos da busca de uma melhor explicação.

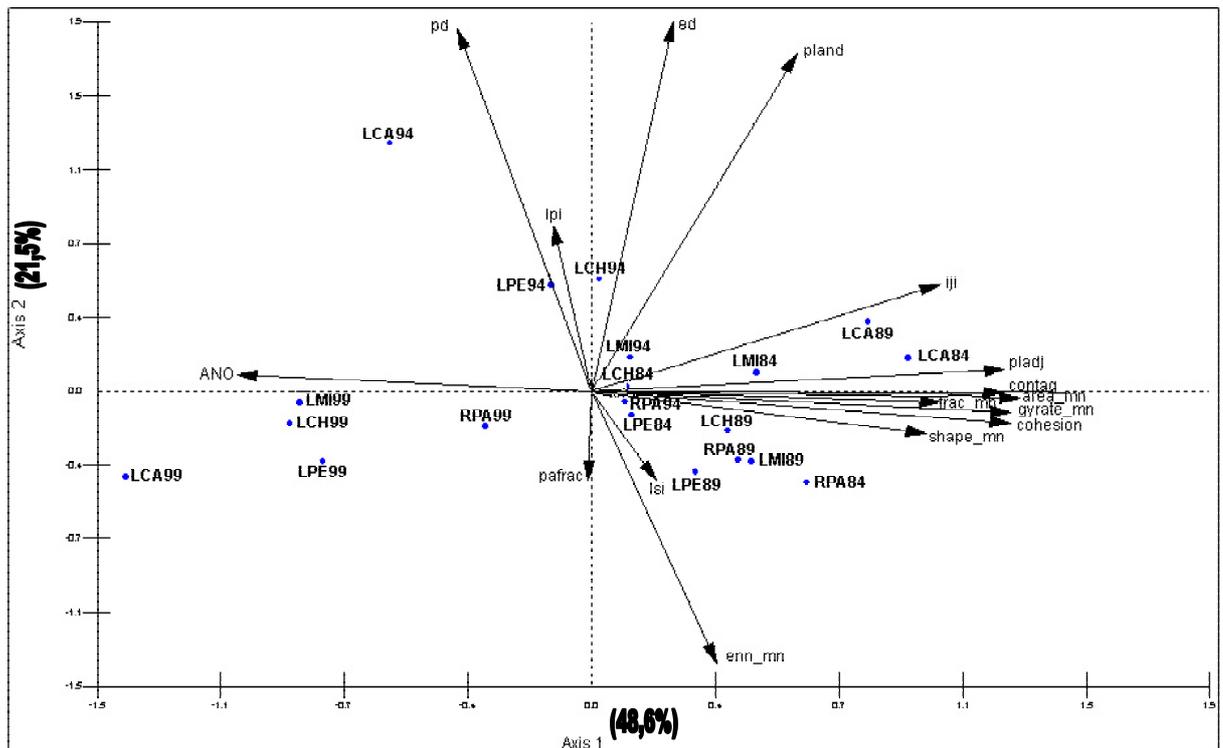


Figura 38: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da classe capoeira da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo variáveis selecionadas após a análise da redundância para os eixos 1 e 2.

Diferente do observado para a classe mata, não há evidências de um gradiente espacial para a classe capoeira (**Figura 38**). Ao mesmo tempo, o gradiente temporal, encontrado para a classe capoeira, não é representado pelas mesmas variáveis do gradiente temporal para a classe mata. Por exemplo, para capoeira, a área média dos fragmentos (**area\_mn**) (**Figuras 38 e 39**) apresenta uma variação nítida ao longo do tempo, enquanto que a área média dos fragmentos da classe mata (**Figuras 36 e 37**) mostra-se constante ao longo do tempo. Provavelmente, esta diferença está relacionada tanto aos aspectos da configuração diferencial destas duas classes, quanto à dinâmica da paisagem estabelecida por aspectos socioeconômicos e por fenômenos locais ou globais, indiretamente relacionados ao manejo do solo. Estes aspectos podem estar relacionados ao estabelecimento de técnicas de plantio direto, flutuações nas safras e nas cotações de mercados, etc.

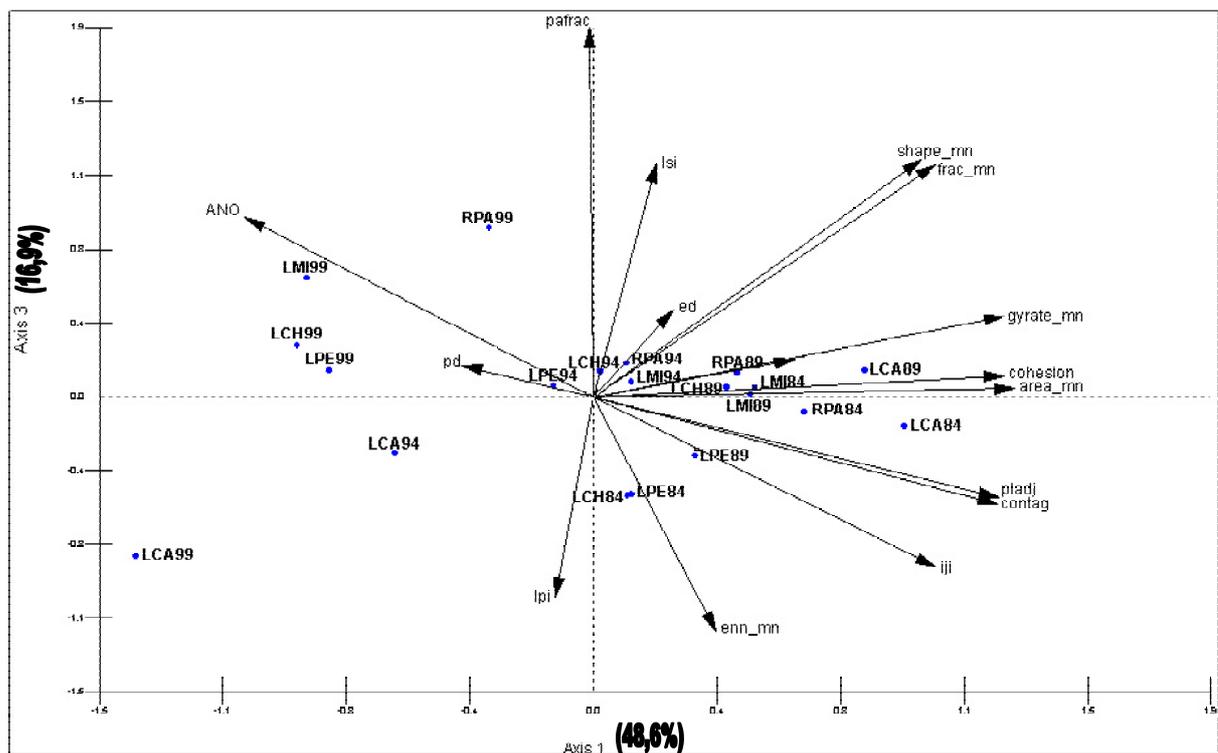


Figura 39: Análise de Componentes Principais (ACP) realizada com base nos descritores da classe capoeira da paisagem, gerados pelo uso do Fragstats e do Idrisi, envolvendo variáveis selecionadas após a análise da redundância para os eixos 1 e 3.

#### 4.2.6 Análise do Comprometimento Ambiental das Bacias Hidrográficas

A análise comparativa do comprometimento da qualidade ambiental em função da fragmentação e da perda de áreas naturais das bacias hidrográficas delimitadas na paisagem da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, com base nos parâmetros obtidos pelo Fragstats (**p<sub>land</sub>**, **p<sub>d</sub>**, **ar-mn**, **c<sub>pland</sub>**, **cai-amn** e **enn-mn**), permite considerar que a bacia hidrográfica do Lajeado Perau (LPE) é a que apresenta melhor qualidade ambiental, em termos de contemplar a segunda maior percentagem da paisagem ocupada por mata, o segundo maior tamanho médio dos fragmentos, o segundo maior número de fragmentos por 100 ha, a segunda maior percentagem da classe mata que é área de interior, a maior percentagem da paisagem ocupada por área de interior e a menor distância média com o vizinho mais próximo. As bacias hidrográficas do Lajeado Castelinho (LCA) e do Lajeado Mico (LMI) são as mais comprometidas quando considerados os mesmos parâmetros (**Figura 40**).

Desta forma, pode ser configurado um “gradiente de escala de utilização do solo”, maior para a bacia hidrográfica LMI em função de apresentar a maior área, o maior tamanho médio das manchas e a menor equitabilidade dos tipos de cobertura do solo. Por outro lado, menor para as bacias hidrográficas LPE, LCH e LCA com áreas menores, menores tamanhos médios das manchas e a maior equitabilidade dos tipos de cobertura do solo. Essas variações na escala de utilização da paisagem podem ser explicadas pela dinâmica do uso da terra ao longo do tempo, condicionado pela acentuada declividade (**CL**) das bacias hidrográficas LPE, LCH e LCA, em oposição à LMI, que apresenta condições de terreno relativamente planas. Nas bacias hidrográficas LPE, LCH e LCA as propriedades têm áreas menores e o uso agrícola está associado a mais de uma mancha. Na bacia hidrográfica LMI, as propriedades, geralmente, apresentam uma única área de cultivo, de maior tamanho e muitas vezes, contínua com as propriedades agrícolas de áreas adjacentes.

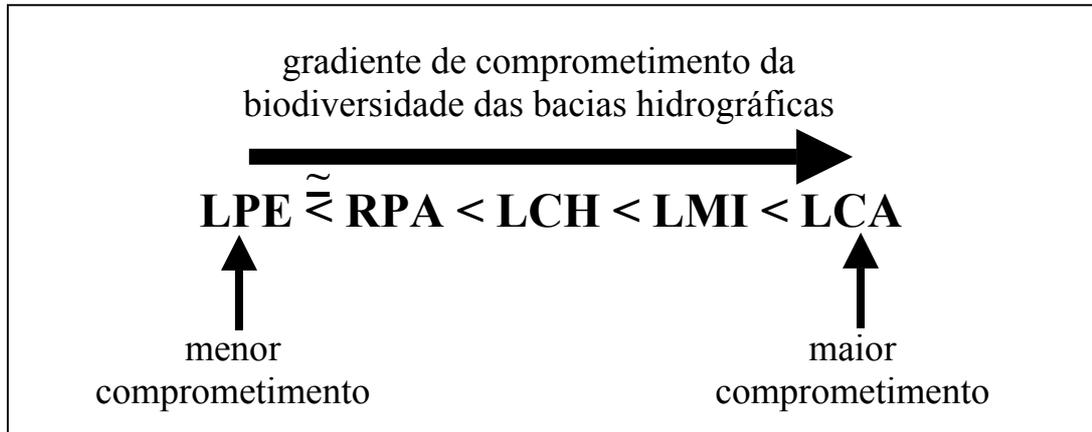


Figura 40: Gradiente do comprometimento da qualidade ambiental das bacias hidrográficas do Lajeado Perau (LPE), Rio Pardo (RPA), Lajeado Chiquinha (LCH), Lajeado Mico (LMI) e Lajeado Castelinho (LCA), delimitadas na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, em termos do tipo de uso da terra e do grau de fragmentação da classe de uso mata. Org. TONIAL, T. M. (2002).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo explorou aspectos relativos à caracterização e ao diagnóstico ambiental de cinco bacias hidrográficas, delimitadas na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. A caracterização ambiental, utilizando técnicas de geoprocessamento, mostrou-se fundamental para a compreensão da paisagem em estudo, permitindo inferir suas dimensões temporais, estruturais, funcionais e legais.

A destruição florestal da paisagem intensificou-se nos últimos três decênios, restando na mesma apenas pequenos fragmentos, com diferentes intensidades de degradação e sob diferentes estádios sucessionais. Os remanescentes florestais desta tipologia no Estado, são, portanto, formações secundárias e encontram-se em terrenos com alguma limitação ao uso agrícola e, algumas vezes, como “mata ciliar”.

A análise do uso da terra revela que, considerando tanto a totalidade da área de estudo como as bacias hidrográficas, não ocorrem alterações temporais significativas entre os anos de 1984 a 1999, porém, a qualidade ambiental certamente sofreu alterações. Fica evidente que o maior comprometimento da qualidade ambiental da paisagem é anterior a 1984, considerando que em 1984 só restavam na paisagem ao redor de 20% de áreas de mata. De qualquer modo, os processos naturais e aqueles induzidos por atividades antrópicas continuam a agir sobre a paisagem, com provável comprometimento de sua qualidade ambiental e sustentabilidade. Contudo, estes processos não foram perceptíveis diante das técnicas de análise e escalas temporais adotadas.

Outras técnicas de análise da paisagem foram utilizadas para permitir um diagnóstico ambiental do cenário atual. A aplicação do Software Fragstats gerou uma grande quantidade de parâmetros relativos à paisagem e à classe mata, enquanto o Software MVSP, pela Análise de Componentes Principais (ACP) permitiu avaliar as redundâncias nos parâmetros estudados, além da identificação daqueles com significado ecológico mais adequado para fins de caracterização estrutural da paisagem na perspectiva do diagnóstico ambiental pretendido. Assim, tornou-se viável a identificação de um gradiente espacial de comprometimento ambiental entre as cinco bacias estudadas.

A análise combinada de elementos descritores da configuração espacial e temporal permite diagnosticar padrões e processos na paisagem e nas classes de uso da terra, os quais não podem ser devidamente explorados pela simples análise da mudança do uso da terra por consulta direta aos bancos de dados, os quais fornecem apenas valores de área (hectares, por exemplo).

Informações de áreas ocupadas por diferentes usos da terra não expressam, apropriadamente, muitos processos que ocorrem na paisagem. A configuração da paisagem ou das classes de uso da terra pode ser descrita por indicadores que têm pouca relação com a abundância de determinado tipo de uso da terra. O desaparecimento de pequenas manchas de capoeira ou mata numa paisagem não afeta, substancialmente, as áreas, contudo, pode influenciar a porosidade, a coesão e o contágio para determinados usos da terra, com provável efeito sobre a estrutura e função de diferentes grupos animais e vegetais.

A abertura de novas estradas com o seccionamento de fragmentos de áreas naturais, embora não implique em grandes alterações da área, afeta diretamente a conectividade da paisagem, a forma dos fragmentos e pode afetar, em diferentes graus, a função do corredor biológico para muitos grupos animais.

Os dados utilizados mostraram a existência de padrões considerados “indeterminados”, pois não foi possível identificar as reais ou prováveis causas de sua ocorrência nas variáveis estudadas. Há a possibilidade de tais padrões serem realmente estocásticos e provocados por eventos climáticos ou sócio-econômicos em escala local ou global, fatores que não foram aqui explorados. Também há a possibilidade de que tais padrões “indeterminados” sejam mais compreendidos pela incorporação (no futuro) de outras informações que oriente a análise conjunta da dinâmica agropecuária regional e fatores diretamente relacionados com a sócioeconomia, a dinâmica de mercado, os fluxos migratórios rurais, etc.

A utilização de análise multivariada, associada aos SIGs, mostrou-se importante na análise ambiental de áreas com padrões geográficos e de usos da terra complexos, como na região de minifúndios do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

A expansão das atividades sócioeconômicas tem sido o principal responsável pela modificação e/ou destruição de uma série de habitat. Em escala global, a retirada da vegetação

natural, seja para a exploração de madeira ou para o uso da terra, tem atingido níveis alarmantes. Atualmente, restam apenas pequenos fragmentos remanescentes, cada vez mais isolados uns dos outros, distribuídos em uma paisagem em mosaico criada pelo homem, pelo do processo de fragmentação de habitat.

Embora a exploração econômica dos recursos naturais deva combinar, de maneira racional, o desenvolvimento e as práticas de conservação para resguardar a qualidade ambiental da paisagem local ou regional, há poucas diretrizes técnicas e éticas para um consenso em estabelecer qual a melhor política para enfrentar os problemas ambientais resultantes do padrão espacial do uso da terra. Provavelmente, os principais motivos são a insuficiência do conhecimento ecológico e do sistema ambiental de interesse, a magnitude e a rapidez das alterações ambientais resultantes das atividades humanas associadas ao uso da terra e, sobretudo, o nível de compreensão e percepção da sociedade com relação à problemática ambiental e às atividades produtoras regionais.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARD, F.; EVA, H.D.; STIBIG, H.J.; MAYAUX, P.; GALLEGO, J.; RICHARDS, T. & MALINGREAU, J.P. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, 297: p. 999 - 1002, 2002.

ADOBE PHOTOSHOP 5.0: **Guia do Usuário**. s.l.: Adobe Systems Incorporated, 1999.

ANDERSON, Jr., *et al.* **Sistema de Classificação do Uso da Terra e do Revestimento do Solo para Utilização de Sensores Remotos**. Boletim Técnico, Rio de Janeiro, IBGE, Suplemento, 1976.

ARGENTO, M. S. F. & CRUZ, C. B. M. **Mapeamento Geomorfológico**. in: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J.T. (organizadores) **Geomorfologia – Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Ed. Bertrand Brasil AS, Rio de Janeiro, 1996, p. 239-249.

BALMFORD, A. *et al.* **Economic Reasons for Conserving Wild Nature**. *Science*, 297: p. 950 – 953, 2002.

BAKER, W. L.; CAI, Y., **The role programs for multiscale analysis of landscape structure using the GRASS geographical information system**, in *Landscape Ecology*, vol. 7, nº 4, 1992, pp. 291 – 302.

BRASIL. Ministério da Agricultura - Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária e Divisão de Pesquisa Pedológica - DNPEA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Boletim técnico nº 30, Recife, 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura - Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária e Divisão de Pesquisa Pedológica - DNPEA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Mapa Escala 1:750.000, 1970.

BRASIL, Estado do Rio Grande do Sul. **Código Florestal Estadual (Lei 9.519)**. 21/01/1992. Disponível em: <[http://www.girazul.com.br/leis/lei\\_9519.htm](http://www.girazul.com.br/leis/lei_9519.htm)>. Acesso em 21 mar. 2003.

BRUM, A. L. **Perfil Agropecuário da Região do COREDE do Médio Alto Uruguai**. Frederico Westphalen: URI. 1999.

BRUNI, A. L., **Técnicas de Análises Multivariadas**, USP, São Paulo, 1998.

COSTA, S. de S. M. da. **Caracterização ambiental da reserva extrativista Chico Mendes (Acre – Brasil): Subsídio ao plano de manejo**. 2000. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

DE GROOT, R. S. *Functions of Nature*. Wolters-Noordhoff, **Amsterdam**, 315p., 1992.

DNAEE-EESC. **Bacia experimental Rio Jacaré-Guaçu**. São Carlos, EESC-USP 114p. 1980.

DOBSON, A P; Bradshaw, A D & Baker, A J M. Hopes for the future: Restoration Ecology and Conservation Biology. **Science**, 277: p. 515 – 522, 1997.

DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro). Cartas Topográficas. Porto Alegre: DSG, 1979. Folhas: Palmitinho MI-2885/2; Iraí MI-2885/1; Itapiranga MI-2884/2; Planalto MI-2885/4; Frederico Westphalen MI-2885/3; Palmitinho MI-2884/4; Jaboticaba MI-2900/1 e Liberato Salzano MI-2900/2.

EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows: Introdução e exercícios tutoriais**. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack & Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS. Centro de Recursos Idrisi, 1998.

EMBRAPA. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3 ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 65 p., 1995.

EMBRAPA. **Clima do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/agromet/cli\\_pf8.html](http://www.cnpt.embrapa.br/agromet/cli_pf8.html)> Acesso em: 21 mar. 2003.

FERRAZ, F. F. B. **Sistemas de Informações Geográficas Aplicado ao Planejamento de Bacias Hidrográficas**. Curso sobre recursos hídricos: Produção, conservação e recuperação. Instituto Florestal SP, 1999.

FORMAN, R. T.T. & GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley &B Sons.619 p, 1986.

Fundação SOS Mata Atlântica. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período de 1990 – 1995**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, 1998, 55p.

GUSTAFSON, J. E. Quantifying landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art?. **Ecosystems** **1**, p. 143-156, 1998.

HAGAN, J.E.; EASTMAN, J.R.; AUBLE, J. **CartaLinx the Spatial Data Builder User's Guide**. Clark University, 1998.

IBGE, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Geografia do Brasil – Região Sul**. Rio de Janeiro, v.2. 1990, 419p.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. **Conseqüências Genéticas da Fragmentação Sobre População de Espécies Arbóreas**. Série Técnica IPEF, vol. 12, nº 32, 1998, p. 65-70.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**. Itajaí, v.30, 1978, p. 28-80.

KLEIN, R. M. Árvores Nativas da Floresta Subtropical do Alto Uruguai. **Sellowia**, Itajaí, v. 24 p09-62, 1972.

LIMA, R. N. ; CARVALHO, F. & SANTOS, J. E. Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Una. Guarapari, ES. **Anais...** do VIII Seminário de Ecologia, v.VII, p. 609 – 620. 1998.

MANZATTO, H.R.H., et al. **Diagnóstico Ambiental como Subsídio ao Desenvolvimento Sustentável para Produção Rural em Comunidades das Microbacias Hidrográficas no Estado do Rio De Janeiro**. Embrapa do solo, Rio de Janeiro, nº 8, dezembro 1998, p.1-4

MAPINFO PROFESSIONAL: **Guia do Usuário**. New York: MapInfo Corporation, 1998.

MATSON, P A ; Parton, W J; Power, A G & Swift M J. **Agricultural intensification and ecosystem properties**. Science 277: 504 – 509, 1997.

McGARIGAL, K. & MARKS, B.J. **Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying lanscape structure Version 2.0**. U.S. Forest Science Departament, Oregon State University, Corvallis, 1994. 148 p.

McGARIGAL, K. & MARKS, B.J. **Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying lanscape structure**. U.S. Forest Service General Technical Report PNW: 351. Portland, OR USA, 1995.

MISSIO, E.; TONIAL, T. M.; PIRES, J. S .R.; SANTOS, J. E.; HENKE-OLIVEIRA, C.; RUBERT, C.; MOSCHINI, L. E. **Caracterização Ambiental de Unidades da Paisagem da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**. In: I FÓRUM DE DEBATES SOBRE ECOLOGIA DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. Sociedade Brasileira de Ecologia. Rio Claro, SP. 2000.

MISSIO, E, TONIAL; T. M.; SANTOS, J. E; PIRES, J. S .R.;HENKE-OLIVEIRA & ZANG, N. **Caracterização e Diagnóstico Ambiental de Unidades da Paisagem para o Manejo de Bacias Hidrográficas. Caso de Estudo: Bacias da Região Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul**, (no prelo)

O’SULLIVAN, P. E. - The Ecosystem - Watershed Concept in the environmental Sciences – A Review. **Journal of Environmental Studies**. Vol. 13, 1981, p. 273 – 281.

PACHÊCO, A . P.; RIBAS, N. S. **Sensoriamento Remoto Aplicado ao Uso da Terra**. Revista da Comissão Brasileira de Geodésia. Geodésia online, 4-[ISSN 1415-1111], 1998.

PIRES, A.M Z. C. R; SANTOS, J. E. & PIRES, J. S. R. **Elaboração de um Banco de Dados Digitais Georeferenciados para a caracterização ambiental de uma unidade de conservação**. In: VIII SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, São Carlos, 1998. **Anais...** São Carlos, 1998.p.585-598.

PIRES, José Salatiel Rodrigues ; SANTOS, Jóse Eduardo dos. **Bacias Hidrográficas: Integração entre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. **Ciência Hoje**, v. 19, n. 110, p.40-45, 1995.

PIRES, J. S. R. **Análise Ambiental Voltada ao Planejamento e Gerenciamento do Ambiente Rural: Abordagem Metodológica Aplicada ao Município de Luiz Antônio – SP.** 1995.192 p Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, SP.

PIROLI, E. L.; RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S.; SANTOS, T. G. dos. SIG para Análise do Uso da Terra na Região de Barra Bonita - SP. In: CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL DO CONESUL. SANTA MARIA, 1999. **Anais...** pg.53-59.

ROSA, R. O Uso de Sistemas de Informação Geográfica para Estimativa de Perdas de Solo por Erosão Laminar. In: **Anais...** VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA, Vol II. Goiânia, 1995. pg. 262-265.

RUSCHEL, A .R. **Avaliação e Valoração das Espécies Madeiráveis da Floresta Estacional Decidual do Alto Uruguai.** 2000, 116p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

SANTOS, A. P., NOVO, E. M. & LOMBARDO, M. A. Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações no Uso da terra. In: **Anais** do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, SP.7: 172-175, 1981.

SANTOS, J. E. *et al.* The value of the Ecological Station of Jatai's ecosystem services and natural capital. **Revista Brasileira de Biologia**, 61(2): 171 – 190, 2001.

SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul). Departamento de Florestas e áreas Protegidas -DFAP. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, RS. 2001. p.14.

TISCHENDORF, L. Can landscape indices predict ecological processes consistently Netherlands. **Landscape Ecology**, 16:235-254, 2001

TONIAL, T. M.; MISSIO, E.; SANTOS, J. E; PIRES, J. S .R.; .HENKE-OLIVEIRA, C.; RITTERBUCH, M.; ZANG, N.; MOSCHINI, L. **Uso e Ocupação do Solo de Unidades da Paisagem da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.** In: I FÓRUM DE

DEBATES SOBRE ECOLOGIA DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL. Sociedade Brasileira de Ecologia. Rio Claro, SP. 2000.

VIANA, V. M. Biologia e Manejo de Fragmentos de Florestas Naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990. SBS/SBEF, Campos do Jordão, SP. **Anais ...** 1990.

VIANA, V. M. TABANEZ, A. J. A. & MARTINEZ, J. L. A., 1992. Restauração e Manejo de Fragmentos Florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIA NATIVA – INSTITUTO FLORESTAL, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 400 – 406.

VIANA, V.M.; Tabanez, Aaj & Batista, Jlf. **Dynamics and restoration of Forest fragments in Brazil's Atlantic Coastal Forests.** in: GREENBERG, R & SCHELLAS, J (EDS), FOREST REMNANTS IN THE TROPICAL LANDSCAPE. Island Press, Washington DC, EUA,1997.

VIANA, M.Virgílio; PINHEIRO, Leandro A F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais.** Série Técnica IPEF v.12 no. 32, p25-42, dez. 1998.

VILLOTTA, H. **Geomorfologia aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras.** Santa Fé de Bogotá: Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”, 1991.

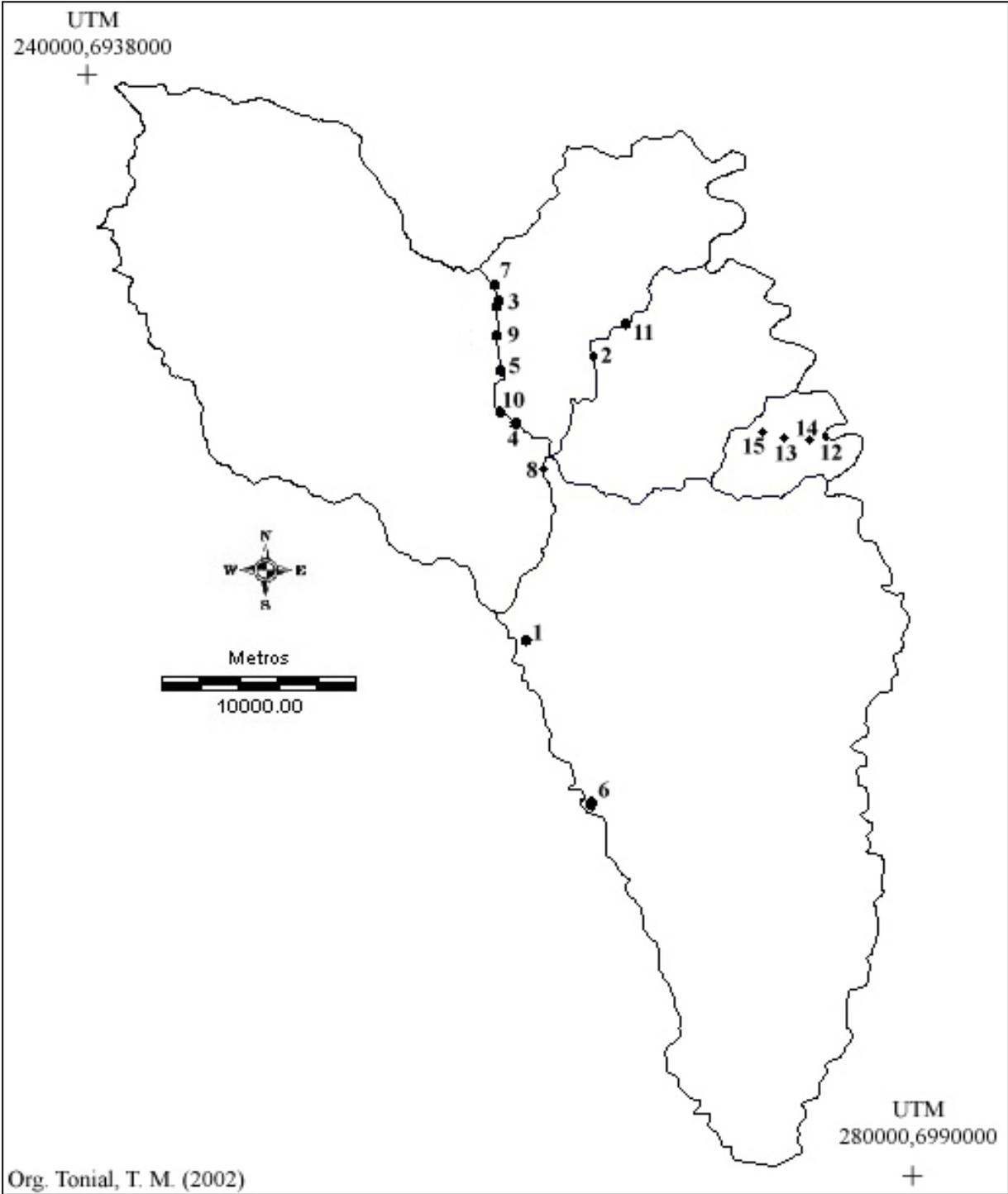
VOLOTÃO, C.F. de SÁ. **Trabalho de análise espacial: Métricas do Fragstats.** INPE, São José dos Campos, São Paulo – SP, 1998.

VITOUSEK, P.M.; Mooney, H.A; Lubchenko, J. & Melillo, J.M. **Human domination of Earths Ecosystems.** Science, 277: 494-499, 1997.

## **ANEXOS**

- Anexo I – Mapa com os pontos dos locais onde foram feitas fotografias para a elaboração das ilustrações gráficas descritas no texto 91
- Anexo II – Variáveis calculadas pelo Fragstats referentes à paisagem e para as classes mata e capoeira para os anos de 1984, 1989, 1994 e 1999. 93

**Anexo I – Mapa com os pontos dos locais onde foram feitas fotografias para a elaboração das ilustrações gráficas descritas no texto**



**Anexo II – Variáveis calculadas pelo Fragstats referentes à paisagem e para as classes mata e capoeira para os anos de 1984, 1989, 1994 e 1999.**

**Quadro 1. Parâmetros gerados pelo Fragstats, referentes a condição de uso da terra para a área total da paisagem nos anos de 1984, 1989, 1994 e 1999.**

MICROBACIA	LCA84	LCA89	LCA94	LCA99	LCH84	LCH89	LCH94	LCH99	LMI84	LMI89	LMI94	LMI99	RPA84	RPA89	RPA94	RPA99	LPE84	LPE89	LPE94	LPE99
ANO	84	89	94	99	84	89	94	99	84	89	94	99	84	89	94	99	84	89	94	99
A	2349	2349	2349	2349	8360	8360	8360	8360	39497	39497	39497	39497	29381	29381	29381	29381	9415	9415	9415	9415
CL	21.54	21.54	21.54	21.54	24.16	24.16	24.16	24.16	21.9	21.9	21.9	21.9	24.89	24.89	24.89	24.89	25.54	25.54	25.54	25.54
DD	16.19	16.19	16.19	16.19	15.02	15.02	15.02	15.02	14.08	14.08	14.08	14.08	12.68	12.68	12.68	12.68	11.51	11.51	11.51	11.51
NP	742	654	913	532	2467	2438	2981	1993	10453	9219	10939	8189	8307	7970	8774	6428	2970	2740	3278	2165
PD	31.594	27.847	38.875	22.652	29.518	29.171	35.668	23.847	26.474	23.348	27.704	20.74	28.281	27.134	29.871	21.884	31.556	29.112	34.828	23.003
TE	301200	279450	380580	241260	1199880	1131600	1323720	974580	4807740	4093080	4714560	4096080	4179240	3779700	4331670	3361680	1411140	1262190	1527030	1132320
LSI	17.061	15.939	21.156	13.969	34.36	32.492	37.746	28.198	62.145	53.154	60.97	53.192	62.525	56.697	64.749	50.599	38.134	34.296	41.121	30.949
LPI	64.181	68.902	60.456	75.685	51.062	60.749	50.369	68.749	65.565	73.227	70.48	74.521	55.798	66.321	57.09	71.529	47.188	56.618	47.098	67.871
AREA_MN	3.165	3.591	2.572	4.415	3.388	3.428	2.804	4.193	3.777	4.283	3.61	4.822	3.536	3.685	3.348	4.569	3.169	3.435	2.871	4.347
GYRATE_MN	39.535	40.598	38.113	38.462	43.047	40.184	38.85	36.748	38.757	37.2	35.65	35.922	40.465	38.28	39.314	36.247	41.231	40.449	40.383	38.927
PAFRAC	1.402	1.4	1.403	1.4	1.405	1.404	1.406	1.404	1.402	1.402	1.404	1.406	1.405	1.405	1.406	1.407	1.405	1.404	1.406	1.406
PARATIO_MN	998.51	968.921	982.44	997.425	969.35	976.593	993	1016.9	969.96	974.18	996.7	1029	974.932	987.1	989.43	1024.13	984.191	987.49	986.98	1014.8
SHAPE_MN	1.338	1.341	1.364	1.316	1.392	1.361	1.365	1.319	1.344	1.322	1.318	1.32	1.377	1.353	1.367	1.326	1.377	1.348	1.378	1.345
FRAC_MN	1.049	1.05	1.051	1.045	1.054	1.052	1.052	1.046	1.051	1.049	1.048	1.047	1.053	1.052	1.051	1.048	1.053	1.05	1.052	1.049
TCA	696.51	762.48	445.41	898.56	2123.2	2357.1	1789.9	2813.1	13301	16293	14037	15717	7735.68	9169	7482.3	10055.5	2046.6	2519.5	1733.9	3006.8
NDCA	168	156	201	112	656	573	683	542	2309	1820	2130	1815	2139	1856	2059	1674	825	720	867	596
DCAD	7.153	6.642	8.558	4.769	7.849	6.856	8.172	6.485	5.848	4.609	5.395	4.597	7.282	6.319	7.01	5.699	8.766	7.65	9.212	6.332
CORE_MN	0.939	1.166	0.488	1.689	0.861	0.967	0.6	1.412	1.272	1.767	1.283	1.919	0.931	1.15	0.853	1.564	0.689	0.92	0.529	1.389
DCORE_MN	4.146	4.888	2.216	8.023	3.237	4.114	2.621	5.19	5.76	8.952	6.59	8.66	3.616	4.94	3.634	6.007	2.481	3.499	2	5.045
CAI_MN	0.867	0.886	0.616	0.828	0.932	0.784	0.576	0.752	0.676	0.639	0.464	0.586	0.631	0.517	0.484	0.525	0.776	0.689	0.586	0.701
ENN_MN	113.144	109.809	105.55	130.755	103.96	106.538	98.308	118.09	114.18	124.39	114.9	130.92	108.404	115.8	107.83	132.667	107.865	114.2	105.55	129.44
CONTAG	50.792	54.609	46.318	61.42	50.534	53.08	48.444	58.786	57.4	62.581	59.49	64.119	52.922	57.337	52.371	62.012	49.89	53.625	48.465	58.872
PLADJ	80.58	81.982	75.461	84.444	78.355	79.587	76.121	82.419	81.69	84.412	82.05	84.4	78.599	80.645	77.818	82.785	77.386	79.773	75.529	81.854
IJI	61.023	57.141	57.897	48.547	50.234	49.552	51.054	44.159	50.548	48.891	49.87	43.482	49.767	49.129	49.718	42.433	50.8	49.96	50.126	44.125
COHESION	0.988	0.99	0.988	0.992	0.991	0.993	0.991	0.995	0.997	0.998	0.997	0.998	0.996	0.997	0.996	0.998	0.991	0.993	0.991	0.995
PR	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PRD	0.213	0.213	0.213	0.213	0.072	0.072	0.072	0.072	0.015	0.015	0.015	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02	0.064	0.064	0.064	0.064
SHDI	0.969	0.892	1.014	0.758	1.108	1.052	1.14	0.94	0.945	0.835	0.889	0.799	1.031	0.932	1.037	0.84	1.102	1.029	1.122	0.918
SIDI	0.52	0.472	0.552	0.392	0.59	0.55	0.599	0.479	0.499	0.424	0.458	0.406	0.566	0.492	0.559	0.438	0.611	0.552	0.611	0.481
SHEI	0.602	0.554	0.63	0.471	0.618	0.587	0.636	0.525	0.527	0.466	0.496	0.446	0.576	0.52	0.579	0.469	0.615	0.574	0.626	0.512
SIEI	0.651	0.59	0.69	0.49	0.708	0.66	0.719	0.575	0.599	0.509	0.549	0.487	0.679	0.591	0.671	0.525	0.733	0.663	0.733	0.578

**Quadro 2. Parâmetros selecionados do Fragstats para a análise da classe mata nos anos de 1984, 1989, 1994 e 1999 em cada bacia hidrográfica contida na paisagem.**

MICROBACIA	LCA84	LCA89	LCA94	LCA99	LCH84	LCH89	LCH94	LCH99	LMI84	LMI89	LMI94	LMI99	RPA84	RPA89	RPA94	RPA99	LPE84	LPE89	LPE94	LPE99
ca	387.54	363.6	367.11	318.06	1682.6	1587.42	1737.7	1590.7	6575.7	5276.6	5914	6490.4	6302.7	5308.1	5979.2	5818.32	2224.8	1939.8	2088.8	1862.6
pland	16.501	15.482	15.631	13.543	20.132	18.994	20.792	19.033	16.654	13.364	14.98	16.438	21.458	18.072	20.356	19.809	23.638	20.61	22.193	19.79
np	72	80	89	62	191	211	189	177	906	807	793	725	592	629	595	549	202	201	198	182
pd	3.066	3.406	3.79	2.64	2.285	2.525	2.261	2.118	2.295	2.044	2.008	1.836	2.015	2.141	2.026	1.869	2.146	2.136	2.104	1.934
te	120330	116490	130770	106890	471900	473220	519120	472890	2E+06	2E+06	2E+06	2E+06	1787850	2E+06	2E+06	1846650	601500	555030	593940	559740
ed	51.236	49.601	55.681	45.513	56.464	56.622	62.114	56.582	49.993	42.001	48.04	53.13	60.868	56.004	62.591	62.87	63.909	58.971	63.106	59.472
lsi	7.73	7.532	8.269	7.037	14.452	14.488	15.743	14.479	26.492	22.523	25.52	28.051	27.642	25.558	28.38	28.5	17.271	16.073	17.076	16.194
lpi	1.885	1.859	0.908	2.445	1.173	1.121	1.543	1.066	1.034	0.602	0.518	0.559	4.394	1.301	1.458	0.951	3.115	1.694	2.032	1.224
area_mn	5.383	4.545	4.125	5.13	8.809	7.523	9.194	8.987	7.258	6.539	7.457	8.952	10.646	8.439	10.049	10.598	11.014	9.651	10.55	10.234
gtrate_mn	108.841	99.351	95.469	104.434	133.96	127.351	139.76	132.23	120.98	117.6	127.8	135.89	133.988	130.41	140.22	145.933	137.594	141.13	144.05	144.23
pafrac	1.307	1.308	1.314	1.315	1.318	1.323	1.329	1.333	1.319	1.319	1.329	1.343	1.321	1.325	1.331	1.341	1.32	1.325	1.328	1.339
paratio_mn	453.03	484.248	500.62	485.895	452.4	451.621	457.29	494.67	449.03	458.92	464.2	482.69	441.387	458.93	454.28	472.061	444.329	450.83	465.45	481.12
shape_mn	1.904	1.852	1.91	1.964	2.117	2.122	2.25	2.256	2.072	2.054	2.195	2.409	2.169	2.175	2.296	2.44	2.158	2.186	2.247	2.373
frac_mn	1.113	1.111	1.116	1.117	1.125	1.131	1.136	1.136	1.126	1.125	1.135	1.149	1.128	1.131	1.136	1.147	1.126	1.131	1.132	1.144
tea	54	47.88	39.15	34.65	361.26	304.65	324.09	316.17	1339.5	955.62	1013	1125.1	1335.15	940.14	1072.4	999.09	492.84	397.98	429.21	360.18
cpland	2.299	2.039	1.667	1.475	4.323	3.645	3.878	3.783	3.392	2.42	2.565	2.849	4.546	3.201	3.651	3.401	5.236	4.229	4.56	3.827
ndca	50	45	45	45	173	157	170	177	661	514	614	685	615	544	576	600	225	183	194	167
dcad	2.129	1.916	1.916	1.916	2.07	1.879	2.034	2.118	1.674	1.302	1.555	1.735	2.094	1.852	1.961	2.043	2.391	1.944	2.061	1.774
core_mn	0.75	0.599	0.44	0.559	1.891	1.444	1.715	1.786	1.478	1.184	1.277	1.552	2.255	1.495	1.802	1.82	2.44	1.98	2.168	1.979
dcore_mn	1.08	1.064	0.87	0.77	2.088	1.94	1.906	1.786	2.026	1.859	1.649	1.642	2.171	1.728	1.862	1.665	2.19	2.175	2.212	2.157
Cai_mn	5.797	4.651	4.15	4.725	6.864	5.991	5.891	6.638	4.998	4.48	4.323	4.735	5.387	4.647	4.697	4.762	5.913	5.348	5.439	5.712
enn_mn	137.997	132.634	127.14	145.431	113.24	121.044	115.1	120.81	129.45	141.06	131	121.21	118.101	121.62	111.45	120.685	108.973	120.1	106.14	110.03
contag	0.859	0.856	0.84	0.852	0.868	0.862	0.858	0.862	0.865	0.864	0.858	0.855	0.865	0.858	0.855	0.852	0.867	0.865	0.863	0.859
pladj	76.493	75.687	73.001	74.483	78.913	77.575	77.546	77.649	77.473	76.409	75.94	75.744	78.716	76.733	76.929	76.184	79.685	78.498	78.641	77.416
iji	56.768	46.602	48.918	8.834	51.158	44.027	45.157	9.11	53.506	48.011	46.7	9.121	54.819	45.144	44.49	8.945	53.318	44.552	45.648	13.86
Cohesion	0.906	0.893	0.884	0.911	0.936	0.93	0.942	0.938	0.934	0.927	0.933	0.94	0.972	0.951	0.957	0.953	0.959	0.949	0.952	0.946

**Quadro 3. Parâmetros selecionados do Fragstats para a análise da classe capoeira nos anos de 1984, 1989, 1994 e 1999 em cada bacia hidrográfica contida na paisagem.**

MICROBACIA	LCA84	LCA89	LCA94	LCA99	LCH84	LCH89	LCH94	LCH99	LMI84	LMI89	LMI94	LMI99	RPA84	RPA89	RPA94	RPA99	LPE84	LPE89	LPE94	LPE99
Ca	55.26	55.62	59.76	38.34	175.41	172.71	199.89	155.61	885.33	798.12	877.41	774	580.23	598.59	616.14	593.91	192.78	184.59	221.4	172.71
Pland	2.353	2.368	2.545	1.632	2.099	2.067	2.392	1.862	2.242	2.021	2.222	1.96	1.975	2.038	2.098	2.022	2.048	1.961	2.352	1.835
Np	193	194	259	183	688	649	786	692	3298	2944	3397	3449	2113	2236	2405	2437	761	700	894	760
Pd	8.218	8.26	11.028	7.792	8.232	7.765	9.405	8.28	8.353	7.456	8.603	8.735	7.194	7.613	8.188	8.297	8.086	7.437	9.499	8.075
Te	47010	47430	54630	35940	154200	151380	177840	147450	771210	695040	774510	735900	501510	525120	550380	555480	170850	161340	198630	163020
Ed	20.017	20.195	23.261	15.303	18.45	18.113	21.279	17.643	19.532	17.603	19.615	18.638	17.074	17.878	18.738	18.912	18.153	17.142	21.104	17.321
Lsi	3.948	3.97	4.341	3.377	5.764	5.687	6.411	5.579	11.361	10.402	11.402	10.916	8.878	9.222	9.591	9.665	6.173	5.928	6.889	5.971
Lpi	0.042	0.042	0.042	0.042	0.012	0.012	0.012	0.012	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.011	0.011	0.011	0.011
area_mn	0.286	0.287	0.231	0.21	0.255	0.266	0.254	0.225	0.268	0.271	0.258	0.224	0.275	0.268	0.256	0.244	0.253	0.264	0.248	0.227
gyrate_mn	22.445	22.226	20.096	19.114	20.862	21.725	21.182	20.095	21.564	21.69	21.162	20.163	21.806	21.821	21.305	21.13	20.942	21.569	20.869	20.202
Pafrac	1.287	1.288	1.283	1.283	1.283	1.287	1.286	1.288	1.285	1.285	1.284	1.289	1.286	1.287	1.286	1.291	1.283	1.285	1.285	1.288
paratio_mn	1052.842	1062.85	1109.95	1150.79	1081.5	1077.98	1092.873	1133.5	1071.71	1065.09	1082	1144.322	1067.11	1074.34	1087.86	1121.352	1082.82	1082.337	1095.19	1138.47
shape_mn	1.18	1.18	1.136	1.116	1.144	1.168	1.154	1.15	1.16	1.165	1.152	1.152	1.167	1.168	1.159	1.174	1.147	1.158	1.152	1.149
frac_mn	1.035	1.035	1.028	1.023	1.029	1.034	1.031	1.03	1.032	1.033	1.031	1.03	1.033	1.033	1.032	1.034	1.03	1.031	1.031	1.029
Tca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cpland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ndca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dcad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
core_mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dcore_mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cai_mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
enn_mn	148.145	133.238	126.798	147.894	140.92	142.278	130.403	133.018	136.016	143.441	134.39	129.38	145.221	144.894	137.022	133.487	146.43	149.309	132.859	142.332
Contag	0.669	0.67	0.645	0.638	0.662	0.662	0.657	0.636	0.665	0.666	0.66	0.635	0.668	0.662	0.656	0.641	0.659	0.663	0.653	0.638
Pladj	35.381	35.548	30.787	28.69	33.848	33.71	33.047	28.509	34.496	34.469	33.607	28.417	34.88	33.827	32.715	29.624	33.228	33.98	32.224	28.93
iji	53.554	45.061	47.052	11.844	51.893	44.06	43.664	13.44	52.484	47.534	48.09	9.394	54.096	46.041	47.629	9.329	53.04	46.984	45.884	13.315
Cohesion	0.514	0.52	0.454	0.444	0.482	0.494	0.483	0.451	0.495	0.494	0.486	0.455	0.501	0.494	0.486	0.478	0.482	0.495	0.473	0.464

Quadro 4. Parâmetros para análise da fragmentação e qualidade da paisagem gerados pelo SIG Idrisi.

<b>Abrev.</b>	<b>Descrição</b>	<b>LPE</b>	<b>LCH</b>	<b>RPA</b>	<b>LMI</b>	<b>LCA</b>
<b>A</b>	Área das microbacias (ha)	9.414	8.360	29.381	39.497	2.349
<b>DD</b>	Densidade de Drenagem (m/ha)	11,51	15,02	12,68	14,08	16,19
<b>CL</b>	Clinografia média (%)	25,54	24,16	24,89	21,90	21,54

Fonte: Autor. (LPE: Lajeado Perau; LCH: Lajeado Chiquinha; RPA: Rio Pardo; LMI: Lajeado Mico; LCA: Lajeado Castelinho).