

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JORGEANE SCHAEFER DOS SANTOS

ANÁLISE DA DINÂMICA DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE E FLORESTAL DA REGIÃO  
DA SERRA CATARINENSE

CURITIBA

2013

JORGEANE SCHAEFER DOS SANTOS

ANÁLISE DA DINÂMICA DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE E FLORESTAL DA REGIÃO  
DA SERRA CATARINENSE

Tese apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Doutor em Engenharia  
Florestal, no Programa de Pós-graduação em  
Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Christel Lingnau

Co-orientador: Franklin Galvão

CURITIBA

2013

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Santos, Jorgeane Schaefer dos

Análise da dinâmica da vegetação campestre e florestal da região da Serra  
Catarinense / Jorgeane Schaefer dos Santos. – 2013

143 f. : il.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Christel Lingnau

Coorientadores: Prof. Dr. Franklin Galvão

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências  
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa:  
Curitiba, 09/07/2013.

Área de concentração: Manejo Florestal

1. Florestas – Santa Catarina. 2. Paisagens – Santa Catarina. 3. Mapeamento  
florestal – Santa Catarina. 4. Dinâmica florestal – Processamento de dados. 5.  
Teses. I. Lingnau, Christel. II. Galvão, Franklin. III. Universidade Federal do  
Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9(816.4)

CDU – 634.0.2(816.4)



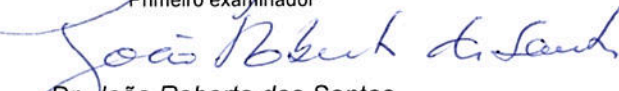
Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal


## PARECER

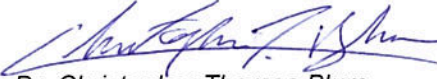
Defesa nº. 978

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) doutorando(a) *Jorgeane Schaefer dos Santos* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**ANÁLISE DA DINÂMICA DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE E FLORESTAL DA REGIÃO DA SERRA CATARINENSE.**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em MANEJO FLORESTAL.

  
**Dr. Rosemeri Segecin Moro**  
Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Primeiro examinador

  
**Dr. João Roberto dos Santos**  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Segundo examinador


  
**Dr. Alzir Felipe Buffarã Antunes**  
Universidade Federal do Paraná  
Terceiro examinador

  
**Dr. Christopher Thomas Blum**  
Universidade Federal do Paraná  
Quarto examinador

  
**Dr. Christel Lingnau**  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 09 de julho de 2013.

  
**Antonio Carlos Batista**  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
**Carlos Roberto Sanquetta**  
Vice-coordenador do curso

## DEDICATÓRIA

*Ao Bruno*

## AGRADECIMENTOS

A palavra tese (Thesis, em grego θέσις) significa o lugar onde você está. O termo é usado metaforicamente na ciência para descrever um ponto de vista pessoal, em alguma matéria específica, o qual nunca foi abordado anteriormente da mesma maneira ou no mesmo nível. Assim, ao apresentarmos uma tese estamos, na verdade, convidando as pessoas a este novo lugar, a este novo ponto de vista e apresentando-a (tese) do modo como a vimos (Anargyros Roussos, um amigo grego, em comunicação pessoal).

No decorrer de uma tese, são anos de caminhada e por vezes de batalhas. Há muitos à quem agradecer. Creio que seja assim mesmo, que todos os doutorandos passam pelas dúvidas, pelas críticas, pelas [in]certezas inexplicáveis na literatura, pela leitura exaustiva e, no meu caso, inclusive pela leitura da paisagem. São muitos e diferentes passos que damos e que recebem contribuições de diferentes pessoas, a quem agradeço. Estes passos estão resumidos no produto, nunca final, que se chama tese.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa Científica) pelos 04 anos de bolsa de estudos. Inclusive à parceria CNPq/CAPES/DAAD pela bolsa-sanduíche de 1 ano durante a permanência na Uni-Freiburg (*Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*).

Ao DAAD (*Deutscher Akademischer Austauschdienst*) pelo curso de alemão realizado no Goethe Institut (Freiburg).

Neste caminho até este lugar, há aqueles que nos guiam com ferramentas científicas, discussões orientativas e ouvidos. Este foram os meus orientadores Christel Lingnau e Franklin Galvão. Muito Obrigada!

Há as famílias, que suportam nossos humores e nos dão forças durante as crises e dúvidas. Mãe, Muito Obrigada! Bruno, além disso, sem ti, não existiram os 276 pontos tradados. Tu sabes, mas mesmo assim, Muito Obrigada!

Há aqueles que aceitam nossas ausências na vida em sociedade, estes são nossos amigos. Muito Obrigada por estarem lá.

Há as pessoas no campo, que abrem suas casas e nos contam suas histórias, nos servem o "café com mistura" e nos revelam lugares. Estes foram os meus entrevistados de São Joaquim e Urubici (SC). Gente mais hospitaleira não pode existir. Muito Obrigada!

Agradeço ao chefe do Parque Nacional de São Joaquim, Michel Omena, por disponibilizar as instalações do Parque, caminhonete e motorista. Muito Obrigada!

Aos guarda-parques que muitas vezes nos esperavam com janta feita e fogo aceso. Quando o frio lá fora castigava o dia de campo naquelas altitudes, esta recepção foi muito humana da parte de vocês. Muito Obrigada!

À Tia Olga Zabotti, que nos abriu as portas de São Joaquim, sempre sorridente e positiva. Muito Obrigada!

Ao Sr. Antônio e Dona Joana, do Pericó, pela acolhida durante a nevasca. Muito Obrigada!

Ao Sr. Wirto Schaeffer, que nos abriu as portas de Urubici, sempre com bom papo e acolhida. Muito Obrigada!

Aos meus amigos do Instituto de Manejo da Paisagem (*Institut für Landschaftspflege*) da Uni-Freiburg (*Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*), Alemanha, em especial, ao Prof. Werner Konold, à Timea Helfich, à Sabine Assmann, à Sarah Jotz, à Yang Zhang. E também aos amigos do FeLis (*Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme*). Nunca fui tão bem recebida. Aprendi muito neste um ano. Muito Obrigada!

A todos que contribuíram de alguma forma. E, se seus nomes não foram citados aqui, foi por falta de memória, mas nunca de gratidão. Muito Obrigada!

Enfim, àquela força que nos move. Deus, Muito Obrigada!

## RESUMO

Dentre as regiões do estado de Santa Catarina, a Serra Catarinense sempre foi assumida como a área formada pelo mosaico de campos e de florestas (Floresta com Araucária ou Floresta Ombrófila Mista). É consensual na literatura o intenso desmatamento ocorrido na região, reduzindo as florestas e impactando o ambiente. As forças direcionadoras que conduzem, ou tenham conduzido a paisagem até o seu estado atual, bem como sua dinâmica mais recente, devem ser investigadas, para que esforços de manejo sejam feitos adequadamente. Assim sendo, nesta tese buscou-se mapear a dinâmica de uso e ocupação dos solos usando técnicas de detecção de mudanças a partir de imagens de satélite; identificar rotas preferenciais de expansão e exploração da Floresta com Araucária, bem como identificar os fatores que interferiram na formação da paisagem da Serra Catarinense, com foco nos municípios de São Joaquim e Urubici, SC. A tese é dividida em quatro capítulos, além da introdução e das considerações finais. São abordadas técnicas de detecção de mudanças na biomassa capturada pelo NDVI, mapeamento das formas do terreno, e, por fim, a construção de cenários vegetacionais pretéritos e atuais. Considera-se que, dentre as potenciais áreas de expansão da floresta sobre os campos originados no período glacial, somente as áreas hidromórficas não estão aptas a serem ocupadas pela Floresta com Araucária. Disso decorre que a paisagem da Serra Catarinense é predominantemente uma paisagem cultural, composta por elementos característicos da identidade serrana. O manejo das paisagens culturais, em geral, deve contemplar cuidadosamente o equilíbrio entre o meio ambiente e a identidade cultural.

**Palavras-chave: Serra Catarinense; paleocenários; paisagem cultural.**

## ABSTRACT

*The Santa Catarina Highlands landscape was always considered formed by the mosaic of grasslands (steppes) and forests (Araucaria Forest or Mixed Rain Forest). There is consensus in the literature about the massive deforestation occurred in the region, reducing forests and impacting the environment. The driving forces that have led to the current landscape, as well as its current dynamics, should be investigated so that appropriate management efforts could be made. Thus, this thesis sought to map the dynamics of land-use through satellite imagery differentiation techniques; identify preferred routes of explotation and expansion of Araucaria Forest, as well as to identify factors that influence the formation of the landscape, with a focus in the municipalities of São Joaquim and Urubici, SC. The thesis is divided into four chapters, besides the introductions and final considerations. It presents change detection techniques in biomass, landforms mapping, and finally, the construction of previous scenarios and current vegetation. It is considered that among the potential expansion areas of the forests on the grasslands originated in the glacial period, only hydromorphic areas are not capable of being occupied by Araucaria Forest by now. It follows that the landscape of the Santa Catarina Highlands is predominantly a cultural landscape composed of characteristic elements of the Serra Catarinense identity. The management of cultural landscapes in general should consider carefully the balance between the environment and cultural identity.*

**Key-words: Santa Catarina Highlands; paleoscenarios; cultural landscape.**



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

FIGURA 1.ÁREA DE ESTUDOS EM DESTAQUE, INSERIDA EM SANTA CATARINA, BRASIL. .....	25
FIGURA 2.SOLOS DA REGIÃO. CONVENÇÃO DE CORES SEGUNDO EMBRAPA (2006). FONTE: SOLOS.... (2004).....	26
FIGURA 3.GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO. NOTA-SE O GRUPO SÃO BENTO/SERRA GERAL FORMADO POR ROCHAS VULCÂNICAS.....	27

### CAPÍTULO 2. DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA PAISAGEM DA SERRA CATARINENSE

FIGURA 1.IMAGENS-DIFERENÇA DOS NDVI'S NOS PERÍODOS ANALISADOS. .....	41
FIGURA 2.DIAGRAMAS MOSTRANDO A DINÂMICA PREDOMINANTE DE MUDANÇAS SIGNIFICANTES EM RELAÇÃO À DECLIVIDADE (A) E À ALTITUDE (B).....	42
FIGURA 3.DINÂMICA DE ÁREA IDENTIFICADA COMO 'REGENERAÇÃO NATURAL', AINDA CLASSIFICADO COMO 'CAMPO', NO LEVANTAMENTO DE CAMPO DE 2010. ALTITUDE 1.008M; DECLIVIDADE 2,13º.....	44
FIGURA 4.DINÂMICA DE ÁREA IDENTIFICADA COMO FLORESTA. ALTITUDE 1.509M; DECLIVIDADE 13,79º.....	44
FIGURA 5.O 3º MAIOR PINHEIRO DE SC; FAXINAL. ALTITUDE 1.249M; DECLIVIDADE 7,59º. .....	45
FIGURA 6.FOTOGRAFIAS ILUSTRATIVAS DAS SITUAÇÕES AMOSTRADAS NAS FIGURAS 3, 4 E 5, RESPECTIVAMENTE. ....	45

### CAPÍTULO 3. MAPEAMENTO DE ÁREAS HIDROMÓRFICAS NA SERRA CATARINENSE

FIGURA 1.MAPA DE DECLIVIDADES MENORES QUE 10º. .....	53
---	----

FIGURA 2.DIRECIONAMENTO DE FLUXO. ADAPTADO DE JENSON E DOMINGUE (1988) E GREENLEE (1987).....	54
FIGURA 3.ACUMULAÇÃO DE FLUXO. ADAPTADO DE TARBOTON <i>ET AL.</i> (1991) E JENSON E DOMINGUE (1988).....	54
FIGURA 4.ÁREA DE DRENAGEM. ADAPTADO DE JENSON E DOMINGUE (1988). .....	54
FIGURA 5.COMPRIMENTO DE FLUXO. ADAPTADO DE JENSON E DOMINGUE (1988). .....	55
FIGURA 6.DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA EM CLASSES DE: A) DECLIVIDADE; B) DE ALTITUDE; C) DE SOLOS E D) DE HORIZONTE A. ....	58
FIGURA 7.DISTRIBUIÇÃO DOS 276 PONTOS AMOSTRADOS EM CAMPO POR CLASSE DE DECLIVIDADE E DE ALTITUDE. ....	58
FIGURA 8.DETALHE DE UMA ÁREA MOSTRANDO A DINÂMICA HÍDRICA E OS PONTOS AMOSTRADOS. ....	61
FIGURA 9.CORRELAÇÕES (%) ENTRE A VARIÁVEL HIDROMORFIA (ANALISADA EM CAMPO) E VARIÁVEIS DE TERRENO EM TODOS OS COMPRIMENTOS DE FLUXO.....	62
FIGURA 10.CORRELAÇÃO DA HIDROMORFIA COM AS DEMAIS VARIÁVEIS DO TERRENO, CONSIDERANDO O COMPRIMENTO DA ENCOSTA E A DECLIVIDADE: A) >100 M E TODAS AS DECLIVIDADES; B) > 100 M E DECLIVIDADE < 5º; C) > 400 M E DECLIVIDADE < 5º.....	65
FIGURA 11.RELEVO PATAMARIZADO, INFLUÊNCIA DIRETA NA OCORRÊNCIA DE HIDROMORFIA. NO DETALHE, A LINHA PRETA INDICA O LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO E AS SETAS AMARELAS INDICAM OS PATAMARES. ....	66

**CAPÍTULO 4. A COMPARISON APPROACH TO LANDFORM CLASSIFICATION METHODS K-MEANS AND PAM IN MOUNTAINOUS AREAS OF SOUTHERN BRAZIL**

FIGURE 1.LOCATION OF THE STUDY AREA IN THE MUNICIPALITIES OF SÃO JOAQUIM AND URUBICI, AT THE STATE OF SANTA CATARINA.....	74
FIGURE 2. THE THREE REGIONS SAMPLED .....	76
FIGURE 3. ANALYSIS FLOW DIAGRAM .....	79
FIGURE 4. SPATIAL PATTERNS OF THE LANDFORM CLUSTERS .....	83

FIGURE 5.MIDDLE REGION SCHEMA A) WITHOUT STANDARDIZATION; B) WITH STANDARDIZATION. .....	84
FIGURE 6. K-MEANS VERSUS PAM IN THE THREE REGIONS .....	85
FIGURE 7.SUPERIOR REGION. LANDFORM DISTRICUTION WITH RESPECT TO LAND COVER/LAND USE. LANDFORM IS REPEATED BECAUSE IT FOLLOWS THE ORIGINAL OUTPUT CLASSIFICATION. BLACK COLUMNS INDICATE DATA THAT IS 'ABOVE THE MEAN'. .....	87
FIGURE 8.MIDDLE REGION. DISTRIBUTION OF LANDFORM WITH RESPECT TO LAND COVER/LAND USE. LANDFORM IS REPEATED BECAUSE IT FOLLOWS THE ORIGINAL CLASSIFICATION. BLACK COLUMNS INDICATE DATA THAT IS 'ABOVE THE MEAN'.....	88
FIGURE 9.INFERIOR REGION. LANDFORM DISTRIBUTION WITH RESPECT TO LAND COVER/LAND USE. LANDFORM IS REPEATED SINCE IT FOLLOWS THE ORIGINAL CLASSIFICATION. BLACK COLUMNS INDICATE DATA THAT IS 'ABOVE THE MEAN'. .....	89

**CAPÍTULO 5.ANÁLISE DE FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS NA FORMAÇÃO E GÊNESE DA  
PAISAGEM CULTURAL DA SERRA CATARINENSE, SUL DO BRASIL**

FIGURA 1.ORGANOGRAMA APRESENTANDO OS FATORES DE FORMAÇÃO DA PAISAGEM E AS FASES DE SEU DESENVOLVIMENTO SEGUNDO SUA CRONOLOGIA. ....	106
FIGURA 2.AFLORAMENTOS ROCHOSOS E PECUÁRIA EXTENSIVA. FOTO: A AUTORA (2010) .....	107
FIGURA 3.PALEOMAPAS BASEADOS EM INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS. .....	109
FIGURA 4.COMPARAÇÃO ENTRE A PAISAGEM EM GERAL E A DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SEGUNDO GEOAMBIENTE FATMA (2008), SOBRE ZONAS COM TWI ACIMA DE 10 ATÉ 24 (NÍVEL MAIS ALTO) SOBRE ÁREAS PLANAS.....	111
FIGURA 5.DINÂMICA DA VEGETAÇÃO ATRAVÉS DOS PALEOPALINOMAPAS (DE 8.000 AP AO PRESENTE).....	113
FIGURA 6.OCUPAÇÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA DENTRO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE. DADOS DE USO E COBERTURA DO SOLO PRESENTE GEOAMBIENTE FATMA (2008).....	115
FIGURA 7.O TROPEIRO E AS BRUACAS. FOTO: A AUTORA (2010) .....	120

FIGURA 8.ROTAS PRINCIPAIS DOS CAMINHOS DE TROPAS. SISTEMATIZADO A PARTIR DE HERBERTS (2009); LOCKS <i>ET AL.</i> (2006) E ENTREVISTAS .....	120
FIGURA 9.ESTIMATIVA DE ÁREA DESFLORESTADA DESDE 100 ATRÁS. ....	122
FIGURA 10.PORCENTAGEM DE OCUPAÇÃO POR ATIVIDADE PECUÁRIA NA ÁREA DE ESTUDO .....	123
FIGURA 11.ESTIMATIVA DA DINÂMICA DAS ÁREAS OCUPADAS POR PECUÁRIA EXTENSIVA. ....	124
FIGURA 12.ESTIMATIVA DAS ÁREAS DE FRUTICULTURA .....	125
FIGURA 13.PONTOS TURÍSTICOS PRINCIPAIS DE SÃO JOAQUIM E URUBICI, ESTADO DE SANTA CATARINA.....	127
FIGURA 14.EXPANSÃO E RETRAÇÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA, DE 8.000 A.P A 100 AP, BASEAD NOS PALEOPALINOMAPAS, DE ACORDO COM A PROPOSTA DE IRIARTE E BEHLING, (2007). ....	128

## **CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

FIGURA 1.A) REGENERAÇÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA SOBRE OS CAMPOS; B) IMPEDIMENTO DA ROTA DE EXPANSÃO DA ARAUCÁRIA. NO PRIMEIRO PLANO AS ZONAS HIDROMÓRFICAS E EM ÚLTIMO PLANO, A FLORESTA. C) CAMPOS DE SANTA BÁRBARA, ALTITUDES ACIMA DOS 1.700 M. A FLORESTA LOCALIZA-SE NOS FLANCOS DAS ENCOSTAS E OS CAMPOS NATURAIS NO TOPO ONDE SE ENCONTRAM OS ORGANOSSOLOS; D) <i>SPHAGNUM</i> SP FORMA IMPEDIMENTO QUÍMICO À EXPANSÃO DA FLORESTA; E) ÁREAS DE NEOSSOLOS LITÓLICOS COM AFLORAMENTOS ROCHOSOS; F) QUEIMADAS ANUAIS DO CAMPO PARA RENOVAÇÃO DA PASTAGEM. FOTOS: A AUTORA (2010).....	138
FIGURA 2. A PAISAGEM TRADICIONAL. FOTO: A AUTORA (2010) .....	139

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

### **CAPÍTULO 2. DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA PAISAGEM DA SERRA CATARINENSE**

TABELA 1. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS IMAGENS UTILIZADAS NO ESTUDO .....	37
TABELA 2. RECLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM .....	39
TABELA 3. PORCENTAGEM DE ÁREA EM CADA PERÍODO DE ANÁLISE POR CLASSE DE MUDANÇA .....	40

### **CAPÍTULO 3. MAPEAMENTO DE ÁREAS HIDROMÓRFICAS NA SERRA CATARINENSE**

TABELA 1. FONTES DE DADOS .....	52
TABELA 2. MODELOS DE REGRESSÃO LOGÍSTICA BINÁRIA .....	62

### **CAPÍTULO 4. A COMPARISON APPROACH TO LANDFORM CLASSIFICATION METHODS K-MEANS AND PAM IN MOUNTAINOUS AREAS OF SOUTHERN BRAZIL**

TABLE 1. DATA SOURCE FOR LANDFORMS ANALYSIS .....	75
---	----

### **CAPÍTULO 5. ANÁLISE DE FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS NA FORMAÇÃO E GÊNESE DA PAISAGEM CULTURAL DA SERRA CATARINENSE, SUL DO BRASIL**

TABELA 1. DECLIVIDADES COMO DETERMINANTES DOS EIXOS DA EXPANSÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA AO LONGO DOS RIOS EM TORNO DE 4.000 AP.....	101
---	-----

### **CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## ANEXO

ANEXO 1. ROTEIRO DE ENTREVISTAS .....	143
---------------------------------------	-----

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>16</b>
<b>1. ESTUDOS DA PAISAGEM .....</b>	<b>18</b>
1.1 PAISAGEM NATURAL.....	19
1.2 PAISAGEM CULTURAL.....	21
1.3 HISTÓRICO SÓCIO-ECONÔMICO-CULTURAL E AMBIENTAL DO PLANALTO SERRANO CATARINENSE.....	23
<b>2. ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>24</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>28</b>
<b>4. HIPÓTESES.....</b>	<b>29</b>
<b>5. OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
<b>6. DADOS DE CAMPO: ENTREVISTAS E PONTOS AMOSTRADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 2. DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA PAISAGEM DA SERRA CATARINENSE .....</b>	<b>35</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>35</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>2. METODOLOGIA DE TRABALHO .....</b>	<b>36</b>
2.1 DETECÇÃO DE MUDANÇAS .....	36
2.2 RECLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS-DIFERENÇA .....	38
2.3 CONFRONTAÇÃO ENTRE DADOS DE CAMPO (2010) E MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (GEOAMBIENTE FATMA, 2008) .....	39
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>

3.1 ANÁLISE DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS.....	40
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO 3. MAPEAMENTO DE ÁREAS HIDROMÓRFICAS NA SERRA CATARINENSE .....</b>	<b>50</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>50</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>51</b>
2.1 COLETA DE DADOS NO CAMPO .....	51
2.2 BASE CARTOGRÁFICA .....	51
2.4 VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS .....	53
2.3 RELAÇÕES ESTATÍSTICAS .....	55
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>57</b>
3.1 AVALIAÇÃO DA AMOSTRAGEM .....	57
3.2 DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS HIDROMÓRFICAS .....	59
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO 4. A COMPARISON APPROACH TO LANDFORM CLASSIFICATION METHODS K-MEANS AND PAM IN MOUNTAINOUS AREAS OF SOUTHERN BRAZIL.....</b>	<b>70</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>70</b>
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>70</b>
1.1 OBJECTIVES .....	71
<b>2. LITERATURE REVIEW .....</b>	<b>72</b>
<b>3. STUDY AREA .....</b>	<b>73</b>
<b>4. DATA.....</b>	<b>74</b>
<b>5. METHODS .....</b>	<b>75</b>
5.1 REGIONS.....	75
5.2 CLASSIFIERS .....	76
5.2.1 <i>k-means</i> .....	77



5.2.2 PAM ( <i>K-medoids</i> ).....	77
5.3 DATA ANALYSIS.....	78
<b>6. RESULTS .....</b>	<b>80</b>
<b>7. DISCUSSION .....</b>	<b>90</b>
<b>8. CONCLUSIONS.....</b>	<b>92</b>
<b>ACKNOWLEDGMENT .....</b>	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAPHY .....</b>	<b>93</b>
<b>CAPÍTULO 5. ANÁLISE DE FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS NA FORMAÇÃO E GÊNESE DA PAISAGEM CULTURAL DA SERRA CATARINENSE, SUL DO BRASIL .....</b>	<b>96</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
2.1 FONTES DE ANÁLISE HISTÓRICA.....	98
2.3 ORGANOGRAMA CONCEITUAL E GEOGRÁFICO.....	99
2.4 [RE]CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS.....	99
2.4.1 <i>AQUECIMENTO CLIMÁTICO REGIONAL E INFLUÊNCIA NA PAISAGEM NATURAL</i> .....	100
<b>O TWI como referencial das áreas hidromórficas .....</b>	<b>101</b>
2.4.2 <i>Influência das paleopopulações</i> .....	102
2.4.3 <i>Paleopalinomapas</i> .....	103
2.4.4 <i>Os mapas dos elementos da sociedade contemporânea</i> .....	103
3.1 FASES DE DESENVOLVIMENTO DA PAISAGEM CULTURAL.....	105
3.2 FATORES NATURAIS DE FORMAÇÃO DA PAISAGEM - GEOLOGIA E PALEOCLIMA.....	105
3.3 PALEOMAPAS BASEADOS NAS INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS E PALEOPALINOLÓGICAS.....	107
3.3.1 <i>Os paleopalinocenários</i> .....	112
3.6 ELEMENTOS DE TRANSFORMAÇÃO DA PAISAGEM .....	116
3.6.1 <i>Ameríndios – ecossistemas antropizados</i> .....	116
3.6.2 <i>Presença de Espanhóis e Portugueses</i> .....	117
3.6.3 <i>Tropeiros e Tropeadas</i> .....	118
3.6.4 <i>Sociedade contemporânea</i> .....	121
<b>Desflorestamento .....</b>	<b>121</b>
<b>Pecuária extensiva.....</b>	<b>123</b>

<b>Fruticultura.....</b>	<b>124</b>
<b>Turismo .....</b>	<b>126</b>
<b>Novos cenários, a inclusão do elemento antrópico .....</b>	<b>128</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>131</b>
<b>CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>137</b>

## CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O projeto que deu origem a esta tese começou com uma inquietação sobre a origem e natureza dos campos da Serra Catarinense. Ao longo dos anos de visitas feitas à região a possível "antropicidade" dos campos não-hidromórficos, ou seja, aqueles que, se desenvolvem em solos minerais e aparecem compondo a matriz da paisagem da Serra começou a intrigar.

Na literatura é apresentado com frequência que os ecossistemas campestres são relictos de clima pretérito da última glaciação, ocorrida em seu clímax a cerca de 18 mil AP (antes do presente) (THOMPSON; TURK, 1998). Naquele tempo houve o rebaixamento da temperatura média em até 5°C e por consequência aumento das camadas de gelo. Com isso, o mar sofreu um rebaixamento de até 100m, que levou a uma diminuição da circulação de ar na atmosfera, ou seja, causou intensa diminuição da umidade relativa do ar. Conseqüente ao clima frio e seco houve a expansão dos ecossistemas campestres em detrimento às florestas, não resistentes.

Em relação ao clima interglacial atual, citam Galvão e Augustin (2011, p. 191) que "lentidão não há" quanto ao potencial de expansão dos ecossistemas florestais sobre os campos. Jeske-Pieruschka *et al.* (2010) afirmam que a expansão da Floresta com Araucária foi particularmente eficiente em períodos de tempo em que os paleoincêndios declinavam.

Desde que o homem se instalou em nosso continente, vem manejando florestas e campos, de modo a obter meios de sobrevivência desde os primórdios da ocupação destas áreas. Inicialmente, acredita-se que os habitantes pré-cabralinos de nossas terras frias, tenham se utilizado de lenha para aquecimento e cocção de alimentos. Em seguida, com a chegada dos europeus, o manejo das estepes (campos) com o uso do fogo tornou-se prática arraigada aos modos de produção agrícola e pastoril, herdada e até hoje utilizadas. Tem sido assim desde os homens primitivos até os homens de hoje, o homem usa os recursos que se apresentam para existir.

Dadas às condições climáticas atuais, pós-glaciação, pode-se afirmar que ocorre situação de temperatura e de umidade favoráveis ao desenvolvimento de ecossistemas arbóreos, especialmente em zonas em que o rigor imposto pela condição hídrica não se apresente como mais restritivo ao surgimento de representantes arbóreos da Floresta Ombrófila Mista ou mesmo densa, dando assim início aos processos de sucessão florestal. Sampaio (1945) cita estudos de Schimper do início do século XX em que ele afirma que a vocação para estepes (campos) ou para floresta persiste no fator edáfico. A saturação hídrica é um fator limitante à expansão da Floresta

com Araucárias e há indícios de que, na Serra Catarinense, os campos localizados em zonas não-hidromórficas venham sendo manejadas a muito tempo e que se a transformação da paisagem configure a Serra Catarinense numa paisagem cultural.

Os objetivos deste estudo são, dentro de uma linha dos estudos da paisagem, apresentar o estado atual da paisagem da Serra Catarinense, com foco nos municípios de São Joaquim e Urubici, e sua evolução em termos históricos e paleo-históricos. Busca-se aplicar ferramentas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica para reconhecer e interpretar elementos de gênese da paisagem, padrões espaciais e sua localização geográfica, os quais tenham sido ou não gerados por influência antrópica, e descrever seu papel na formação da paisagem atual. Para tal, foram reconstruídos cenários pretéritos e a atual dinâmica da vegetação foi estudada. Contudo, para serem determinados os cenários, nossa hipótese de que os campos hidromórficos são naturais e que a expansão da Floresta com Araucária é retardada/limitada nestes ambientes, sugerem rotas possíveis de expansão que precisam ser descritas.

O CAPÍTULO 1 da tese trata das considerações iniciais, onde é apresentado o roteiro pelo qual o leitor poderá compreender o desenvolvimento da tese. Para encontrar as respostas que se procurava, inicialmente, buscaram-se ferramentas de fácil acesso para compreender a dinâmica entre a vegetação campestre e florestal na área de estudos. Em se tratando de uma área extensa (pouco mais de 290 mil hectares) procuraram-se imagens de satélite Landsat com recobrimento multitemporal. Estas imagens foram exploradas segundo técnicas de detecção de mudanças. Os resultados da aplicação das técnicas de detecção de mudanças são apresentados no CAPÍTULO 2. Os resultados indicavam que em determinadas zonas, a Floresta com Araucária não estava expandindo, logo se imaginou que poderia haver uma relação com as características hidromórficas da área, uma vez que a Floresta com Araucária não ocorre em áreas de saturação hídrica em solos não minerais (GALVÃO; AUGUSTIN, 2011). Logo, no CAPÍTULO 3, uma abordagem sobre a modelagem hidrológica foi feita. Nele, ferramentas hidrológicas foram relacionadas aos dados levantados em campo com o objetivo de identificar possíveis relações entre a hidromorfia e outros elementos do contexto hidrológico da área. Este capítulo foi submetido, aceito e aguarda o volume e o número da publicação. Os resultados encontrados levaram ao questionamento se, eventualmente, existiriam formas do terreno que pudessem ser mais predispostas ao acúmulo de água e/ou formação de organossolos. Desta forma, desenvolveu-se o CAPÍTULO 4, a fim de, através de análise de agrupamentos e a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação) derivar as formas do terreno da área. As formas do terreno têm papel fundamental na formação dos solos e podem estar relacionados à ocorrência de ecossistemas, ou à distribuição espacial de espécies. As formas do terreno foram pouco

exploradas no Brasil, havendo falta de destes dados, especialmente na escala deste estudo. Logo, no CAPÍTULO 4, dois métodos de classificação das formas do terreno foram testadas visando identificar àquele que melhor se adapte à região. Este Capítulo foi inteiramente desenvolvido na Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, com participação de pesquisadores daquela universidade. Por isso, este capítulo está escrito em inglês.

Já no CAPÍTULO 5, explora-se os fatores de formação e gênese da paisagem da Serra Catarinense. Nele, um resgate bibliográfico é feito e vários cenários são espacialmente reconstruídos de acordo com cada fator de formação. Buscou-se neste capítulo uma abordagem paleoambiental auxiliada pelos estudos da paleobotânica, além de cenários contemporâneos auxiliados pela literatura e entrevistas à população local.

Finalmente, no CAPÍTULO 6, são levantadas as considerações finais que consideram as hipóteses e os resultados encontrados nesta tese.

Os temas desenvolvidos dentro da tese serão levantados em revisões bibliográficas próprias de cada capítulo, porém, alguns assuntos gerais serão explorados a seguir.

## **1. ESTUDOS DA PAISAGEM**

A visão de Paisagem criada pelo pesquisador alemão Humboldt, já em 1845 em sua obra denominada “Kosmos” (HUMBOLDT, 1845 *apud* EWALD, 2001) continua até hoje sendo recurso de inspiração entre os pesquisadores (EWALD, 2001). Segundo ele, que primeiramente cita o termo, ‘Paisagem’ (POTSCHIN; BASTIAN, 2004) é uma forma de uma seção da geosfera que tem um tamanho geograficamente relevante.

Esta escola, da Ciência Da Paisagem, inicia como estudo da geografia e tem grande tradição na pesquisa alemã (Sampaio, 1945), ecoando desde o século 19 e com grandes contribuições para a literatura. No Brasil, no início do século 20, Reinhard Maack, geógrafo e geólogo, alemão naturalizado brasileiro, fez inúmeras e incomensuráveis contribuições ao estudo das paisagens brasileiras no início do século 20 (BACILA, 2001).

Outros pesquisadores vão além da descrição geográfica/espacial do termo paisagem, como Ewald (2001) que a descreve como uma parte da superfície terrestre em que vários aspectos estão interagindo, tais como ambientes terrestres, aquáticos, naturais e culturais em constante troca de energia e de matéria, interferindo nos fluxos de vida e na dinâmica da

paisagem. O autor ainda afirma que deve-se considerar aspectos estéticos, especialmente em paisagens com apelo turístico, como o caso da Serra Catarinense.

Aspectos culturais ganham peso dentro da ciência da paisagem e, no contexto da presente tese serão abordados como interligados à paisagem natural. Consideraremos a paisagem como o resultado de seus aspectos e elementos de formação, sejam eles naturais ou antrópicos. Sendo assim, são levantadas a seguir estas duas abordagens: Paisagem Natural e Paisagem Cultural.

## **1.1 PAISAGEM NATURAL**

Nesta abordagem, serão descritas as paisagens formadas a partir de elementos do clima e da geologia. A atuação da geologia na formação das paisagens naturais é de energia tremenda com as forças tectônicas elevando, contorcendo ou rebaixando a crosta terrestre. A geologia é o formador primário, a vegetação surge de acordo com o clima e reclama a paisagem (THOMPSON; TURK, 1998).

Segundo Emberger (1920) citado por Sampaio (1945) “a vegetação é o reflexo fiel do clima”. Com as modificações sofridas pelo clima ao longo da linha histórica geológica de nosso planeta, as florestas, e ressaltam-se aqui as florestas de araucária, sofreram expansão e retração. Expandiam-se quando o clima era favorável, ameno e com umidade suficiente. Retraíam-se a cada período glacial, com perda de umidade e queda brusca da temperatura.

Citando Sampaio (1945), se fosse possível através da paleontologia afirmar que as gramíneas são anteriores à maioria das florestas, poderíamos dizer que primeiro o território da América do Sul teria sido coberto de vegetação campestre para em seguida cobrir-se de florestas. Porém, o autor ainda em 1945 afirmava não poder formular com toda certeza esta hipótese porque lhe faltavam estudos de paleontologia florística à época de seus estudos (1945).

A partir de 10 mil anos atrás até agora, as florestas vêm ocupando as terras que antes eram dominadas pelos campos. Até o início do século XX, a Floresta de Araucária (Floresta Ombrófila Mista, segundo classificação IBGE, 2004), também chamada de “mata preta” (KLEIN, 1978), era absolutamente dominante na paisagem do planalto serrano catarinense (REITZ; KLEIN; REIS, 1978). Havia tantas araucárias, que em relatos de tropeiros, eles afirmavam que em muitos trechos de seu percurso sulista, as tropas caminhavam dias sem ver a luz do sol,

tamanho a sombra provocada pelos pinheiros (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) (KOCH; CORRÊA, 2002; LOCK *et al.*, 2006).

Os campos no Planalto Serrano Catarinense formam, segundo Klein (1978), núcleos consideráveis especialmente em Lages, São Joaquim, Campos Novos, Curitibanos, Matos Costa e na parte norte da Bacia do Rio do Peixe. Predominam espécies herbáceas das famílias Poaceae, Ciperaceae, Fabaceae e Verbenaceae com surgimentos de carqueja-do-campo (*Baccharis gaudichaudiana*), vassoura-lajeana (*Baccharis uncinella*) e caraguatás (*Eryngium* spp.). Ainda o autor afirma ocorrem na paisagem local as formações de matas ciliares que, por vezes se alargam formando bosques de pinhais bem no meio das “formações campestres”.

A Floresta Ombrófila Mista ocupa os planaltos a Oeste da Serra do Mar e da Serra Geral, porções altitudinais que variam acima de 800 a 1.200m no Estado do Paraná (RODERJAN *et al.*, 2002) e que chegam a maiores altitudes em latitudes maiores, como em Santa Catarina. Nesta unidade fitoecológica, são encontrados elementos florísticos tropicais (afro-brasileiros) e temperados (austro-brasileiros). Especialmente marcada é a presença da araucária (Roderjan *et al.*, 2002), especialmente formando estrato dominante na Floresta Ombrófila Mista Montana (800-1.200m de altitude); também presentes na Floresta Ombrófila Mista Alto-montana (acima de 1.200m de altitude); e nas zonas de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, aquela que ocorre ao longo de rios em áreas com declividade plana a suave-ondulada, especialmente onde os solos apresentam regime de não-hidromorfia. Nas zonas aluviais, onde os solos apresentam regime de hidromorfia, como os Neossolos Flúvicos e Gleissolos, por exemplo, a vegetação torna-se menos diversa, devido ao rigor imposto pela hidromorfia.

Remontam-se neste contexto ao conceito de Refúgio, no qual se consolida a hipótese de que os campos não-hidromórficos são refúgios de momentos de semi-árido vivido em nosso continente, fruto da última glaciação segundo este conceito, os campos não-hidromórficos refletem um momento climático vivido e que sobrevivem no meio das formações florestais. Estas, as formações florestais, são aquelas que interpretam melhor o clima atual. Assim sendo, os campos refugiam-se em meio à floresta de forma disjunta devido a duas situações distintas. Na primeira, os campos persistem devido aos componentes pedológicos os quais inferem impedimento o avanço da floresta. Na segunda, devido ao manejo das paleopopulações humanas, que se segue até os dias atuais, o manejo com uso do fogo representa eliminação da possibilidade de sucessão que levaria ao estabelecimento da floresta.

Estudos paleontológicos de polens em colunas de sedimentos indicam a presença de *Araucaria angustifolia* a partir de 10.000 AP na região do Morro da Igreja, SC (área do presente

estudo) (IRIARTE; BEHLING, 2007). Neste estudo foram investigadas argila e turfa depositadas durante 14.880 AP. Foram confirmadas que houve expansão e retração da floresta e, conseqüentemente, em sentido inverso, retração e expansão dos campos. Há 2.000 AP chegaram espécies do gênero Araucaria e houve a expansão de espécies da Floresta de Atlântica as quais se moveram para o alto das encostas. Esta expansão parou e as áreas de floresta foram consideravelmente reduzidas por atividades humanas nos últimos 200-300 anos. Ainda segundo Iriarte e Behling (2007), parte dos atuais campos das áreas mais altas das montanhas pode refletir ocupações naturais, mas, grande parte é fruto do uso dado pelas populações pós-colombianas. Os fogos eram raros em outros períodos, mas tornaram-se muito mais usados (e até hoje o são) durante o Pleistoceno tardio. Durante o período de clima seco e frio, florestas ocorriam apenas ao longo de alguns rios. Estas florestas de galeria expandiram-se entre 1.550 e 1.090 AP, testemunhando mais uma mudança nas condições climáticas. Em publicação mais recente Behling e demais autores (BEHLING *et al.*, 2010) afirma que a origem dos campos do sul do Brasil, se de natureza climática ou antrópica tem instigado muitos pesquisadores ao longo de muitos anos. Essa natureza precisa ser decifrada.

## 1.2 PAISAGEM CULTURAL

O termo “cultura” remete ao idioma latino que significa “cultivar”. De um lado, o termo diz respeito a objetos de ciência e arte, tais como pinturas e esculturas, levando ao conceito de sutileza espiritual e mental; por outro lado, está o conceito de “paisagem cultural” (em alemão *Kulturlandschaft*), no qual está fortemente ligado à agricultura (EWALD, 2001).

Segundo Konold (2007), Paisagem Cultural é aquela que é manejada através dos séculos pelo homem. A modificação ou uso humano transforma a paisagem natural em paisagem cultural, dentro de suas necessidades, seu modo de vida, e do que é permitido dentro de suas capacidades técnicas e criatividade.

Esta paisagem não existiria sem o componente antrópico e diz respeito à natureza e aos meios e/ou formas como ela é usada. Estará em equilíbrio enquanto as populações que nela vivem continuarem a manejá-la.

*“A paisagem cultural é o meio natural ao qual o ser humano imprimiu as marcas de suas ações e formas de expressão, resultando em uma soma de todos os testemunhos resultantes*



*da interação do homem com a natureza e, reciprocamente, da natureza com homem, passíveis de leituras espaciais e temporais”.*

(Artigo 2º da Carta de Bagé ou Carta da Paisagem Cultural dos Pampas e das paisagens culturais de fronteira, 2007).

A floresta é um componente da Paisagem Cultural, atualmente, não há a mesma relação entre homem e floresta que havia antigamente (KONOLD; BURKART, 2007).

Konold (2007) afirma que nas paisagens culturais não há conservação, há dinamismo, movimento progressivo e regressivo da sucessão de plantas ou animais de um local, tais como pulsos entre floresta e não-floresta. Ainda segundo o autor, este dinamismo tinha, no todo, o efeito de preservar habitats. A abrangência da ‘Paisagem’ será dada pelos objetivos e necessidades daqueles que a investigam, podendo incluir elementos bióticos, abióticos e antrópicos, pois, a Paisagem é a expressão espacial do relacionamento destes elementos (SCHLECKER, 2004).

Mudanças nas paisagens culturais têm aumentado consideravelmente nas últimas décadas, acompanhando o dramático aumento no desenvolvimento e na cobertura das áreas, com efeitos negativos nos habitats, na flora, na fauna e inclusive na geomorfologia e nos recursos hídricos (KONOLD, 2007).

Muitas vezes as áreas de floresta aumentam devido ao abandono de áreas de agropecuária e às mudanças na agricultura e mesmo nas fontes de renda que se tornam marginais ao manejo da paisagem. O avanço das florestas tem seu lado positivo de oportunizar as relações ecológicas, por outro lado, segundo Höchtl; Bieling; Konold (2005) ocorrem perdas na riqueza de espécies, nas paisagens abertas e semi-abertas, podendo afetar as comunidades e influenciar no interesse turístico.

A paisagem cultural enfoca o contato entre cultural e natureza, num ponto em que o fator humano está presente desde o princípio (HÖCHTL; BIELING; KONOLD, 2005).

Sampaio (1945) afirma que é necessário garantir a melhoria das zonas rurais e permitir que haja diminuição da rusticidade e hostilidade que lhe é comum, permitindo dessa forma a felicidade dessas massas de população rural. Manter os campos naturais e artificiais no sentido cultural, no entanto, o autor coloca a importância climática de manter as zonas de florestas naturais e protetoras.

Afirma ainda Sampaio (1945) que “é difícil encontrar hoje no Brasil um campo completamente virgem da ação do homem civilizado, já não digo dos indígenas que por toda parte traçam suas trilhas”.

A análise científica da paisagem cultural tem sido estudada na Europa e, especialmente na Alemanha, como um grande desafio, pois envolve conhecimentos multi, inter e transdisciplinares (EWALD, 2001), passando pela análise do contexto histórico do uso da terra, considerando seu desenvolvimento social, econômico e político, os quais determinam e direcionam as mudanças da paisagem (*driving forces*) (HÖCHTL; BIELING; KONOLD, 2005).

### **1.3 HISTÓRICO SÓCIO-ECONÔMICO-CULTURAL E AMBIENTAL DO PLANALTO SERRANO CATARINENSE**

A região do Planalto Serrano Catarinense apresenta três momentos distintos de sua história, conforme foi relatado pelo Prof. Sérgio Sartori (comunicação pessoal). O primeiro momento remete ao século XVIII, com a ocupação paulista das terras do planalto, quando da concessão das Sesmarias. Este período é marcado pelos latifúndios onde a pecuária extensiva era a base econômica da região. Dão conta deste período as estradas de taipa (LOCKS *et al.*, 2006), construídas de pedras para marcar os caminhos do transporte de gado vacum e muar produzidos no Rio Grande do Sul e conduzido até São Paulo pela rota que passa pela região. O gado transportado tinha, inicialmente, a finalidade de abastecer os campos de exploração de minérios de Minas Gerais. Com a diminuição da exploração das minas e, assim, com a diminuição da demanda por gado, o gado passou a ser fornecido às fazendas de café do sudeste brasileiro. Neste tempo, as florestas abundavam, assim como índios kaigangs e xoklens, ambos da família lingüística Guarani. Os índios foram sumariamente dizimados; as florestas foram sendo substituídas por pastagens. Este primeiro período durou até cerca de 1940, quando começa o segundo ciclo de exploração do planalto, o qual é marcado especialmente pela dizimação das florestas, e chamado como “ciclo da madeira” (KLEIN, 1978). Alavancado pelo desenvolvimentismo do pós-guerra, ocorre no Brasil à divisão inter-regional do trabalho, que faz com que toda a região do então município de Lages (que hoje está desmembrado em 18 municípios, inclusive São Joaquim e Urubici) suprisse de madeira os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Brasília e, principalmente ainda a exportação. Milhares de serrarias foram instaladas na região, às quais os fazendeiros muitas vezes vendiam as araucárias em pé, que depois de algum tempo, seriam cortadas e serradas (KOCH; CORRÊA, 2002). Neste período

ocorre inversão da forma de trabalho. O trabalho na lide da pecuária e da roça é substituído pelo trabalho em fábricas de madeira. Ocorre profunda transformação natural, com a perda das florestas e social, quando o roceiro e o peão tornam-se proletários. De 1940 até cerca de 1960, acabam-se as florestas e com isso aumenta o desemprego. Começa um período de muita pobreza em toda a região, pois os recursos explorados das florestas vão-se para outras cercanias, inclusive para outros países. Neste período, aumenta a migração do interior das vilas e pequenas cidades para a cidade, e Lages passa a ter população duplicada em poucos anos.

Deste cenário, surge o terceiro momento na região, especialmente Lages, que passa a se tornar uma cidade de comércio e oferta de serviços, e com grande influência política herdada do período de coronelismo, inclusive no cenário nacional. Municípios agora desmembrados, São Joaquim e Urubici vivem momentos de pobreza e, quando por cerca da década de 60/70 começam investimentos em fruticultura e, mais recentemente, investimentos em turismo. Com isso, estes dois municípios melhoram economicamente, mas as perdas ambientais e culturais estão se agravando devido ao desaparecimento pretérito da araucária e, recente das áreas de campo com a instalação de plantios frutícolas e da silvicultura exótica.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

São Joaquim e Urubici (Figura 1) são municípios do Estado de Santa Catarina, Brasil. Nestes municípios são registradas as menores temperaturas do Brasil, em virtude, além dos aspectos latitudinais, também a altitude, a qual varia entre 900m a 1.800m acima do nível do mar. A paisagem local caracteriza-se pelo domínio de ecossistemas campestres formando mosaicos com a Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) (IBGE, 2004).

A sede municipal de Urubici encontra-se em uma altitude de 900m e localiza-se nas coordenadas 49° 35' 27" W e 28° 0' 39" S. A sede municipal de São Joaquim, por sua vez, está localizada a 1.400m acima do nível do mar, nas coordenadas 49° 53' 12" W e 28° 16' 57". As áreas municipais são: São Joaquim, 188.504 ha e Urubici, 101.683 ha, segundo dados do SIG.

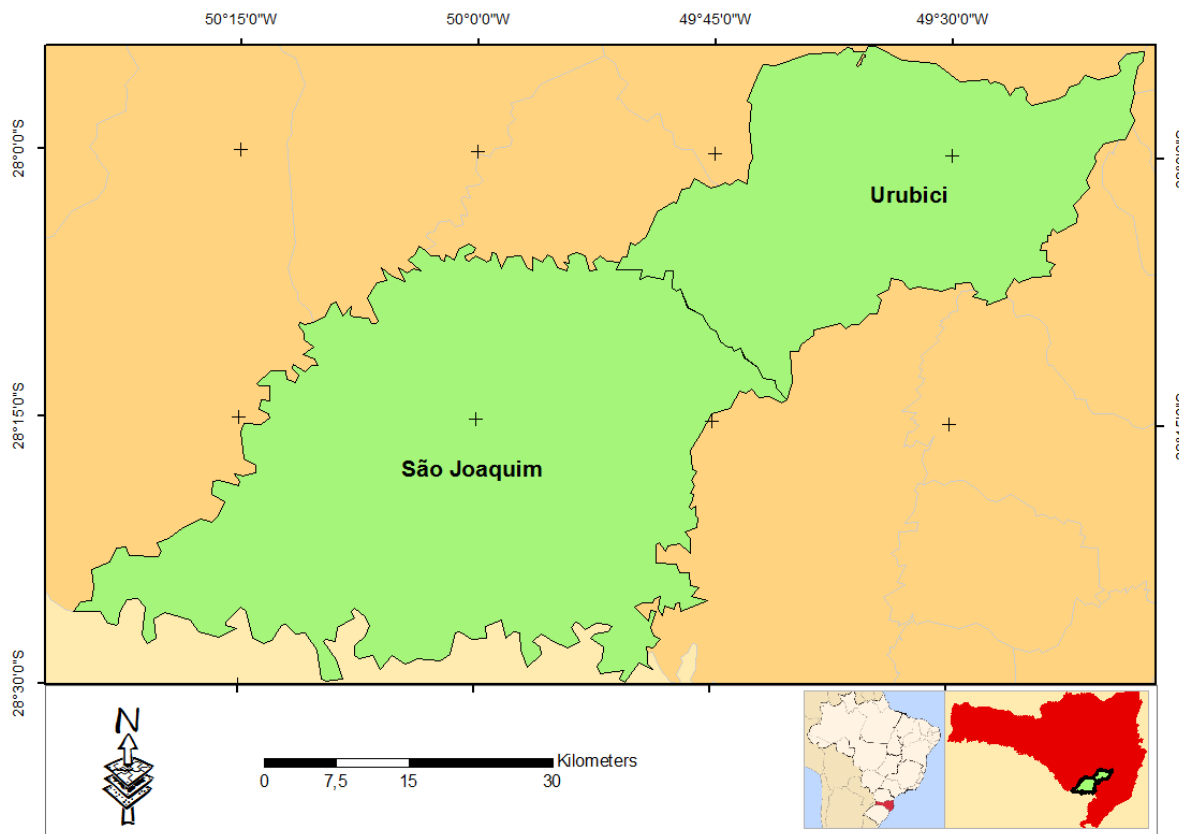


FIGURA 1. ÁREA DE ESTUDOS EM DESTAQUE, INSERIDA EM SANTA CATARINA, BRASIL.

Houve no século passado, durante as décadas de 40 a 60, intensa exploração madeireira que reduziu substancialmente as áreas de cobertura florestal (KOCH; CORREA, 2002). A base econômica atual da região apresenta quatro fontes principais. Nas menores altitudes, desde 900m até 1.000m, em Urubici, a principal atividade é olericultura. Acima destas, até 1.800m, a pecuária de corte é a principal fonte de renda de longa data. A partir das últimas décadas a fruticultura da maçã, e de outras espécies de clima temperado, tem sido o grande propulsor da economia, especialmente em São Joaquim. E, ainda, atualmente, a atividade turística tem ganhado espaço como importante fonte de renda local (LINS, 2009; LOSSO; PEREIRA, 2012)

Os municípios de Urubici e São Joaquim situam-se no Planalto Serrano Catarinense. Ambos os municípios situam-se entre 800 a 1.800m a.n.m. (acima do nível do mar), sendo registradas aí as maiores altitudes do sul do Brasil. Associada à elevação e às latitudes subtropicais, registram-se anualmente em Urubici e São Joaquim as menores temperaturas do Brasil. A temperatura média anual é de 13,2°C, sendo média do mês mais frio (Junho) de 9,4°C e média do mês mais quente (Fevereiro) de 17,2 °C. A precipitação total anual é de 1.691mm.

O clima local de todo o estado de Santa Catarina é caracterizado por chuvas bem distribuídas, sem estação seca definida. Na região do Planalto Serrano, a temperatura média do mês mais quente é inferior à 22°C, “caracterizando clima Cfb, com verões frescos, ambos sem estação seca definida” (EMBRAPA, 2006). Não ocorre deficiência hídrica do solo e ocorrem até 25 geadas por ano em todo o Estado, sendo na área de estudo nunca inferiores a 10 e, em alguns locais, superior a 25 geadas por ano.

Os solos da região são compreendidos na maior parte das áreas por Neossolos litólicos (SOLOS..., 2004). Estes são normalmente pouco desenvolvidos e pouco profundos, assim sendo, são solos pouco permeáveis e muito suscetíveis à erosão. Na área de estudo, o horizonte A, que define os Neossolos litólicos, foi classificado como Proeminente, especialmente nas áreas acima de 1.000m a.n.m., desta forma sendo considerado um solo fértil, de cor escura devido ao alto teor de matéria-orgânica (Figura 2).

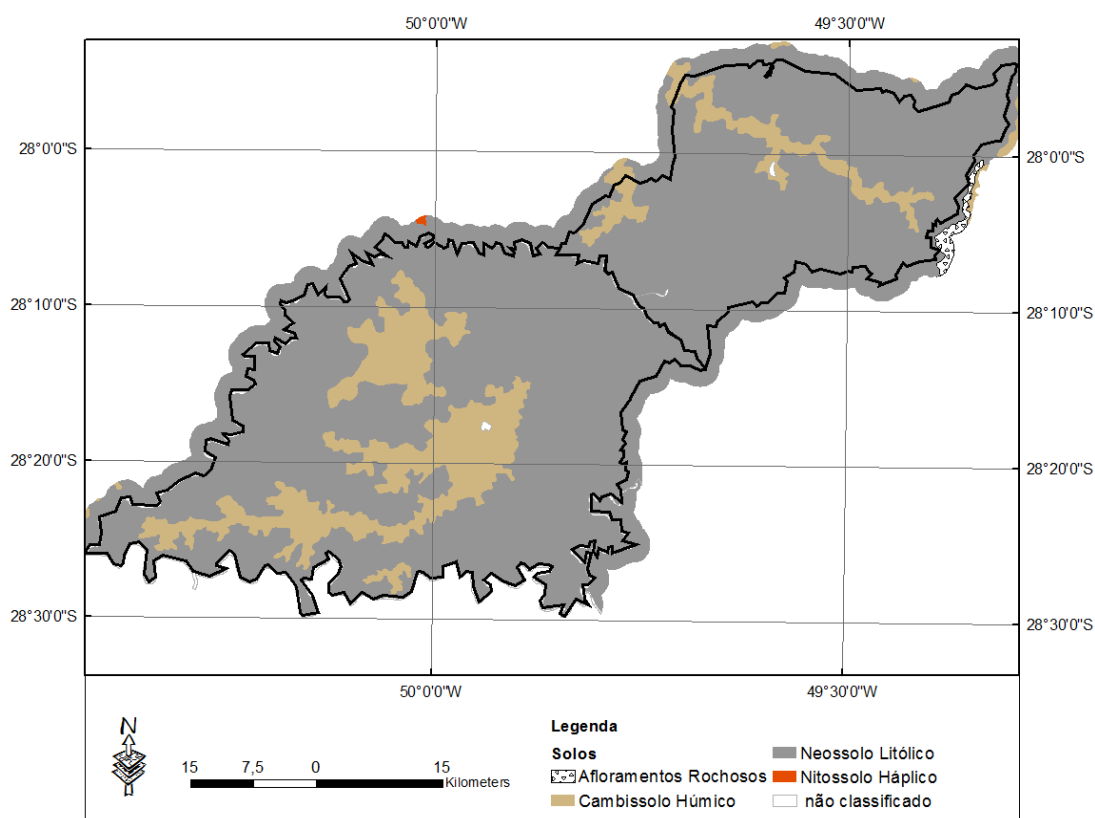


FIGURA 2. SOLOS DA REGIÃO. CONVENÇÃO DE CORES SEGUNDO EMBRAPA (2006). FONTE: SOLOS... (2004)

A geologia da região é predominantemente formada por rochas ígneas extrusivas ou vulcânicas (Figura 3).

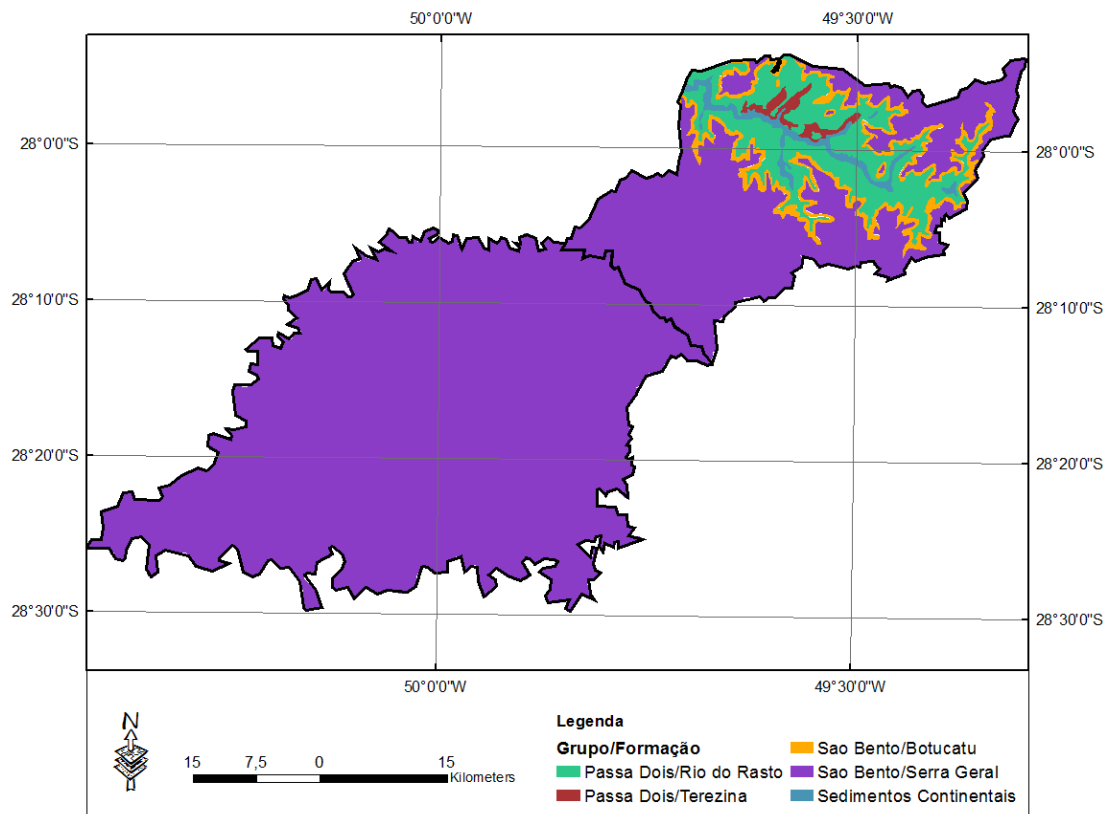


FIGURA 3. GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO. NOTA-SE O GRUPO SÃO BENTO/SERRA GERAL FORMADO POR ROCHAS VULCÂNICAS

Também são encontrados, os Cambissolos, os quais são solos minerais não hidromórficos de pequeno grau de desenvolvimento e geralmente adelgados. São também suscetíveis à erosão assim como os Neossolos litólicos, porém apresentam-se pedologicamente um pouco mais estruturados por apresentarem ao menos horizonte B, ainda que possa ser incipiente (EMBRAPA, 2006).

Em IBGE (2004) é encontrada a distribuição e caracterização da vegetação brasileira, reconstituindo o que seria a cobertura da vegetação brasileira na época do descobrimento do Brasil. Este mapeamento utilizou-se de técnicas de determinação de isolinhas de dias secos, indicadores da relação umidade/temperatura, além de elementos mapeados por sensoriamento remoto tais como relevo, hidrografia, litologia e cobertura vegetal atual, levando a uma distribuição geográfica da vegetação brasileira bastante perto da original.

A intensa fragmentação que houve durante séculos de exploração madeireira e uso agrícola e pecuário do solo leva a descontinuidade de ocorrência dos biomas brasileiros. Neste caso, as regiões fitoecológicas conduzem ao entendimento da distribuição outrora contínua destes remanescentes.

A vegetação predominante na região do Planalto Serrano Catarinense, na área deste estudo, segundo IBGE (2004), são as estepes (campos) entremeadas aos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista.

Foram encontrados polens de espécies campestres em sedimentos de cerca de 12.000 anos (BEHLING, 2007) o que leva ao entendimento de que os campos são formações relictuais da última glaciação, conforme já foi mencionado anteriormente e que também está presente em IBGE (2004).

### **3. JUSTIFICATIVA**

A Serra Catarinense passou por diversos momentos históricos que conduziram ao seu cenário atual. Formada pelas maiores altitudes de Santa Catarina é coberta por áreas de Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) entremeadas a duas formas de unidades campestres, hidromórficas e não-hidromórficas, sendo a primeira mais condizente com a atual situação climática de inter-glaciação.

Busca-se neste estudo, dentro de uma linha dos estudos da paisagem, apresentar o estado atual da paisagem da Serra Catarinense, com foco nos municípios de São Joaquim e Urubici e sua evolução em termos históricos e paleo-históricos. Busca-se aplicar ferramentas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica para reconhecer e interpretar elementos de gênese da paisagem, antrópicos ou não, padrões espaciais e sua localização geográfica, e descrever seu papel na formação da paisagem atual. Para tal, foram reconstruídos cenários pretéritos e a atual dinâmica da vegetação foi estudada. Contudo, para serem determinados os cenários, nossa hipótese de que os campos hidromórficos são naturais e que a expansão da Floresta com Araucária é retardada/limitada nestes ambientes, sugerem rotas possíveis de expansão que precisam ser descritas. Assim sendo, serão tratados em dois capítulos: i) a ocorrência de aumento ou diminuição da cobertura florestal; ii) a espacialização de áreas hidromórficas. Da mesma forma, as formas do relevo podem determinar a ocorrência de rotas preferenciais tanto de desmatamentos, quanto em caso de expansão da floresta, por isso,

em outro capítulo serão apresentados dois diferentes mapeamentos/classificação das formas do terreno; estes mapeamentos serão avaliados conforme sua aplicabilidade no estudo. Finalmente, no último capítulo serão apresentados os fatores de formação e gênese da paisagem em ordem cronológica. A análise final é embasada em critério da análise da paisagem, com ênfase nos elementos de formação da paisagem pré e pós-cabralinos, considerando que a paisagem é resultado da interação dos fatores naturais e dos fatores antrópicos, representados em sua cultura. A paisagem cultural, pode-se dizer é, esculpida pela natureza e lapidada pelas mãos do homem. Esses termos serão explorados numa viagem ao tempo no último capítulo da tese.

Encontramos a necessidade de reconstrução de paleopaisagens que levem à melhores conclusões sobre a naturalidade dos ecossistemas que as compõem. A origem dos campos do sul do Brasil ainda não é consensual para a comunidade científica (GALVÃO; AUGUSTIN, 2011) que ainda enfrenta o paradigma sobre a possível naturalidade, antropicidade ou culturalidade dos mesmos. A importância deste estudo está conectada aos mesmos vínculos que nos remetem aos estudos da história, de modo que, conhecendo os panoramas pretéritos de uma determinada paisagem, erros ou desajustes passados possam ser entendidos e, quando possível, evitados no futuro.

#### **4. HIPÓTESES**

As hipóteses levantadas para este estudo foram:

- as unidades campestres, especialmente as mesófilas, são de natureza antrópica;
- os campos hidromórficos são naturais;
- a ocupação antrópica da paisagem é tão antiga que remete à sua 'naturalidade' e a caracteriza como 'cultural'.

#### **5. OBJETIVOS**

Os objetivos deste estudo foram:

- identificar a dinâmica de ocupação da paisagem através de sensoriamento remoto;



- espacializar as zonas hidromórficas e a ocupação de campos e florestas;
- identificar as formas do terreno e sua relação com histórico de ocupação da área;
- identificar os fatores de formação e gênese da paisagem.

## **6. DADOS DE CAMPO: ENTREVISTAS E PONTOS AMOSTRADOS**

Foram aplicadas 52 entrevistas a lideranças, agricultores, tropeiros e historiadores da região. O roteiro de entrevistas está estruturado com questões fechadas e abertas (ANEXO 01) apresenta eixos distintos, sendo que, o primeiro trata das questões do uso do solo, através do qual se busca entender quais as formas de manejo e formas de uso tem sido aplicadas a cada propriedade. Buscou-se entender nesta primeira etapa como a paisagem tem sido usada em suas diversas compartimentações. Em seguida, o eixo das perspectivas, no qual se busca entender a visão que o entrevistado tem da paisagem e como será definida sua relação econômica e social com a mesma. O terceiro eixo trata da identidade cultural, através do qual serão investigadas a dinâmica cultural e os mecanismos de manutenção da identidade cultural local, quando presentes. É importante salientar que as entrevistas orientaram o conhecimento da paisagem através de seus agentes de transformação. Desta maneira, buscou-se preferencialmente entrevistados contemporâneos ao ciclo da madeira e, quando possível testemunhas da última fase do movimento tropeiro.

Para o levantamento dos dados de campo, em Agosto de 2010, foram amostrados 276 pontos. Os pontos foram distribuídos aleatoriamente procurando atingir as várias regiões de ambos os municípios. Este estudo priorizou as altitudes acima de 1.000 m de modo a concentrar os esforços de análise apenas nas áreas de solos de origem vulcânica originados dos derrames eruptivos que formaram a Bacia do Paraná há cerca de 400 milhões de anos (MAACK, 2001; MINEROPAR, 2001).

As variáveis amostradas foram:

- posicionamento geográfico;
- altitude;
- hidromorfia (0 para não hidromórfico; 1 para hidromórfico);
- profundidade;

- natureza do solo (mineral ou orgânico);
- tipo de cobertura vegetal local;
- uso atual da terra;
- observações.

O posicionamento geográfico e a altitude foram tomados a partir de GPS Etrex Vista. A hidromorfia, profundidade e natureza do solo foram levantadas com o uso de trado holandês.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACILA, M. A trajetória de “Arquivos de Biologia e Tecnologia”, publicação que marcou época na história da ciência brasileira. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Jubilee Volume (1946-2001): pp. 1 - 11, December, 2001 ISSN 1516-8913.

BARBOSA, T. Geografia: do silêncio ao grito necessário. **Revista Formação**, no. 14, v.1, p. 207-209, 2007.

BEHLING, H., JESKE-PIERUSCHKA, V, SCHÜLER, L. & PILLAR, V. de P. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Valério De Patta Pillar... [et al.]. Editores. – Brasília: MMA. 403 p., 2009.

EMBRAPA, C.N. de P. de S. Sistema brasileiro de classificação de solos, 2. ed. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2006.

EWALD, K. The neglect of aesthetic in landscape planning in Switzerland. **Landscape and Urban Planning**, 54 (2001) 255-266. PII: S0169-2046(01)00140-2. 2001

GALVÃO, F., AUGUSTIN, C. A Gênese Dos Campos Sulinos. **FLORESTA** 41, 191–200. 2011

HÖCHTL, F.; BIELING, C & KONOLD, W. Waldzunahme versus Offenhaltung der Landschaft in Baden-Württemberg. Raum-Zeit-Prozesse, landschaftsökologische Auswirkungen, politische Lösungsansätze, 2005, **IALE Deutschland: Raum- Zeit- Probleme in der Kulturlandschaft**, Institut für Landespflege der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: p. 66-69, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Vegetação do Brasil**. 3ª. edição. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, IBGE, mapa, 1:5.000.000. 2004

IRIARTE, J.; BEHLING, H. The expansion of “Araucaria” forest in the southern Brazilian highlands during the last 4000 years and its implications for the development of the Taquara/Itararé Tradition. **Environmental Archaeology**, 12, 115–127. doi:10.1179/174963107x226390. 2007

JESKE-PIERUSCHKA, V., FIDELIS, A., BERGAMIN, R.S., VÉLEZ, E., BEHLING, H. Araucaria forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and modern pollen data. **Review of Palaeobotany and Palynology** 160, 53–65. 2010

KLEIN, R. M. **Mapa fitogeográfico de Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 24p. 1978.

KOCH, Z & CORRÊA, M. C. Araucária: a floresta do Brasil meridional. Tradução de Peggy Paciornick Distéfano; ilustração de Têre Zagonel. Curitiba: **Olhar Brasileiro**, 148p. 2002

KONOLD, W. Dynamism and Change of Cultural Landscapes. What can biosphere reserves accomplish? **UNESCO Today**, p. 18 – 21, 2007.

KONOLD, W.; BURKART, B. (Hrsg.) Raum-Zeit-Probleme in der Kulturlandschaft. Freiburg i. Br.: Institut für Landespflege, **Culterra** 51, 243 p. 2007.

LOSSO, F. B; PEREIRA, R. M. F. do A. O desenvolvimento da vitivinicultura e as possibilidades de implantação de roteiros enoturísticos na região de são joaquim (sc, brasil). *RBTur*, 6(2), 181–200, 2012.

LOCKS, G. A.; VARELA, I. A.; ALMEIDA, R.; MOREIRA, S. C. & SARTORI, S. **Caminhos das Tropas**: Caminhos, pousos e passos em Santa Catarina. Lages (SC): Editora Uniplac, 106p., 2006.

LINS, H. N. Estética y estilo en el turismo pos-moderno: Caso región serrana de Santa Catarina (Brasil). **Estudios y perspectivas en turismo** 18 (1) (março): 1–20, 2009

MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Brazilian Archives of Biology and Technology* jubilee (dezembro): 169–288. doi:10.1590/S1516-89132001000500010. 2001

MARCHIORI, J. N.; NOAL FILHO, V. A. A paisagem de Santa Maria na Perspectivas de seus antigos viajantes. In: **Ciência & Ambiente**, no. 38, Janeiro/Junho 2009. Santa Maria: UFSM. 2009

MINEROPAR. **Atlas comentado da geologia e dos recursos minerais do Estado do Paraná**. Curitiba: Fundação Araucária. Recuperado de <http://pt.scribd.com/doc/57775154/Atlas-geologico-do-estado-do-parana>. 2001

MINEROPAR. **Atlas comentado da geologia e dos recursos minerais do Estado do Paraná**. Curitiba: Fundação Araucária. <http://pt.scribd.com/doc/57775154/Atlas-geologico-do-estado-do-parana>. 2001

POTSCHIN, M; BASTIAN, O. Landscapes and landscape research in Germany. **Belgeo**. 2-3, p. 261-271. 2004

REITZ, R., KLEIN, R. M., REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia** 28/30, 210. 1978

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência&Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, n. 24, P. 75-92, jan/jun 2002.

SAMPAIO, A. J. de. Fitogeografia do Brasil. **Brasiliana**, série 5ª, vol. 35. Editora: Companhia Editoria Nacional, 3ª edição, 372p. 1945

SILVEIRA, H. J. V. As Missões orientais e seus antigos domínios. Porto Alegre: **Companhia União de Seguros Gerais**, 1979.

SCHLECKER, E. Aufbau eines Landschafts-Informatiossystems und landwirtschaftliche Gewässerschutzberatung im Einzugsgebiet der Seefelder Aach. **Culterra**, 37. Freiburg i. Br.: Institut für Landespflege, 260 p., 2004.

SOLOS do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 721 p. (Embrapa Solos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 46). 2004

THOMPSON, J. A.; BELL, J. C.; BUTLER, C. A. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling, **Geoderma**, Volume 100, Issues 1-2, March 2001, Pages 67-89, ISSN 0016-7061, DOI: 10.1016/S0016-7061(00)00081-1.

THOMPSON, G. R.; TURK J. **Introduction to Physical Geology**. 2nd edition 1998. Saunders Golden Sunburst Series. Fort Worth: Saunders College Pub., 1998. ISBN: 0030243483. 398 pages. 1998

## **CAPÍTULO 2. DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA PAISAGEM DA SERRA CATARINENSE**

### **RESUMO**

Foi testada a aplicação de técnicas de diferenciação dos índices de vegetação na interpretação e identificação de mudanças ocorridas multi-década na paisagem de São Joaquim e Urubici, na Serra Catarinense. A região tem sofrido diversas transformações ao longo de sua história, e atualmente é formada por mosaico entre unidades campestres e florestais, das quais há interesse particular em sua dinâmica e origem. . Uma sucessão temporal de quatro imagens Landsat TM5 foi analisada (1986, 1997, 2005 e 2009). Os resultados indicam que predominam pequenas mudanças; predominam perdas de biomassa nas áreas mais aplainadas da paisagem, tanto em áreas de menores altitudes, como nos campos de altitude. Há aumento de biomassa em todos os períodos. Conclui-se que os ecossistemas locais têm transicionado entre si, especialmente com relação a expansão da Floresta com Araucária em áreas íngremes.; o método de detecção de mudanças mostrou-se eficiente e é replicável a baixo custo.

**Palavras-chave: NDVI, detecção de mudanças, campos, Floresta com Araucária.**

### **1. INTRODUÇÃO**

Os resultados da dinâmica de ecossistemas, quando especializados e desenvolvidos de maneira consistente e replicável, são críticas para o monitoramento de paisagens. As técnicas de detecção de mudanças aplicadas a imagens permitem identificar padrões e caracterizar mudanças em condições de campo, fornecendo informações importantes para tomadas de decisão no uso da terra (BROWNING e STEELE, 2013). Sistemas temporais de monitoramento de uso e ocupação da terra são muito importantes para o entendimento das interações homem e fenômenos naturais (ZHANG *et al.*, 2013). Tais sistemas, quando suprem as demandas através de dados e imagens de fácil obtenção e de fácil execução, tornam-se ferramentas consistentes para o aumento do entendimento da dinâmica da cobertura vegetal e resultam em melhor capacidade de manejo da paisagem. Sugere-se aqui a aplicação de técnicas de detecção de

mudanças como um método efetivo de avaliar as alterações ocorridas em uma área, usando imagens de moderada resolução espacial (BROWNING; STEELE, 2013), tais como as imagens Landsat TM.

Busca-se i) investigar a variação temporal nos NDVI obtidos por meio de imagens Landsat TM 5 de quatro diferentes décadas, bem como, ii) categorizar as mudanças ocorridas nos NDVI, além de iii) espacializar as mudanças correspondentes ao aumento e diminuição da cobertura florestal ocorridas.

## **2. METODOLOGIA DE TRABALHO**

### **2.1 DETECÇÃO DE MUDANÇAS**

No presente caso, foram examinadas mudanças ocorridas na biomassa representada pela dinâmica entre a cobertura florestal e campos, capturada nos NDVI (*Normalized Vegetation Index*) de quatro imagens obtidas para os municípios de São Joaquim e Urubici, sob o contexto da dinâmica da vegetação. O NDVI é um caminho para encontrar aspectos consistentes das mudanças multi-décadas ocorridas nas áreas formadas por mosaicos de Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) e ecossistemas campestres na Serra Catarinense. Cartas planialtimétricas na escala 1:50.000 e o modelo digital de elevação (MDE) produzido foram utilizadas a partir do site da EPAGRI (2004) (<http://ciram.epagri.rct-sc.br>).

Para o maior recobrimento da área foram utilizadas duas cenas de satélite Landsat TM 5 (Órbita 220 /ponto79 e Órbita 220/ ponto 80) ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)) as quais foram mosaicadas. As datas (t) de passagem foram (Tabela 1):

TABELA 1. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS IMAGENS UTILIZADAS NO ESTUDO.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	IMAGENS			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
Data de Passagem	10.06.1986	23.05.1997	01.08.2005	12.08.2009
Revolução	12099	70351	13922	35359
Latitude Norte	-26,51450	-26,50080	-26,52200	-26,51330
Longitude Oeste	-49,92280	-49,88740	-49,92820	-49,92010
Latitude Sul	-28,34630	-28,36010	-28,33940	-28,34740
Longitude Leste	-48,38330	-48,35830	-48,39650	-48,38600
Tempo Central (GMT)	12:35:37	12:40:23	12:59:40	13:00:59
Orientação da Imagem	8,19998	8,19998	8,19998	8,19998
Azimuth Sol (°)	41,0327	60,2596	40,9821	42,6766
Elevação do Sol (°)	26,7639	29,7404	33,0921	35,8796

A sazonalidade em estudos multitemporais que envolvem NDVI pode representar um obstáculo à obtenção de bons resultados, por isso buscou-se que todas as imagens adquiridas contemplassem a mesma estação do ano, o que é bastante dificultado pela constante presença de nuvens sobre a área. Mesmo assim, foram encontradas 4 imagens de três diferentes décadas tomadas no período de inverno/final de outono. Ainda vale salientar que neste estudo, não buscamos interpretar variações fenológicas ou fisiológicas do ecossistema florestal, mas a dinâmica floresta/campo. Sendo assim, a sazonalidade não é tão importante para as características inerentes à floresta quanto é para o campo, pois, todos os anos, ao término do inverno os campos passam por queimadas regulares como forma de manejo da pastagem. Logo, a reflectância do campo queimado é diferente daquela do campo antes da queima, da mesma forma que a fumaça, que toma a paisagem na época das queimadas, é um impedimento ao imageamento ao nível do solo (PEREIRA; SETZER, 1986)

As imagens adquiridas foram co-georreferenciadas levando-se em conta o mínimo erro admitido possível. Neste caso, o erro máximo foi de 0,32 pixels. O método utilizado para a correção geométrica foi o do Vizinho Mais Próximo, aplicando um polinômio de segunda ordem. O co-georreferenciamento é necessário a fim de serem evitados possíveis detecções de falsas mudanças (BRUZZONE; COSS, 2002, 2003; BRUZZONE; BOVOLO; MARCHESI, 2007).

Neste estudo obteve-se o NDVI, índice de vegetação normalizado (*Normalized Difference Vegetation Index*). Dentre as características do NDVI, uma que merece ser destacada em estudos de dinâmica da cobertura florestal é a sua capacidade de, por se tratar de uma razão entre



bandas, minimizar os efeitos topográficos da iluminação, além de apresentar um alto contraste entre áreas florestais e não florestais (PONZONI; SHIMABIKURO, 2007; HOLANDA; GUERRA; SUEMITSU, 2009)

A detecção de mudanças (*change detection*) analisa pares multidata de imagens adquiridas da mesma área geográfica (BOVOLO; BRUZZONE, 2005). O objetivo envolve a identificação de diferenças entre pixels, padronização e espacialização das mudanças encontradas (RADKE; AL-KOFAHI; ROYSAM, 2005).

Os algoritmos para a detecção de mudanças são variáveis de acordo com os objetivos de cada estudo (CARVALHO JR; SILVA, 2007). Neste caso, o método utilizado foi o de diferenças simples e o percentual de diferença entre os NDVI's em quatro momentos ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  e  $t_4$ ), como segue:

$$D(x) = t_2(x) - t_1(x)$$

Onde:

$D(x)$  = imagem classificada por diferença simples (imagem-diferença);

$t_2(x)$  = índice de vegetação no tempo final da análise;

$t_1(x)$  = índice de vegetação no tempo inicial da análise.

## 2.2 RECLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS-DIFERENÇA

As imagens obtidas pela diferença entre os NDVI's foram reclassificadas (Tabela 2) . Esta reclassificação gerou 11 classes de mudanças cujos intervalos foram baseados no desvio-padrão dos valores dos NDVI's.

TABELA 2. RECLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM.

CLASSES DETECÇÃO MUDANÇAS	VALORES LIMARIDADE	RECLASSIFICAÇÃO: MUDANÇA NA BIOMASSA
Mundaça (+5):	> 0,80	Aumento severo
Mundaça (+4):	0,60 a 0,80	Aumento moderado
Mundaça (+3):	0,40 a 0,60	Aumento leve
Mundaça (+2):	0,20 a 0,40	Aumento insignificante
Mundaça (+1):	0 a 0,20	
Sem mudanças	0,0 a 0,0	Sem mudanças
Mundaça (-1):	0,0 a -0,20	Diminuição insignificante
Mundaça (-2):	-0,20 a -0,40	
Mundaça (-3):	-0,40 a -0,60	Diminuição leve
Mundaça (-4):	-0,60 a -0,80	Diminuição moderada
Mundaça (-5):	< -0,80	Diminuição severa

### 2.3 CONFRONTAÇÃO ENTRE DADOS DE CAMPO (2010) E MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (GEOAMBIENTE FATMA, 2008)

No total, no ano de 2010 foram levantados 276 pontos distribuídos aleatoriamente na área de estudos, conforme já citado no CAPÍTULO 1. Estes pontos foram checados numa relação amostragem (trabalho de campo) versus classificação apresentada por Geoambiente Fatma (2008).

### 3. RESULTADOS

Dos pontos levantados em campo e checados com a classificação oficial presente no mapa de Geoambiente Fatma (2008) temos que, dos 276 pontos amostrados, 229 foram amostrados como campos e 47 como florestas. Dentre os 229 amostrados como campos, a grande maioria, 197 pontos, compreendeu a classe 'pastagens e campos naturais' da classificação realizada por Geoambiente Fatma (2008) e 25 pontos compreendem a classe 'floresta'; os demais 7 pontos amostrados como campo compreendem a classe 'agricultura' na classificação da Fatma. Estes dados são interessantes quando se analisa a diferença de tempo de

entre a amostragem de campo, realizada em Agosto de 2010 e o mapeamento que gerou a classificação da Fatma, realizada em 2008. Estes dados levam a crer que a maior parte da paisagem apresenta dinâmica em níveis pouco intensos em relação à cobertura vegetal. Por outro lado, dentre os 47 pontos amostrados como floresta pelo trabalho de campo, quase a metade deles, ou seja, 21 destes pontos haviam sido classificados em 2008 como 'pastagens e campos naturais', sugerindo que os campos, em determinados locais, cedem lugar à cobertura florestal. Considerando os possíveis erros de amostragem quanto ao preciso posicionamento geográfico destes pontos, as análises de detecção de mudanças apresentadas a seguir colocam mais luz sob estes dados.

### 3.1 ANÁLISE DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS

A interpretação de cada classe considerou a intensidade crescente das mudanças a medida em que as mesmas estejam mais afastadas de 0 (não mudança) (Tabela 3).

TABELA 3. PORCENTAGEM DE ÁREA EM CADA PERÍODO DE ANÁLISE POR CLASSE DE MUDANÇA.

CLASSE	PERÍODO DE ANÁLISE (DETECÇÃO DE MUDANÇAS)		
	1986 A 1997	1997 A 2005	2005 A 2009
	OCUPAÇÃO (%)		
Aumento severo	0,02	0,07	0,02
Aumento moderado	0,20	0,32	0,16
Aumento leve	1,07	1,32	1,05
Aumento insignificante	5,58	4,96	6,43
	36,09	35,78	33,54
sem mudanças	2,42	2,34	1,86
Diminuição insignificante	48,77	48,25	47,75
	4,80	6,08	8,31
Diminuição leve	0,85	0,77	0,78
Diminuição moderada	0,17	0,10	0,08
Diminuição severa	0,03	0,01	0,01
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

As imagens apresentadas na Figura 1 mostram a maioria das mudanças de baixa intensidade. Pontos isolados de mudanças mais intensas aparecem especialmente no vale do Rio Canoas ao Norte e no vale do Rio Pelotas ao Sul. Especialmente no último período de análise (2005 a 2009), foi registrada redução mais intensa na biomassa no município de São Joaquim. Os resultados expressam massiva centralização de mudanças ao redor do eixo 0, as quais são categorizadas como mudanças insignificantes. Os números revelam que a paisagem local tem sofrido poucas alterações durante o período de análise. Dentro da zona de alterações significativas, todos os períodos apresentaram aumento no NDVI, ou seja, aumento da biomassa.

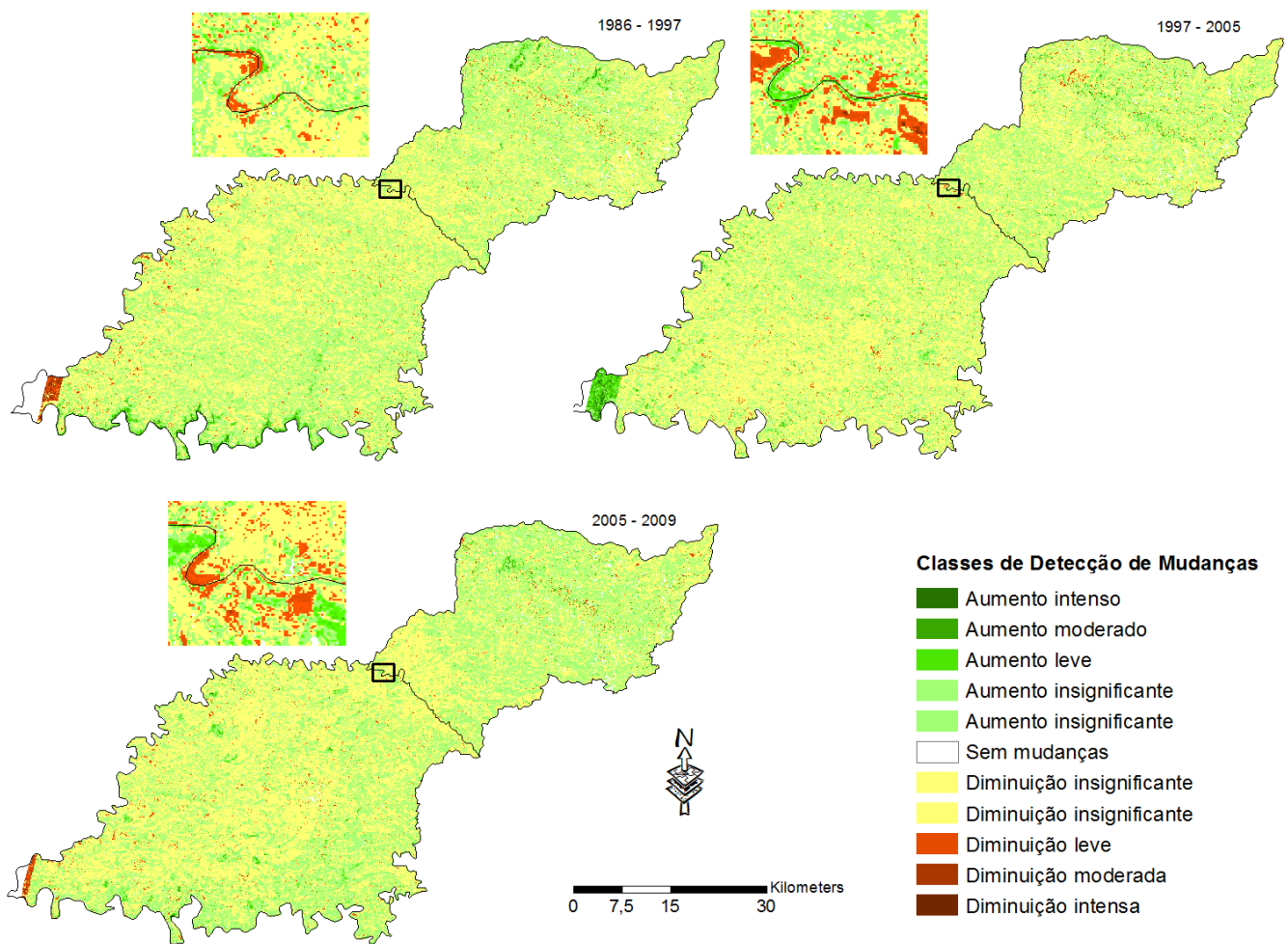


FIGURA 1. IMAGENS-DIFERENÇA DOS NDVI'S NOS PERÍODOS ANALISADOS.

As mudanças significativas, correspondentes àquelas que, estando mais afastadas do zero, implicam em supressão de vegetação ou na transformação de ecossistemas campestres em ecossistemas florestais ou, ainda, em plantios agrícolas ou reflorestamentos. Estas alterações significativas estiveram mais concentrados em determinados setores da paisagem (Figura 2).

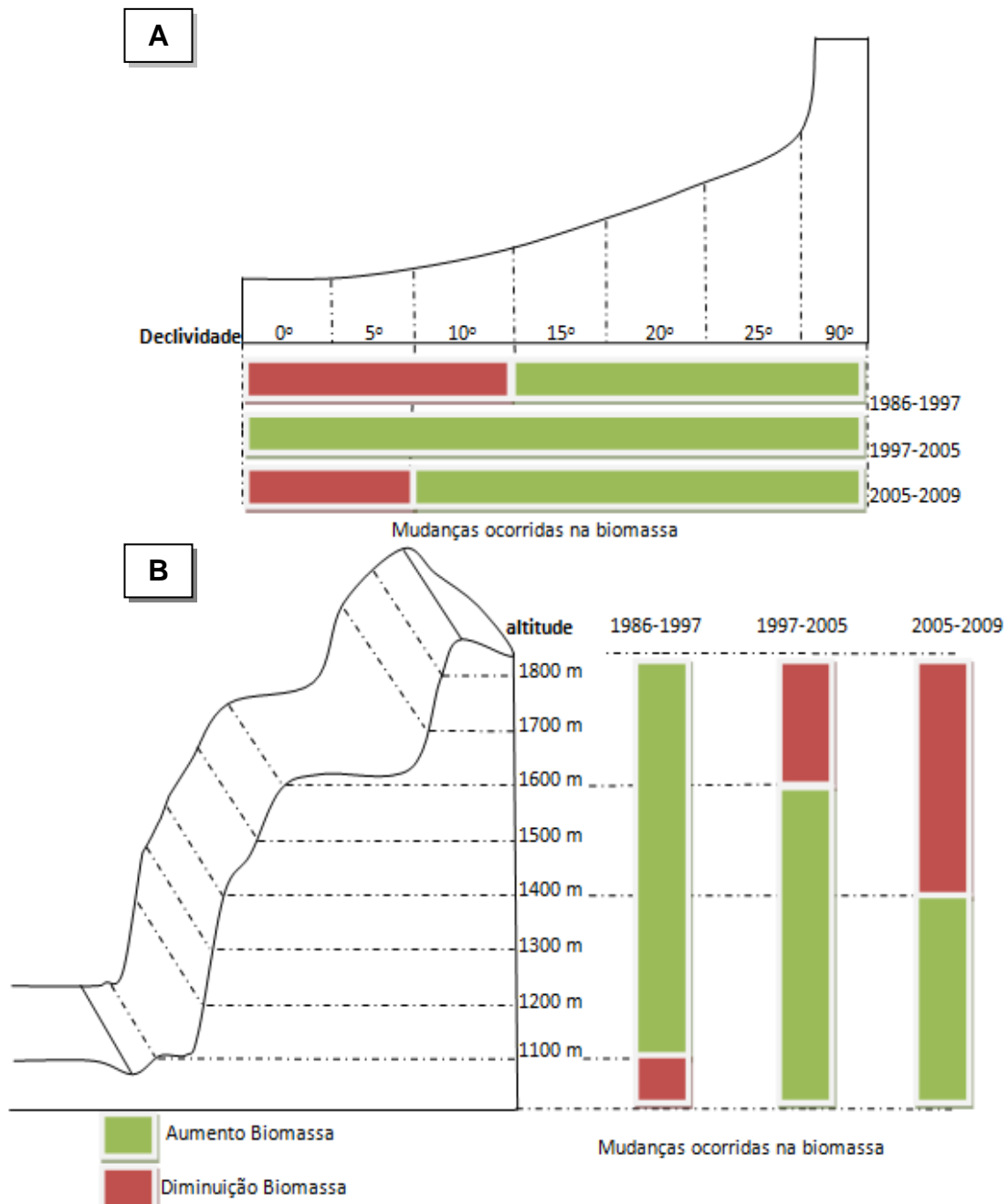


FIGURA 2. DIAGRAMAS MOSTRANDO A DINÂMICA PREDOMINANTE DE MUDANÇAS SIGNIFICANTES EM RELAÇÃO À DECLIVIDADE (A) E À ALTITUDE (B).

No período compreendido entre 1986 e 1997, perdas da biomassa foram registradas em áreas mais planas (0-15°) e em altitudes inferiores a 1100m. De 1997 a 2005, no entanto, houve predominância de ganhos da biomassa em todas as classes de declividade. Quando porém a altitude foi analisada, observou-se que ocorreram perdas de biomassa acima de 1600m. Ao ser analisada a dinâmica de mudanças no terceiro período, entre 2005 e 2009, observa-se que volta a existir predominância de perdas nas zonas mais planas, com predominância de perdas também acima de 1400m de altitude.

Os mapas de detecção de mudanças mostram na Figura 3 aumento de cobertura florestal/vegetal. Neste ponto, tem havido regeneração da Floresta Ombrófila Mista sob área de campo, havendo suave aumento da biomassa. O local está ilustrado pela Foto 01 da Figura 6 onde é possível identificar que a floresta margeia a área em que o campo, abandonado, está em início de processo de sucessão.

Na Figura 4 os mapas de mudança mostram pouca mudança de biomassa. Neste local foi observado em campo que há cobertura florestal. Assim sendo, conforme observado na foto 02 da Figura 6 há poucas mudanças ao longo dos períodos de análise. Uma vez que a pouca dinâmica da floresta não tem sido muito captada pela imagem. É observado em campo na área compreendida pela Figura 5, que há algum desenvolvimento de vegetação de sub-bosque. Essa vegetação, segundo o proprietário da área, tem se desenvolvido nos últimos anos (FOTO 03 Figura 6). Os mapas de mudanças mostram claramente que tem havido um ganho de vegetação neste local. Neste caso, há captação deste desenvolvimento devido à abertura do dossel promovido pela ocorrência de exemplares não contíguos de *Araucaria angustifolia*.

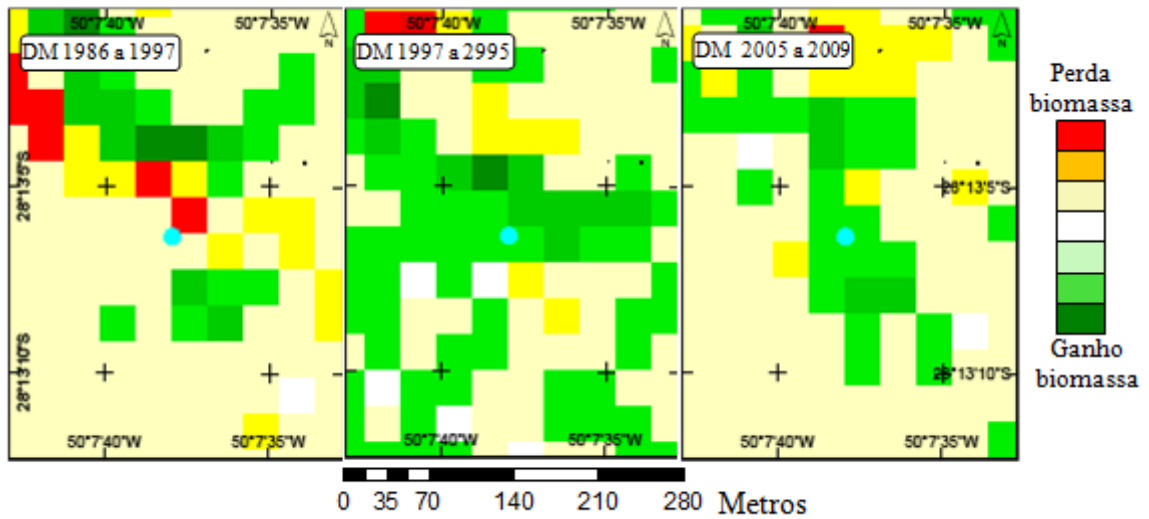


FIGURA 3. DINÂMICA DE ÁREA IDENTIFICADA COMO 'REGENERAÇÃO NATURAL', AINDA CLASSIFICADO COMO 'CAMPO', NO LEVANTAMENTO DE CAMPO DE 2010. ALTITUDE 1.008 m; DECLIVIDADE 2,13°.

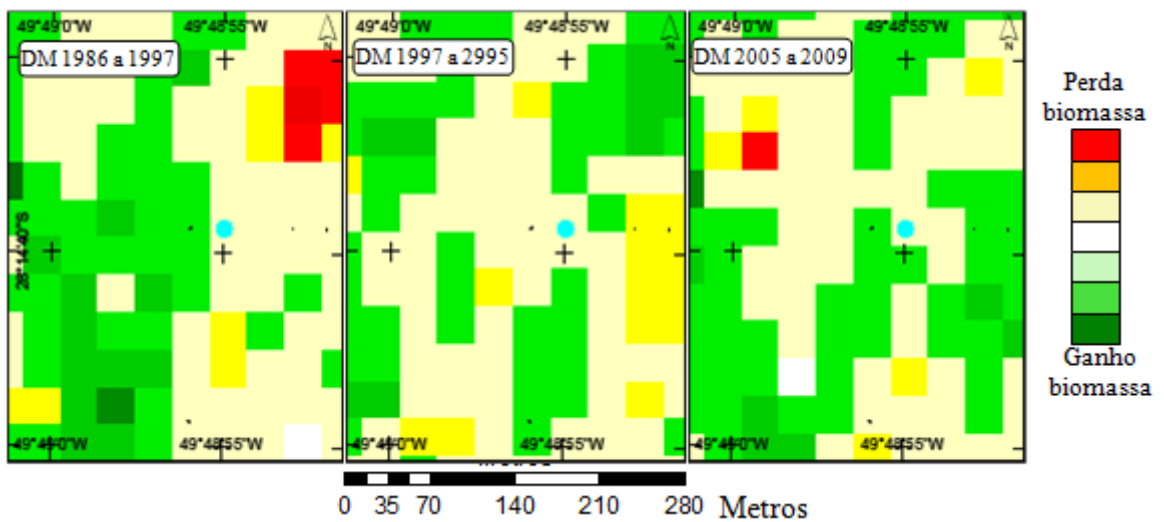


FIGURA 4. DINÂMICA DE ÁREA IDENTIFICADA COMO FLORESTA. ALTITUDE 1.509 m; DECLIVIDADE 13,79°.

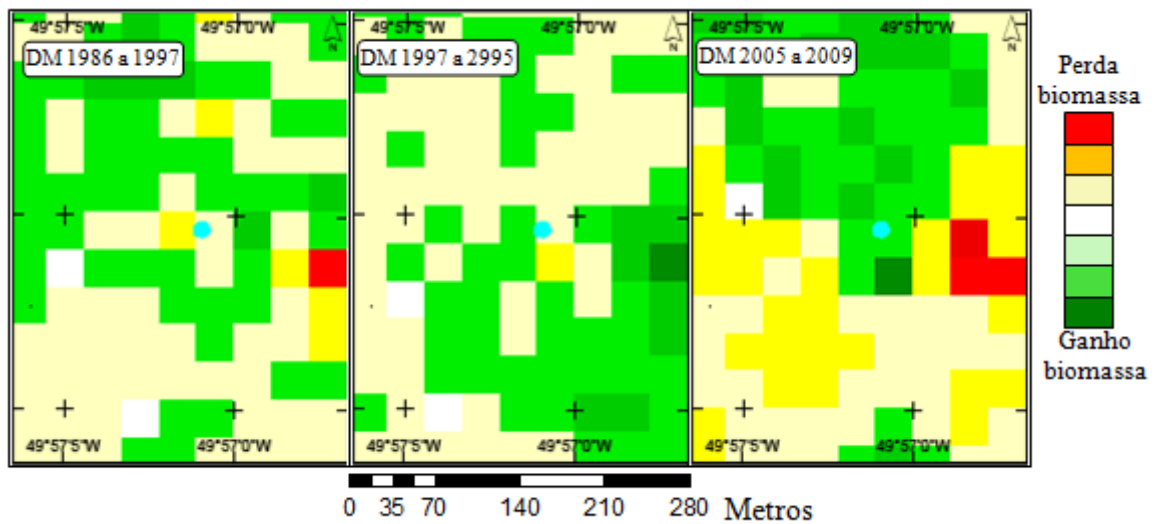


FIGURA 5. O 3º MAIOR PINHEIRO DE SC; FAXINAL. ALTITUDE 1.249 m; DECLIVIDADE 7,59°.



FIGURA 6. FOTOGRAFIAS ILUSTRATIVAS DAS SITUAÇÕES AMOSTRADAS NAS FIGURAS 3, 4 E 5, RESPECTIVAMENTE.

#### 4. DISCUSSÃO

A porcentagem consideravelmente alta de mudanças não significativa indica que a paisagem analisada está em ritmo desacelerado de transformação. Ao serem enfatizados os resultados nas classes com maior separabilidade, ou seja, aquelas com mudanças significativas, possíveis erros provenientes de efeitos radiométricos foram eliminados ou muito reduzidos (ALMUTAIRI; WARNER, 2010). O que foi observado é que as mudanças mais significantes tem estado relacionadas principalmente a determinados setores na paisagem, especialmente em



áreas mais planas em fundos de vales. Pode-se também observar que estas estão mais concentradas ao longo dos dois principais cursos d'água da região, ao Norte o rio Canoas e ao Sul o rio Pelotas. Nota-se, porém, que a situação de ambos diferencia-se no tipo de mudança ocorrida, uma vez que ao longo do Rio Canoas as transformações da paisagem tomaram o rumo da supressão e posterior plantio de hortaliças, que é a cultura agrícola de maior expressão no município de Urubici ("IBGE - CIDADES@," N.D.; SEBRAE/SC, 2010), no curso longitudinal do Rio Canoas. Ao longo do rio Pelotas, por sua vez, encontra-se considerável ganho, expresso principalmente no primeiro período de análise e representado por sucessão da Floresta Ombrófila Mista sobre áreas antes suprimidas (KOCH; CORRÊA, 2002).

As técnicas aplicadas permitem a verificação da transição entre os estados de uma paisagem, quais sejam, Estado Histórico ou Original, em que a cobertura vegetal é a nativa; Estado Alterado, quando a cobertura vegetal está sendo submetida a pequenas modificações na estrutura do ecossistema, mas sem perdas na qualidade do solo; ou ainda, Estado Degradado, aquele em que a comunidade vegetal está sendo submetida a modificações maiores, levando a perdas na qualidade do solo, erosão e mudança nos processos ecológicos que governam as transições (BROWNING; STEELE, 2013). Verificou-se que são possíveis dois rumos distintos de transição nesta paisagem, sendo eles adversos entre si. No primeiro, em que a transição se dá desde os ecossistemas campestres para os ecossistemas florestais implicam transição do Estado Original para o Estado Alterado, quando considerarmos que o Estado Original da paisagem é dominado por campos entremeados às florestas, e que um estado dominado por árvores e arbustos indica alteração, como o constatado por (BROWNING; STEELE, 2013). No segundo, por sua vez, quando parte-se da ideia de que a paisagem dominada por ecossistemas campestres está em Estado Alterado, por ter sido submetido anteriormente à primeira transição (desmatamento), a transição ocorre no sentido ao Estado Original, em que a cobertura por árvores e arbustos represente aspectos naturais e/ou históricos. A expansão das florestas pode implicar no abandono de áreas agrícolas e pastoris e, sua conversão, ou transição em áreas florestais (ARAYA; CABRAL, 2010). A carga conceitual sobre a originalidade da paisagem estudada, no entanto, não está exaurida, mas, de qualquer forma, o método proposto torna evidente que, na maior parte dos setores da paisagem, predomina o aumento no NDVI, ou seja, da biomassa.

Deve-se observar com atenção a diminuição da biomassa em maiores altitudes registrada nos dois últimos períodos analisados e que pode implicar em alteração nos remanescentes florestais aí existentes. Embora, nas mais altas regiões da área, predominem os campos de altitude, sendo este, definitivamente, seu Estado Original. Por serem muito menores, e devido à resolução espacial, as áreas entre 1.700 e 1.800m de altitude são formadas por pixels mistos,

porém, de qualquer forma, em zonas consideradas de alto risco ambiental. As áreas mais íngremes e, justamente por isso, de alta fragilidade, no entanto, apresentaram ganhos de biomassa em todos os períodos analisados. Os resultados foram o esperado para a perda de biomassa em áreas mais planas, mas, por outro lado, a redução no ritmo de perdas pode implicar que i) as culturas estão mais perenizadas neste setor; ou, ii) a transição para ecossistemas florestais reflete aquilo que foi comentado por Araya e Cabral (2010), em abandono de áreas por declínio da agricultura. Embora, neste aspecto, a expansão da Floresta com Araucária é excludente em zonas com saturação hídrica (GALVÃO; AUGUSTIN, 2011) deve-se considerar que a menor expansão da Floresta com Araucária nas áreas mais planas pode indicar a existência destas zonas.

## 5. CONCLUSÕES

Os dados de campo comprovam que o método de diferença simples tem sido eficiente para a detecção de mudanças ocorridas na dinâmica entre ecossistemas campestres e início do desenvolvimento de ecossistemas florestais.

Torna-se bastante importante no caso de estudos que envolvem o NDVI, que as datas de obtenção das imagens sejam em estação semelhante do ano para evitar falsas mudanças. Quando, porém os estudos envolvem a dinâmica floresta/não floresta, a sazonalidade é menos importante pois o estado fisiológico do ecossistema alvo não é fator limitante à análise, mas, em caso de regiões em há sazonalidade de manejo do solo, como as queimadas por exemplo, deve-se observar a obtenção de imagens na mesma época do ano.

Foi verificado através do método de detecção de mudanças por diferença simples transição entre os ecossistemas analisados. Houve também boa detecção de sub-bosque, quando este se encontra sob cobertura não contígua de árvores que compõem o dossel. No entanto, a dinâmica entre estágios sucessionais florestais não é detectado pelo método. Acredita-se que isso se deve ao fato de que o NDVI normaliza as informações de pixel, assim sendo, perde-se a sensibilidade necessária para a detecção de mudanças tão sutis.

Em termos gerais pôde-se verificar que a floresta está em expansão sobre as áreas campestres, especialmente em alguns setores da paisagem, como as zonas não planas, por exemplo, e, na última década, nas menores altitudes. Os resultados corroboram com os dados de campo que mostram que a Floresta com Araucária tem expandido na área. A menor intensidade

na expansão sobre áreas planas e nas maiores altitudes pode estar relacionada às zonas hidromórficas.

Para seu melhor desempenho, o método de diferença simples o rigor no co-georreferenciamento das imagens deve ser primarizado, assim como a proximidade entre as datas de obtenção das mesmas. Outro fator de favorável ao método é sua capacidade de avaliar grandes extensões de terra de forma consistente e com técnicas de menor complexidade. A disponibilidade de imagens de satélite de resolução moderada a custo praticamente zero representa ferramenta bastante valiosa para gestores e planejadores da paisagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMUTAIRI, A., WARNER, T.A., Change Detection Accuracy and Image Properties: A Study Using Simulated Data. **Remote Sensing** 2, 1508–1529. 2010

ARAYA, Y. H.; CABRAL, P. Analysis and Modeling of Urban Land Cover Change in Setúbal and Sesimbra, Portugal. **Remote Sensing** 2, 1549–1563. 2010

BOVOLO, F.; BRUZZONE, L. A detail-preserving scale-driven approach to change detection in multitemporal SAR images. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, vol. 43, n° 12. December 2005. doi: 10.1109/TGRS.2005.857987 2005

BROWNING, D.; STEELE, C. Vegetation Index Differencing for Broad-Scale Assessment of Productivity Under Prolonged Drought and Sequential High Rainfall Conditions. **Remote Sensing** 5, 327–341. 2013

BRUZZONE, L.; COSSU, R. An Unsupervised Change Detection Technique Robust to Registration Noise. **IEEE Explore Transaction on Geoscience and Remote Sensing**. 0-7803-7536-X. 2002

BRUZZONE, L.; COSSU, R. An Adaptive Approach to Reducing Registration Noise Effects in Unsupervised Change Detection. **IEEE Explore Transaction on Geosciences and Remote Sensing**, vol Vol. 41, n° 11, Novembro, 2003. doi: 10.1109/TGRS.2003.817268. 2003

BRUZZONE, L.; BOVOLO, F.; MARCHESI, S. A Multiscale Change Detection Technique Robust to Registration Noise. A. Ghosh, R.K. De, and S.K. Pal (Eds.): PReMI 2007, LNCS 4815, **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, pp. 77–86, 2007.

CARVALHO JR, O. A.; SILVA, N. C. da. Detecção de Mudança Espectral uma nova metodologia para análise de séries temporais. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5635-5641. 2007

GALVÃO, F., AUGUSTIN, C. A Gênese Dos Campos Sulinos. **FLORESTA** 41, 191-200. 2011

GEOAMBIENTE FATMA. Mapeamento Temático Geral do Estado de Santa Catarina. **Relatório Técnico**: GEO-RLT-C0715-33608-01. 2008

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Mapa de Vegetação do Brasil**. 3ª. edição, Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, IBGE, mapa, 1:5.000.000. 2004

IBGE - **Cidades@** [www Document], n.d. URL <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> (accessed 2.1.13).

KOCH, Z., CORRÊA, M.C. **Araucária: A Floresta do Brasil Meridional**. Olhar Brasileiro, Curitiba. 2002

RADKE, R. J.; AL-KOFAHI, O.; ROYSAM, B. Image Change Detection Algorithms: A Systematic Survey. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, vol. 14, n° 03. March 2005. doi: 10.1109/TIP.2004.838698. 2005

SEBRAE/SC. Santa Catarina em Números: Urubici. 2010

ZHANG, P. *et al.*. A Reliability-Based Multi-Algorithm Fusion Technique in Detecting Changes in Land Cover. **Remote Sensing** 5, 1134–1151. 2013

### **CAPÍTULO 3. MAPEAMENTO DE ÁREAS HIDROMÓRFICAS NA SERRA CATARINENSE**

#### **RESUMO**

Os elementos campestres entremeados aos fragmentos de Floresta com Araucária são comuns na Serra Catarinense. Existem fortes indicativos de que parte dos campos da região, os não-hidromórficos sobre solos minerais, sejam resultantes da retirada da floresta ou do impedimento de seu avanço, cuja cobertura hoje, é inferior a 10%. Porém, os hidromórficos, exclusivamente sobre Organossolos, ocupando feições específicas na região, dão evidências de serem naturais, ainda que impactados,. O presente estudo teve como objetivo, mapear a localização dos campos hidromórficos, partindo de dados de campo comparados aos mapas de fatores hidrológicos produzidos principalmente a partir do modelo digital de elevação (MDE) e rede de drenagem. Os resultados mostram que o comprimento de fluxo superior a 400 m está positivamente correlacionado ( $p = 0,60$ ) à profundidade das zonas hidromórficas. Os relevos patamarizados e planos relacionam-se às zonas hidromórficas, porém, a escala do estudo não leva a caracterização final das mesmas.

**Palavras-chave: Serra Catarinense; campos naturais; Floresta Ombrófila Mista.**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A Floresta com Araucária ocupava área contínua dos planaltos do Sul do Brasil (KOCH e CORRÊA, 2002; SOS MATA ATLÂNTICA, 2005). Foi, no entanto, reduzida a menos de 10% de sua área original (LEITE; KLEIN, 1990) em virtude do processo de desmatamento ocorrido entre as décadas de 1940 e 1960. Durante o processo de desmatamento, chamado de ciclo da madeira, somente no município de São Joaquim cerca de 100 serrarias foram instaladas para explorar principalmente a *Araucaria angustifolia*, além, de outras espécies madeiráveis. Os tropeiros relatam que a floresta era muito densa e fechada que “caminhavam dias sem ver a luz do sol”, tal era a magnitude desta tipologia na Serra Catarinense.

Behling (2007 e 2002) e Thompson e Turk (1998) citam em seus estudos os processos de expansão e retração da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária). Segundo eles, durante o período da última glaciação (de 100.000 a 10.000 AP), com clima mais frio e seco do que o

atual, houve domínio dos ecossistemas campestres na região Sul do Brasil, seguido pelo processo de expansão da Floresta com Araucária. Os campos encontrados atualmente em São Joaquim e Urubici, são de naturezas distintas. Há aqueles que são hidromórficos e os que se estabelecem em condições de não-hidromorfia (CURCIO, 2006). Especialmente nas áreas hidromórficas, sobre Organossolos, as espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista não se estabelecem. O propósito deste artigo foi, usando ferramentas de modelagem hidrológica, detectar na paisagem dos municípios de Urubici e de São Joaquim, Santa Catarina, sob quais condições os campos naturais (hidromórficos) são recorrentes, a fim de identificar regiões de não expansão da Floresta com Araucária.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 COLETA DE DADOS NO CAMPO**

Descrita no Capítulo 1 - Contextualização, subitem 6.

### **2.2 BASE CARTOGRÁFICA**

As cartas de curva de nível, hidrografia e estradas foram obtidas da mapoteca da Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) (EPAGRI/IBGE, 2004) (TABELA 1). Estas cartas, disponibilizadas em meio digital, foram integradas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), através do *software* Arc GIS 10.

TABELA 1. FONTES DE DADOS

<b>DADOS</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FONTE</b>
Modelo Digital de Elevação - MDE	1:50.000	Epagri
Hidrografia	1:50.000	
Estradas	1:50.000	
Curvas de Nível	1:50.000	
Solos	1:250.000	Embrapa Solos

Tendo em vista que o interesse neste estudo foi analisar a distribuição das áreas hidromórficas que compõem a paisagem dos municípios de São Joaquim e Urubici, foi elaborada uma máscara de altitude a fim de eliminar as áreas inferiores a 1.000 m, com o objetivo de limitar o estudo às áreas com a mesma geologia, tendo em vista que abaixo desta cota encontram-se rochas sedimentares, o que não garantiria a homogeneização de pontos amostrais.

A declividade menor ou igual a 10° foi gerada a partir do MDE e é apresentada na FIGURA 1.

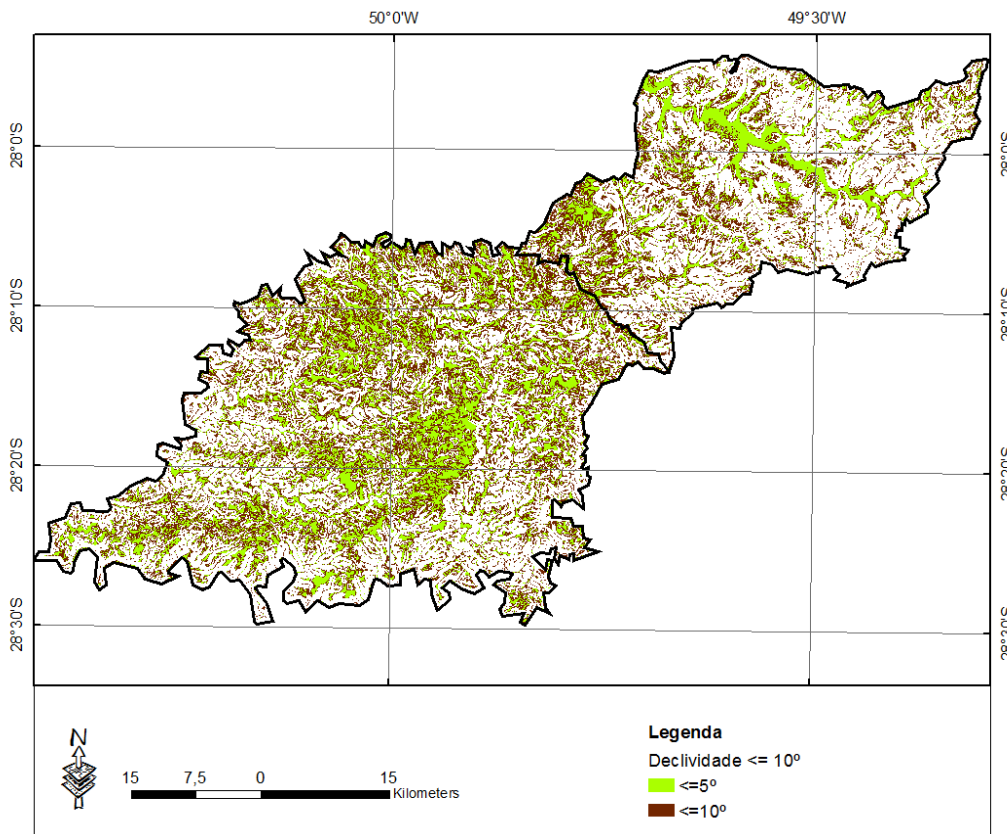


FIGURA 1. MAPA DE DECLIVIDADES MENORES QUE 10°.

As variáveis descritas nesse artigo consideraram as ferramentas de modelagem hidrológicas apresentadas nas Figuras 2 a 5. Os algoritmos usados para a obtenção destas variáveis são descritos por Jenson e Domingue (1988), os quais são baseados na análise do Modelo Digital de Elevação (MDE). Estes algoritmos, aplicados para os estudos hidrológicos, analisam as variações da superfície da Terra sendo que estes, por sua vez, podem ser conectados a modelos ecológicos (THOMPSON; BELL; BUTLER, 2001).

O direcionamento de fluxo é dado pela direção da água que fluirá de cada *pixel*, decodificada para corresponder a um entre os oito *pixels* que o circundam. Quando todos os *pixels* vizinhos tiverem valores mais altos do que a célula do centro, o valor de direcionamento de fluxo será considerado negativo, ou seja, sem direcionamento de fluxo definido (FIGURA 2). Se um *pixel* X de uma matriz correspondente a um MDE, por exemplo, tiver o *pixel* de menor elevação para a esquerda, então este pixel será codificado X = 16, conforme segue:



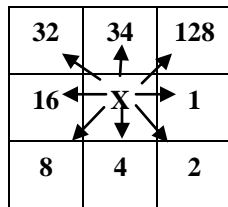


FIGURA 2. DIRECIONAMENTO DE FLUXO. ADAPTADO DE JENSON E DOMINGUE (1988) E GREENLEE (1987).

A acumulação de fluxo é a assinatura recebida pelo *pixel* com o número de *pixels* que fluem para ela. *Pixels* com acumulação de fluxo igual a zero são, geralmente, as células localizadas nos divisores de água (FIGURA 3).

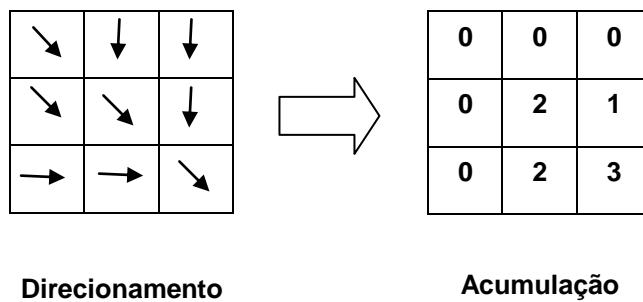


FIGURA 3. ACUMULAÇÃO DE FLUXO. ADAPTADO DE TARBOTON *ET AL.* (1991) E JENSON E DOMINGUE (1988).

A área de drenagem constitui a área de contribuição a montante do ponto que se deseja analisar (FIGURA 4).

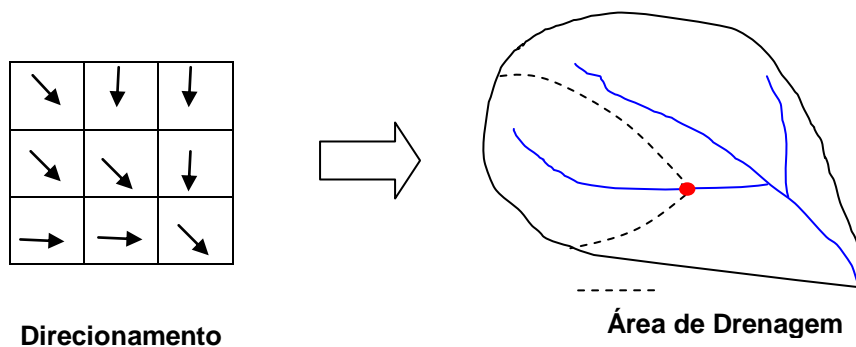
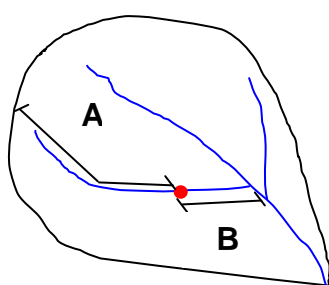


FIGURA 4. ÁREA DE DRENAGEM. ADAPTADO DE JENSON E DOMINGUE (1988).

O comprimento de fluxo pode ser definido a montante e a jusante. O fluxo a montante é calculado a partir da mais longa distância de uma trajetória de fluxo até o topo de um divisor de águas. O fluxo a jusante é a mais longa distância ao longo de um trajeto de fluxo até um abaciado (FIGURA 5).

Primeiramente foi calculado o direcionamento de fluxo baseado na grade triangular irregular (TIN). Em seguida é calculada a acumulação de fluxo, o qual define as áreas com maior concentração de fluxo hídrico existente na área. Assim, tem-se o mapeamento das áreas de drenagem.



**A = fluxo a montante;**  
**B = fluxo a jusante.**

FIGURA 5. COMPRIMENTO DE FLUXO. ADAPTADO DE JENSON E DOMINGUE (1988).

Ainda foi necessário realizar o cálculo do comprimento de fluxo de cada ponto amostrado em campo de modo a analisar se esta variável interferiria na ocorrência de hidromorfia. Para tal, este cálculo foi realizado de forma semi-manual através do traçado de uma linha, no sentido vertente acima, de cada ponto amostral (276 no total). A base deste traçado foi o mapa de curvas de nível, o mapa criado com o direcionamento de fluxo da área de estudo e o mapa de áreas de drenagem. A partir das linhas criadas foram calculados os comprimentos de fluxo.

## 2.3 RELAÇÕES ESTATÍSTICAS

A espacialização da variável dicotômica hidromorfia, a qual foi amostrada em campo, pode estar estatisticamente relacionada à algumas outras variáveis de campo ou de mapa, tais como solo, por exemplo. A existência desta relação foi testada através de regressão logística binária. A

variável dependente  $y$  é a variável dicotômica hidromorfia, em que '0' representa pontos não hidromórficos e '1' representa pontos hidromórficos. A regressão logística binária é usada para prever a probabilidade de uma determinada variável dependente ser prevista em uma dentre as categorias positiva '1' ou negativa '0' (HOSMER; LEMESHOW, 2004; BEWICK; CHEEK; BALL., 2005; BAYAGA, 2010). Neste caso, serão testadas a força das variáveis e sua relação na categorização dos pontos amostrados em hidromórficos ou não hidromórficos.

As variáveis de mapa analisadas foram:

- Text. - Textura do Horizonte A;
- Horiz. A - concentração de matéria orgânica;
- Veget. - tipo de vegetação;
- Relevo;
- Saturação;
- Frac\_2 cm - concentração de rochas dentro de 2 cm;
- Prof\_Solo - Profundidade do solo até a rocha;
- Drenagem;
- Cor do solo;
- Uso do solo - uso e cobertura do solo (EPAGRI/IBGE, 2004):
- Compos. - composição perfil;
- Declividade;
- Altitude;
- TWI - Os índices de umidades (TWI) são derivados de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e têm sido recentemente testados em superfícies artificiais (QIN *et al.* 2011; HAO *et al.* 2005).

As variáveis de campo são:

- Hidrom. - Hidromorfia (0 - ausência; 1 - presença);
- Profund. - Profundidade (medida com trado e haste de penetração de solo);
- *Surface* - distância, representada pela superfície de escoamento do ponto, calculada em SIG entre o ponto analisado e o ponto mais à montante da área de sua drenagem.

Nos modelos de regressão logística binária foram usados 170 pontos dos 276 amostrados em campo, com eliminação daqueles com falta (*lack*) de dados. Os modelos foram testados com entrada completa e também com a permutação de variáveis, com seleção *Forward*, ou seja, o modelo começa com nenhuma variável e testa a entrada de cada variável até que o melhor modelo seja encontrado. Os testes são feitos através da mudança na verossimilhança (*likelihood*) (BEWICK; CHEEK; BALL, 2005; BAYAGA, 2010).

Uma Rede regular de pontos com equidistância de 1.000 m foi gerada sobre a área de estudo. A mesma teve como objetivo analisar a correlação existente entre a ocorrência das áreas hidromórficas e os atributos do meio físico dentro de uma amostragem maior do que os dados amostrados em campo (extrapolação).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 AVALIAÇÃO DA AMOSTRAGEM**

A análise das características da paisagem na área de estudo indica que a declividade se encontra substancialmente entre 5 e 15° (FIGURA 6a) e as altitudes entre 1.200 m e 1.300 m s.n.m. (FIGURA 6b). Os Neossolos litólicos compõem a principal porção da paisagem (FIGURA 6c) e especialmente constituídos por Horizonte A proeminente (FIGURA 6d).

Como o objetivo do estudo foi analisar o fator determinante da ocorrência das áreas hidromórficas e de Organossolos, a maioria dos pontos amostrais levantados em campo encontra-se em relevos planos, ou seja, até 10° de declividade.

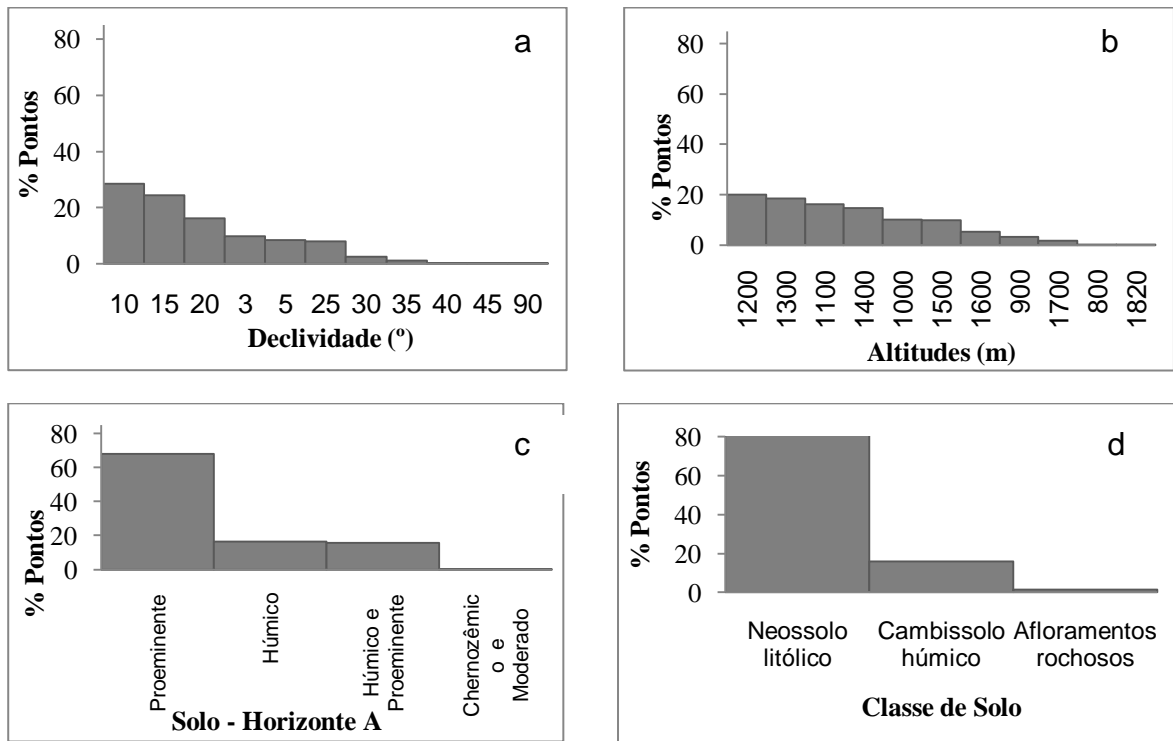


FIGURA 6. DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA EM CLASSES DE: A) DECLIVIDADE; B) DE ALTITUDE; C) DE SOLOS E D) DE HORIZONTE A.

Em relação à altitude, foram amostrados pontos em todas as classes, no intervalo compreendido entre 1.000 m e 1.800 m s.n.m., de forma a diluir a influência da altitude na localização das áreas planas, ou mesmo inferir sobre sua influência na localização destes pontos. A maioria dos pontos amostrados encontra-se em áreas planas a onduladas (FIGURA 7a), distribuídas em todas as classes de altitude, mas com forte concentração entre 1.000 m e 1.300 m da altitude (FIGURA 7 b), acompanhando a tendência de acomodação do relevo (FIGURAS 6a e b).

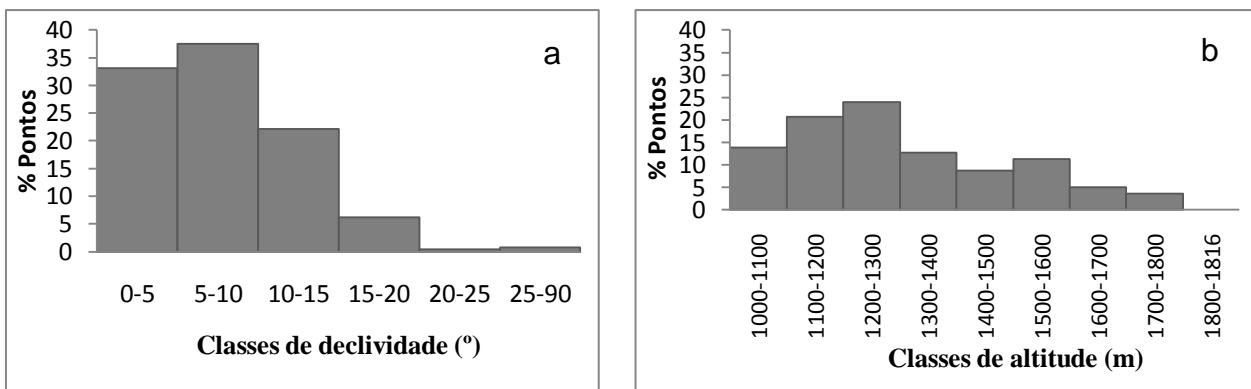


FIGURA 7. DISTRIBUIÇÃO DOS 276 PONTOS AMOSTRADOS EM CAMPO POR CLASSE DE DECLIVIDADE E DE ALTITUDE.

### 3.2 DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS HIDROMÓRFICAS

A hidromorfia é determinante para que as áreas sejam ocupadas por ecossistemas florestais ou campestres, sendo que a colonização natural de espécies é determinada pela pedologia. Os solos hidromórficos na região de São Joaquim e Urubici estão dispersos em toda a paisagem e ocorrem, potencialmente, em relevos planos. A ocorrência de Cambissolos nesta paisagem está associada à existência de áreas contínuas de relevos planos (até 10°) assim como em cabeceiras planas em São Joaquim e no Vale do Canoas, em Urubici. No detalhe da FIGURA 8 a é possível a identificação visual das florestas e campos a qual deu-se pela composição de bandas 5, 4 e 3 (RGB), que representa bom contraste entre as formas de vegetação, no qual o verde identifica a Floresta com Araucária, localizada nas áreas mais íngremes, e o magenta identifica os campos localizados nas faces mais planas. Predominam as faces planas nos ambientes patamarizados de altitude (FIGURA 8b). A distribuição da exposição das vertentes em todas as classes de direcionamento de fluxo demonstra que o relevo é acidentado com faces de dissecação em todos os sentidos (FIGURA 8c).

As áreas planas (com declividades inferiores a 10°) localizam-se por toda a área de estudo (FIGURA 9d). A acumulação de fluxo é baixa na maior parte da área de estudo (FIGURA 8e). Ao contrário, o fluxo a jusante é distribuído especialmente entre as classes 'médio a alto' (FIGURA 8f). O fluxo a montante predomina entre 'médio a baixo' na área (FIGURA 8g). Predominam na região áreas pequenas de contribuição.

Em relação aos pontos amostrados constatou-se que a acumulação de fluxo não foi determinante para a existência da hidromorfia na área de estudo, uma vez que a grande maioria (95%) dos pontos amostrados em campo encontra-se em áreas de baixa acumulação de fluxo. Da mesma forma, apenas 87% dos pontos amostrados estão localizados em áreas de fluxo a montante baixo a médio, revelando que também este fator isolado não é determinante para a presença de hidromorfia. No entanto, quando analisado o fluxo a jusante, 96% dos pontos analisados encontram-se em áreas de média à alta intensidade. Daí poder-se-ia sugerir que o fluxo a jusante é o fator determinante da existência de áreas hidromórficas (FIGURA 9). Porém, há de se salientar que toda a área pertence a classe, não sendo possível, portanto confirmar tal informação. Em todos os pontos amostrais analisados, a profundidade média foi de 34,7cm (desvio padrão = 23,06 cm; mediana = 30,0 cm; moda = 60 cm). A profundidade é um fator bastante correlacionado com a existência de áreas hidromórficas, corroborando com Lark (1999)

para quem não somente fatores topográficos influenciam na formação dos solos ou ainda na distribuição de água no mesmo, mas que pequenas variações nas formas do terreno podem levar a diferenças de concentração de material parental e que possivelmente levam a estas diferenças. Em muitos pontos amostrados a profundidade é menor que 10 cm não impedindo, no entanto, a ocorrência de espécies arbóreas. Em muitos locais, onde o solo é mineral, ocorrem pequenos capões de floresta preservados. Apenas 22% das amostras de campo registradas como hidromórficas estão correlacionadas às superfícies planas. Logo, não é possível afirmar que sejam as áreas planas as únicas responsáveis pela existência de áreas hidromórficas, especialmente na escala de estudo. A melhor correlação observada com a hidromorfia foi a profundidade de solos (55%), sendo que as áreas hidromórficas são geralmente mais profundas que a média dos solos minerais existentes na região (FIGURA 9).

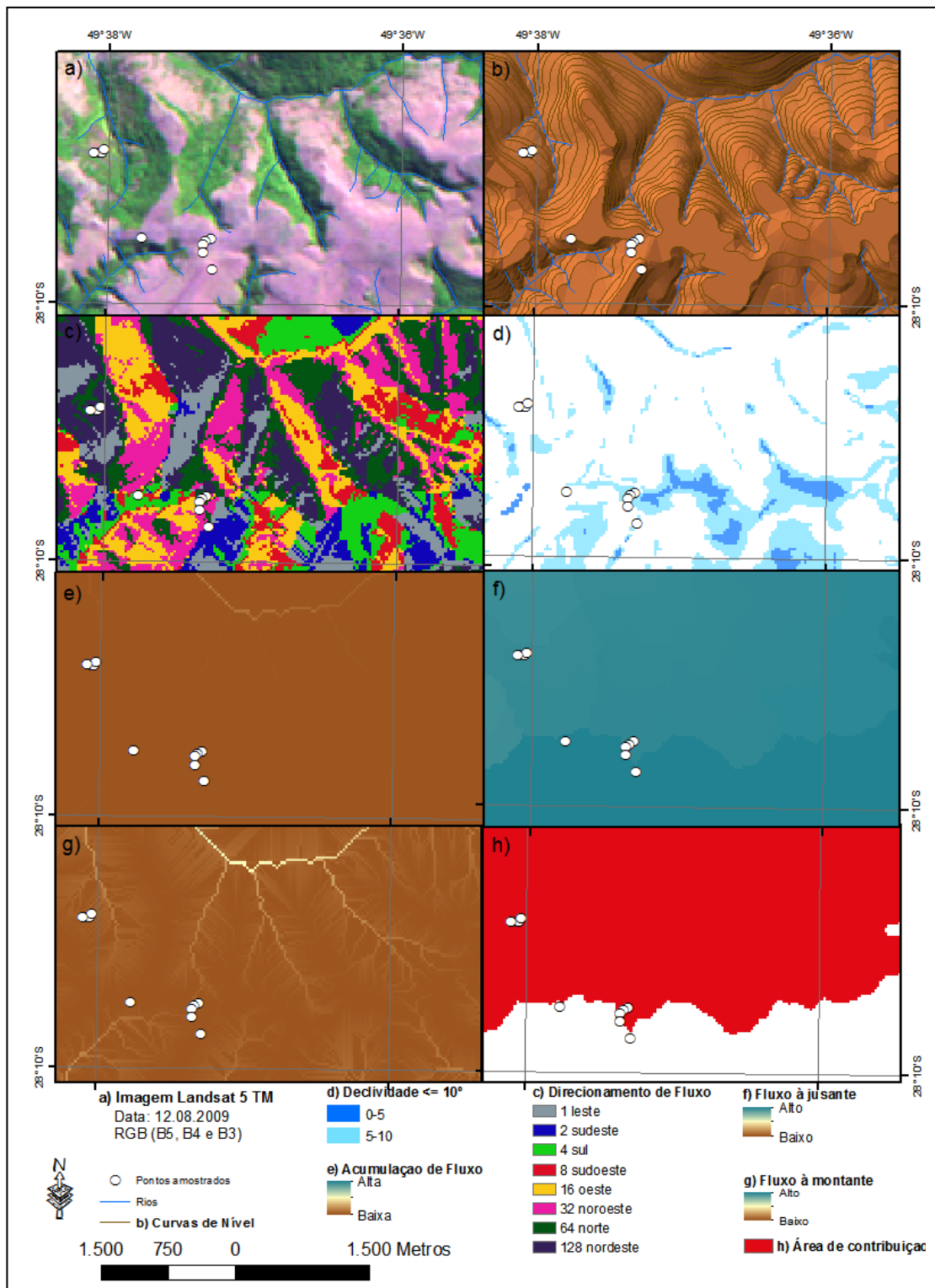


FIGURA 8. DETALHE DE UMA ÁREA MOSTRANDO A DINÂMICA HÍDRICA E OS PONTOS AMOSTRADOS.



No contexto da área de estudo, estas são as únicas parcelas de terra que são mais profundas que as demais. Em áreas acima de 1.500 m de altitude, solos rasos são muito mais frequentes, com profundidade menor do que 10 cm. Nas áreas hidromórficas foram amostrados pontos com profundidade média de cerca de 50 cm, dos quais 73% encontram-se em Neossolo litólico e 27% em Cambissolo húmico, na macro-escala.

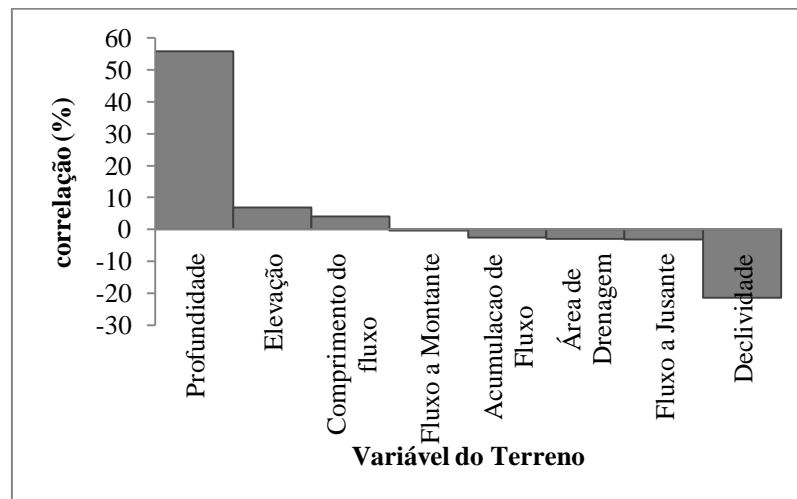


FIGURA 9. CORRELAÇÕES (%) ENTRE A VARIÁVEL HIDROMORFIA (ANALISADA EM CAMPO) E VARIÁVEIS DE TERRENO EM TODOS OS COMPRIMENTOS DE FLUXO.

A Tabela 2 apresenta os principais resultados estatísticos obtidos na análise de regressão.

TABELA 2. MODELOS DE REGRESSÃO LOGÍSTICA BINÁRIA.

Nº modelo	Linha corte	Variáveis no modelo* / entrada de variáveis**	-2 Log Likelihood	R <sup>2</sup>		Hosmer e Lemeshow			Sucesso (%)		
				CoxeSnell	Nagelkerke	Qui-quadrado	g.L	Sig	0	1	Global
1	0,5	Todas / Entrada	116,194	0,427	0,601	13,151	8	0,107	93,2	69,8	85,9
2		Campo / Forward	155,446	0,279	0,392	21,476	8	0,006	94,9	64,2	83,5
3	0,5	Mapa / Forward	287,563	0,074	0,106	10,198	8	0,251	96,1	18,9	74,1
4		Mapa / Forward (2 modelos)	271,685	0,130	0,186	7,513	8	0,482	92,8	28,4	74,1
5	0,5	Campo / Entrada	255,009	0,185	0,264	18,539	8	0,018	91,2	35,1	74,9
6		Mapa / Entrada	154,719	0,282	0,396	21,082	8	0,007	90,6	64,2	82,4

Legenda: \*quais variáveis entram no modelo (*Todas* as variáveis; variáveis de *Campo*; variáveis de *Mapa*); \*\*modo de entrada das variáveis (*Entrada completa*; *Forward*).

As variáveis de *Campo* são mais fiéis ao ajuste da variável resposta positiva (hidromorfia = 1), exceto quando buscou-se testar, ao invés da permutação de variáveis pelo método *Forward*, buscou-se a fixação de entrada de variáveis no sistema. Com este teste (modelo 6) viu-se que a presença de hidromorfia foi mais eficientemente ajustada.

Dentre as variáveis de campo, a profundidade é aquela que mais está relacionada com a hidromorfia e que regride melhor seus resultados, numa relação positiva, ou seja, quanto mais profundo o perfil, maiores são as chances de o ponto em análise ser hidromórfico. Desta forma testes resultados corroboram os dados de campo, especialmente no que diz respeito às áreas planas, em que o acúmulo de água e matéria orgânica é favorecido e resultam em perfis mais espessos,

O TWI expressa o índice de umidade com base no MDE e, quanto mais alto o valor do TWI, mais úmido o local, corroborando a informação regredida nos modelos. O relevo é mais expressivamente representado nos modelos pela classe de relevo forte ondulado a montanhoso. Na classificação o relevo, que vai desde a classe 1 = relevo forte ondulado até a classe 7 = relevo suave ondulado, apresentou coeficiente positivo, indicando que a suavização do relevo pode ser um fator propiciador de áreas hidromórficas. Partindo da classe 'forte ondulado a montanhoso' até a classe suave ondulado há um aumento na probabilidade de encontrar hidromorfias.

No entanto, os  $R^2$ 's das equações não passaram de 0,601, acusando que as variáveis exploratórias que entraram nos modelos não foram suficientes para a plena confiança nos mesmos ou, ainda, que fatores estocásticos e/ou outras variáveis não analisadas podem estar influenciando na presença da hidromorfia. É preciso lembrar que a região é formada por solos de origem vulcânica, principalmente basáltica e que os ambientes de características hidromórficas estão principalmente localizados em áreas planas, cujas vertentes a montante são grandes contribuidoras no aporte de água e sedimentos. Em solos de origem vulcânica a presença de solos com altos teores de argila é comum, assim como é possível que altas concentrações de argila em camadas mais profundas estejam causando a impermeabilização das áreas em que a hidromorfia se faz presente. A presença de hidromorfia pode ter duas origens principais: por surgência de água de lençol freático e, por deposição e acúmulo de fluxo de montante.. O acúmulo dá-se pelo não escoamento, devido à falta ou diminuta vazão, e pela baixa infiltração, esta podendo ser causada por impedimento em camada sub-superior ou inferior. Nas áreas estudadas, pode-se dizer impedimento em camada inferior, pois a profundidade foi um fator determinante na presença de áreas hidromórficas. O mapa de solos da região indica que na maioria absoluta da região são encontrados Neossolos litólicos. Estes solos são característicos por apresentarem pouca profundidade e altos teores de silte (EMBRAPA, 2006), resultando em

solos de baixa permeabilidade. A baixa permeabilidade dos Neossolos litólicos associada à suavização do relevo e, em alguns casos, ao contato com a matriz do solo em perfis mais profundos, podem estar provocando o acúmulo e, de acordo com a sua magnitude, a hidromorfia.

Amostras em outras classes de solo não foram coletadas dada a ocorrência preponderante destas duas classes na escala do mapeamento realizado pela Embrapa Solos (SOLOS..., 2004). Em apenas um ponto amostral dentre os hidromórficos ou semi-hidromórficos não foi observada a presença de pastoreio. Nos demais, embora as condições de solo e pastagem não fossem favoráveis (nem ao solo, nem ao gado), a presença de gado é constante. Da mesma forma, apenas um ponto amostral, dentre os hidromórficos, é circundado por floresta. Todos os demais são registros de campos. Apenas 36% destes pontos foram amostrados em áreas com declividade superior a  $10^\circ$ , resultantes, provavelmente, de fatores artificiais de represamento como, por exemplo, a presença de estradas. No levantamento de campo as variáveis comprimento do fluxo e declividade indicavam ser determinantes para a ocorrência de hidromorfia. Nas áreas que apresentam solos mais profundos são associadas às áreas hidromórficas em locais com declividade inferior a  $5^\circ$ .

Da mesma forma, todas as variáveis hidrológicas se tornaram mais relacionadas à hidromorfia quando as mesmas referem-se a áreas com declividades inferiores a  $5^\circ$ , onde o comprimento de fluxo relativo a cada ponto é superior a 400 m (FIGURA 10). Nota-se ainda, que a relação da declividade com a hidromorfia é constante, ou seja, não sofre influência com o comprimento do fluxo. Thompson, Bell e Butler, 2001 afirmam que as relações que envolvem gradientes de declividade podem estar relacionadas com a resolução do MDE. Apesar disso, é notável na FIGURA 11 que a profundidade das áreas hidromórficas torna-se maior em áreas em que o comprimento de fluxo é maior do que 400 m. Qin *et al.* (2011) afirmam que o gradiente máximo a jusante influencia mais na concentração da drenagem local do que o gradiente de declividade local. Nestas áreas a contribuição da encosta a montante aporta sedimentos nos abaciados e finais de rampa, resultando assim em pontos hidromórficos com profundidade elevada, muitas vezes superior a 1 metro.

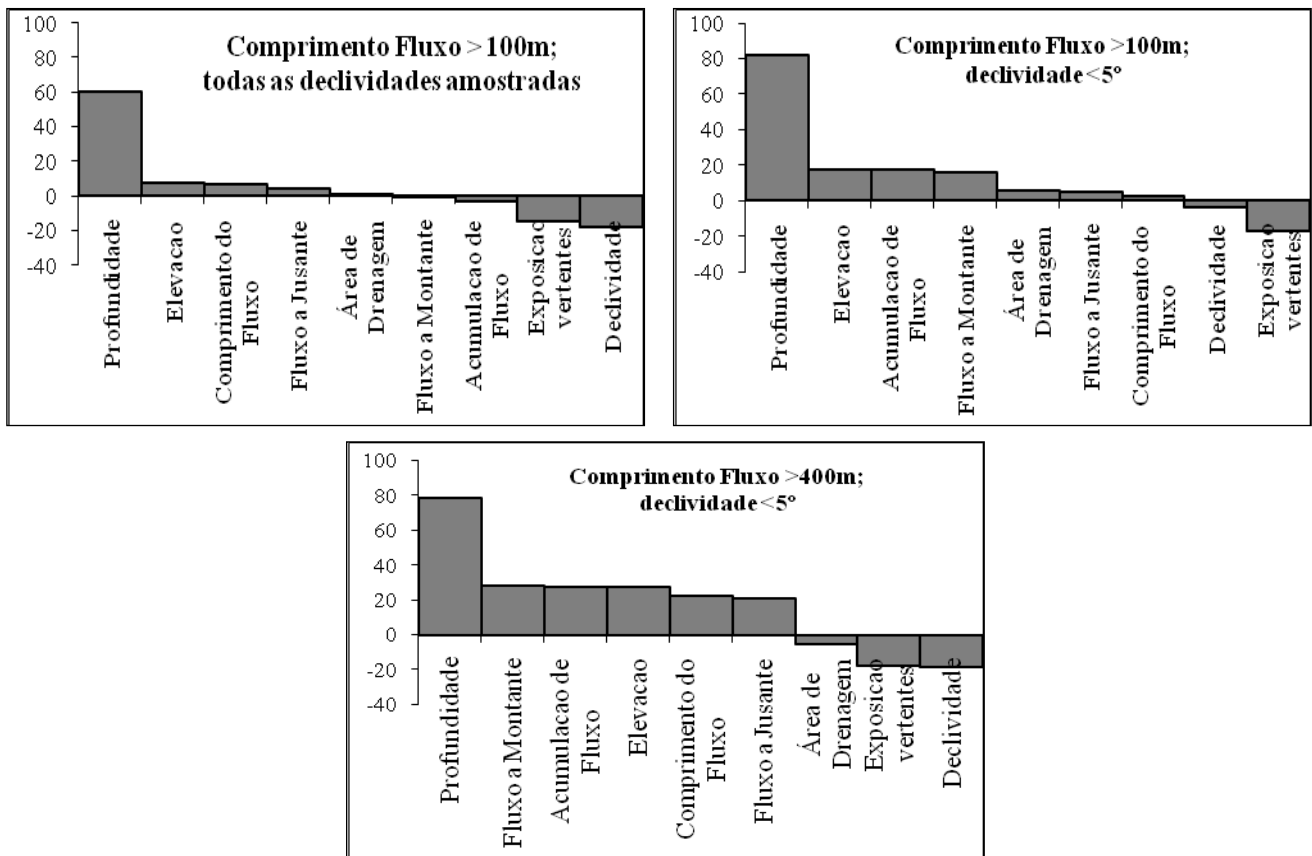


FIGURA 10. CORRELAÇÃO DA HIDROMORFIA COM AS DEMAIS VARIÁVEIS DO TERRENO, CONSIDERANDO O COMPRIMENTO DA ENCOSTA E A DECLIVIDADE: A) >100 M E TODAS AS DECLIVIDADES; B) > 100 M E DECLIVIDADE < 5°; C) > 400 M E DECLIVIDADE < 5°.

Analisando-se a partir das formas do relevo, as áreas hidromórficas têm, na área de estudo, sua gênese caracterizada pela localização e posição dos mesmos na paisagem e associadas aos relevos planos ou abaciados e/ou ao posicionamento no final de encostas com acúmulo permanente de água (FIGURA 11).

Nestas áreas a caracterização de ambientes tipicamente anaeróbicos define a existência de espécies herbáceas hidrófilas ou, em casos de semi-hidromorfia, higrófilas (SCHEER; CURCIO; RODERJAN, 2011; SEGER *et al.*, 2005). Nestas situações, é excludente a presença de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista. Estas ocupam, quando presentes, as adjacências onde a umidade mais moderada não representa restrições à sua expansão natural. As condições de fertilidade, e de pedregosidade, não são fatores impeditivos à expansão das espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista, como foi também afirmado por Puchalski, Mantovani e Reis (2006).

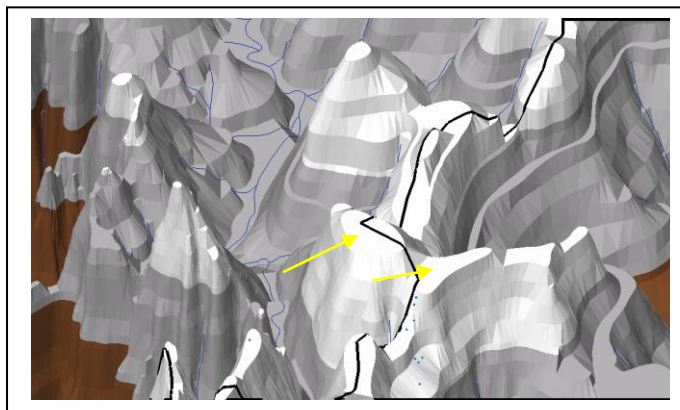


FIGURA 11. RELEVO PATAMARIZADO, INFLUÊNCIA DIRETA NA OCORRÊNCIA DE HIDROMORFIA. NO DETALHE, A LINHA PRETA INDICA O LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO E AS SETAS AMARELAS INDICAM OS PATAMARES.

Estas áreas também se comportam assim em estudos realizados no Estado do Paraná, igualmente na zona da Floresta Ombrófila Mista conforme Barddal (2002). A determinação exata das áreas úmidas que ofereçam tal restrição à expansão da Floresta com Araucária fica prejudicada no presente estudo pela escala de trabalho, causando a perda de detalhes, tais como pequenas ondulações do terreno (THOMPSON; BELL; BUTLER, 2001).

#### 4. CONCLUSÕES

Para as condições em que o estudo foi realizado é possível concluir que a declividade é fator preponderante para a ocorrência da hidromorfia.

Quanto maior for a encosta a montante, porém, maior será a profundidade e, provavelmente, a extensão das áreas hidromórficas e ocorrência de campos naturais. A localização das áreas hidromórficas foi parcialmente determinada e está mais relacionada a presença de áreas planas .

A escala e a resolução das imagens nas quais foi desenvolvido este estudo foram fatores limitantes, não permitindo a localização de zonas hidromórficas pequenas.

As variáveis de campo, dentre elas a profundidade, atuam melhor na estimativa da hidromorfia. Dentre as variáveis de mapa, o TWI e o relevo, apresentam melhor performance no ajuste da hidromorfia.

As florestas poderiam estar presentes numa proporção bem maior da paisagem, já que os solos não hidromórficos, são dominantes na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CURCIO, G. R.; GALVÃO, F. (Orient.). **Caracterização geomorfológica, pedológica e fitossociológica das planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil** . xxi, 488f. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 2006.

BARDALL, M. L. Aspectos Florísticos E Fitossociológicos Do Componente Arbóreo-Arbustivo De Uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial-Araucária, PR. Curitiba. UFPR: Pós-graduação em Engenharia Florestal, 2002.

BAYAGA, A. Multinomial logistic regression: usage and application in risk analysis. **Journal of applied quantitative methods**. 288 p. 2010

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Volume 177, Issues 1-2, 5 January 2002, Pages 19-27, ISSN 0031-0182, DOI: 10.1016/S0031-0182(01)00349-2.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, fire and climatedynamics of Serrado Aracatuba in the Atlantic coastal mountains of Paraná State, southern Brazil. **Veg.Histo.Archeobot**, 2007, 16:77-85. doi 10.1007/s00334-006-0078-2. 2007

BEWICK, V., CHEEK, L., BALL, J. Statistics review 14: Logistic regression. **Crit Care** 9, 112–118. 2005

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2. ed. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2006

EPAGRI. Mapoteca Topográfica Digital do Estado de Santa Catarina. **Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina**. 2004

GREENLEE, D. D. Raster and Vector Processing for Scanned Linework. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 53 (10): 1383–1387. 1987.

HAO, Z. *et al.* Twi-Map Support Vector Machine for Multi-classification Problems, in: Wang, J., Liao, X., Yi, Z. (Eds.), *Advances in Neural Networks – ISNN 2005*, **Lecture Notes in Computer Science**. Springer Berlin / Heidelberg, pp. 281–305. 2005

HOSMER, D.W., LEMESHOW, S. **Applied Logistic Regression**. John Wiley e Sons. 2004

JENSON, S. K., E DOMINGUE, J O. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 54 (11): 1593–1600. 1988

KOCH, Z e CORRÊA, M. C. **Araucária: a floresta do Brasil meridional**. Tradução de Peggy Paciornick Distéfano; ilustração de Têre Zagonel. Curitiba: Olhar Brasileiro, 148p. 2002

LARK, R. . Soil–landform relationships at within-field scales: an investigation using continuous classification. **Geoderma**, 92(3–4), 141-165. 1999. doi:10.1016/S0016-7061(99)00028-2.

LEITE, P.F.; KLEIN, R. M. Vegetação. **Geografia do Brasil: Região Sul** (Vols. 1-2, p. 429). Rio de Janeiro: IBGE. 1990

PUCHALSKI, Â., MANTOVANI, M., e REIS, M. S. dos. Variação em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. **Scientia Forestalis**, (70), 137-148. 2006

SANTA CATARINA (ESTADO). Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro 173p. 1986.

SCHEIBE, L. F. **A geologia de Santa Catarina: sinopse provisória**. GEOSUL, Florianópolis, v.1, n.1, p.7, 1986.

SEGER, C. D. *et al.* Levantamento Florístico e Análise Fitossociológica de um Remanescente de Floresta Ombrófila Mista localizado no município de Pinhais, Paraná-Brasil. **Floresta**. Curitiba, PR, v. 35, n. 2, mai./ago. 2005.

SOLOS.... SOLOS do Estado de Santa Catarina. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 2004

SOS MATA ATLANTICA. **Mata Atlântica : biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Editado por Carlos Galindo-Leal, Ibsen de Gusmão Câmara; traduzido por Edma Reis Lamas. – São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica — Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.

QIN, C. Z. *et al.* An approach to computing topographic wetness index based on maximum downslope gradient. **Precision Agriculture** 12, 32–43. 2011.

THOMPSON, J. A.; BELL, J. C.; BUTLER, C. A. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling, **Geoderma**, Volume 100, Issues 1-2, March, 2001, Pages 67-89, ISSN 0016-7061, DOI: 10.1016/S0016-7061(00)00081-1.



## **CAPÍTULO 4. A COMPARISON APPROACH TO LANDFORM CLASSIFICATION METHODS K-MEANS AND PAM IN MOUNTAINOUS AREAS OF SOUTHERN BRAZIL**

### **ABSTRACT**

This paper presents two automated classification systems of landform. In South American countries, the lack of reliable information is very common. Steppes (grasslands) currently comprise large portions the Atlantic Forest Biome, at high altitudes of the Serra do Mar Mountains, and coexist in mosaics with Araucaria Forest, or in the highlands of the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina. In our study the region was first divided into three zones: Superior, Middle and Inferior. Then, from a Digital Elevation Model (DEM) an *achan* (altitude above channels) index, transformed wetness index (TWI) and an insolation (solar insolation) index was derived in a SAGA GIS. The Non-hierarchical clustering techniques K-means and PAM (Partitioning Around Medoids) were then applied. The isolated clusters were analyzed for possible spatial patterns. Following the proposal, MNL was applied to explore landscape relationships. The relative homogeneous regions permitted delimitation of nine clusters as classes: backslope; floodplain; shoulder; valley bottom; mixed; regressive erosion; highslope; summit and mild slope. The landscape history seems to be strongly related to the landform. K-means is a better classifier for studying lowlands and PAM is more relevant to stepper zones. The methodology is replicable and can be applied to other geographical locations.

**Key-words: landforms; K-means; PAM; spatial patterns; landscape studies.**

### **1. INTRODUCTION**

Araucaria Forest once occupied a continuous area in southern Brazil (BIGG-WITHER, 1878; KLEIN, 1978; KOCH; CORRÊA, 2002; GALINDO-LEAL; CÂMARA; LAMAS, 2005). There is some evidence that the Araucaria forest covered larger areas on the highlands in the recent past (BEHLING, 2007; 2002; THOMPSON; TURK, 1998). However, due to the deforestation for livestock production between 1940 and 1960 it was reduced to less than 10% of its original area (LEITE; KLEIN, 1990).

The Santa Catarina Highlands landscape, as it is known today, is essentially composed of steppes with a mosaic of Mixed Atlantic Rain Forest (IBGE, 2004). The use of fire had been used widely as "a farming system" for centuries, where araucaria trees would literally "explode" (BIGG-

WITHER, 1878) in southern Brazil. The two main types of steppes found in the area are waterlogged soils and well-drained soils. Both have different floristic compositions (CURCIO, 2006; KOZERA, 2008).

Nowadays we can find the steppes (grasslands) hydromorphic and non-hydromorphic, as well as two forms of natural forest, early (initial stage) and moderate (medium stage) natural secondary regrowth.

Until recently, the literature described the steppes as a natural ecosystem, with no distinction between their types or even their different origins. However, questions persist as to whether the non-hydromorphic steppes are natural or not, whether they are located also in hydromorphic zones, and finally from ecosystem perspective, where the hydromorphic steppes are located within the landscape compartments. Once those zones are extracted it becomes feasible to locate the maximum land cover potential of the Araucaria forest.

In this research an effort was made to provide tools to try to answer these questions. To that end, so-called geomorphometry plays a special role in the water concentration, and with respect to landform, represents the main focus of this paper.

Landform studies are related to regions or geological formation levels. However, information about local landform is lacking, especially those influencing water saturation and sediment deposition, because the scale of spatial datasets such as DEMs is not adequate to achieve satisfactory results, and producing new base maps is relatively expensive. We pose the question of whether these dataset can describe landform in the study area and which classifier could best be used to fill the knowledge gap about landform information. To answer these questions, the classifiers K-means and PAM were tested.

## **1.1 OBJECTIVES**

In this study, two landform classifiers were analyzed, integrating a DEM, soil data, field samples, contour data, hydrological data, geology and landscape history. The main goal is to propose a sequence of steps to compare two landform classifiers: 1) the well-known K-means classifier; vs. 2) Partitioning Around Medoids (PAM), which is said to be more efficient at classification tasks. The goals in the analysis were: fill an information gap about existing landform in South Brazil, and to apply and test the original methods of Hengl to landform classification.

## 2. LITERATURE REVIEW

Natural regions in the landscape are often observed easily *in loco*. However, mapping or regionalizing a landscape, with the aim of describing well the patterns of landscapes has been the object of much research (BRYAN, 2006). The application of classification plays an essential role in science (KAUFMAN; ROUSSEEUW, 2008a) such as grouping plants and animal into taxons, people into their behaviors, archaeologist grouping artifacts, and so forth. The aim of much research in environmental sciences involves dividing the landscape into homogenous mapping units to discover patterns in natural ecosystems. Clustering is a statistical tool very useful in organizing large datasets into coherent groups (Kaufman and Rousseeuw, 2008a). Clustering is an exploratory data analysis, where no information is required in advance ("Cluster Analysis," 2008). Data could be grouped both according its similarity or dissimilarity ("CLUSTER ANALYSIS," 2008; PARK; JUN, 2009). A cluster itself is not easily described, so applying various clustering methods may result in clusters of similar or very different shapes (IZENMAN, 2008).

In the interior of the state of Santa Catarina, the highland escarpments, driven by sculpting forces, play a key role among the features of the landscape, such as the Trapps and Tablelands (*mesetas*) located at São Joaquim and Urubici municipalities (MAACK, 2001).

The primary focus of geomorphometry is the extraction of land-surface parameters and features from DEM data (PIKE *et al.*, 2009). Extracting the landform from this landscape has presented a challenge, and many studies to this effect have been conducted, especially through the use of DEM data. Most land-surface parameters or features are extracted from DEM data in general through neighborhood operations (EVANS, 2012). Landform was first extracted from a DEM (Digital Elevation Model) with k-means algorithms with the SAGA software with the objective to improve the accuracy of soil maps (HENGL, 2009). The limitations to obtaining the landform from cluster analysis are especially related to the input data where in many cases landform descriptors are not available at a suitable mapping scale. Under those conditions, the assumption of the best cluster method must be analyzed and confronted using the knowledge of specialist in order to fill the information gap.

Landform are spatial units with uniform properties (PIKE; EVANS; HENGL, 2009), generally three-dimensional features with area, that have the basic properties of size and shape (EVANS, 2012). Some attempts have been made to obtain landform using remotely sensed data, such as that proposed by (ZANI *et al.*, 2012) with Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data with a spatial resolution of 90m. The biggest problem with this method, as explained by the authors, is the

interference of vegetation in the interpretation of the landform. A similar strategy to derive landform from the 90m SRTM-DEM data was adopted by ROSSETTI *et al.* (2011) to describe late Quaternary environments and they were successful in achieving their objectives. When the STRM-DEM 90m was reduced to 30m, Valeriano *et al.* (2006) concluded that the refinement was more suited to representing landform than the 90m DEM, although as expected the Kriging method used in that study smoothed out the detail in the DEM, retaining the important features necessary for drainage modeling. The scale of the DEM defines the level of detail in landform classification but even in the highest quality and most capable DEM, for the final landform classification some features are more difficult to classify than others (EVANS, 2012). Clustering landform to obtain a feature class map from a DEM and derived data has not previously been tested using the k-means and PAM classifiers.

### **3. STUDY AREA**

The municipalities of Urubici (101,683.3 ha) and São Joaquim (188,504.4 ha) are located in Santa Catarina, Brazil (FIGURE 1). The altitude in these municipalities varies between 800 and 1,800 m a.s.l.

The climate is classified as Koeppen Cfb (temperate warm), with average annual temperature of 13.2°C. The average temperature in the coldest month (June) is 9.4°C; and in the warmest month (February) is 17.2 °C. The total annual precipitation is 1,691 mm (SANTA CATARINA, 1986).

The geology in the region is the *Serra Geral* Formation, which covers nearly 50% of the state of Santa Catarina. The study site is formed basically of volcanic rocks and most of the soil is basalt (MAACK, 2001; SOLOS... 2004).

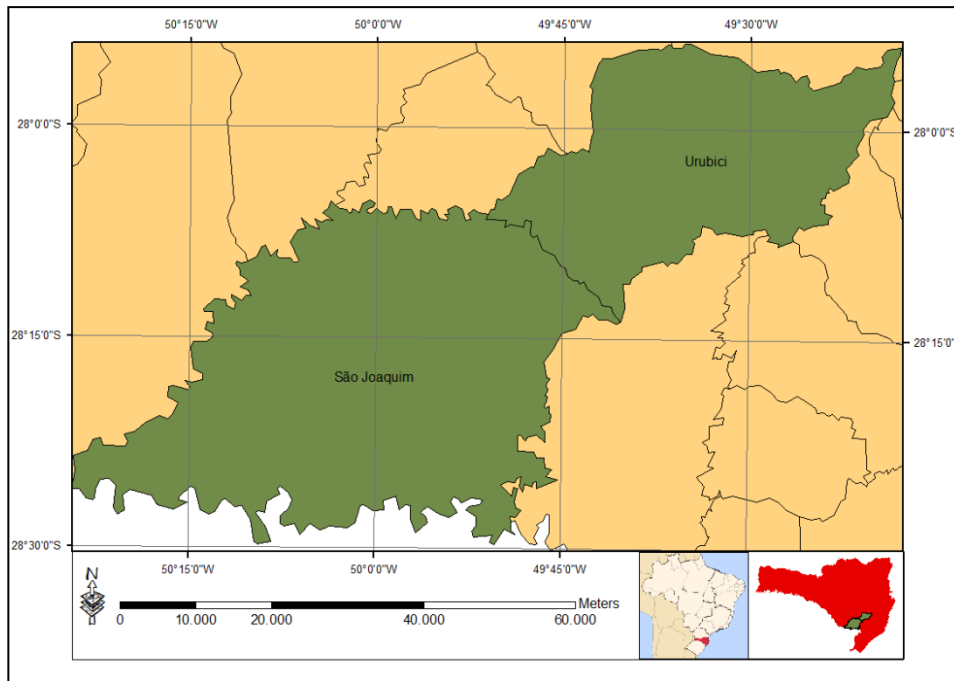


FIGURE 1. LOCATION OF THE STUDY AREA IN THE MUNICIPALITIES OF SÃO JOAQUIM AND URUBICI, AT THE STATE OF SANTA CATARINA.

The landscape in the study site is made up of mosaics of Mixed *Araucaria* Forest and Steppes. The Araucaria forest had occupied vast stretch of lands from throughout the state of Santa Catarina. Meanwhile Araucaria Forest currently occupies only 9% of its original area (SOS MATA ATLÂNTICA, 2005).

#### 4. DATA

The application of landform studies demands to encounter vector data, which could be available and useful to the methodology requested. The data (TABLE 1) were integrated and clusters were generated.

TABLE 1. DATA SOURCE FOR LANDFORMS ANALYSIS

DATA TYPE	SCALE	SOURCE
Digital Elevation Model (DEM) SRTM/NASA – SC	1:50.000 30m resolution	EPAGRI, 2004
Hydrography	1:50.000	
Roads	1:50.000	
Level Curves	1:50.000	
Soils	1:250.000	EMBRAPA. Nacional de Pesquisa de Solos. (SOLOS..., 2004)
Land Cover and Land Use	1:50.000	GEOAMBIENTE FATMA, 2008

Geomorphometry (slope, altitude, altitude above the channel (achan) and the Topographic Wetness Index (TWI) were extracted based on the DEM, and grouped as follows:

Slope (declivity) was divided into 5 classes: 0-3°; 3-8°; 8-20°, 20-45° and >45°;

Altitude was divided into 9 classes (meters above the level sea): <1000; 1000-1100; 1100-1200; 1200-1300; 1300-1400; 1400-1500; 1500-1600; 1600-1700 and 1700-1816 (the highest altitude);

All the variables had the same hierarchy in the study. That is, none was weighted any more than another and there was no penalization.

## 5. METHODS

The project was processed in SAGA GIS (BÖHNER; McCLOY; STROBL, 2006) for the geographical analysis and visualization.

### 5.1 REGIONS

By choosing sample regions to apply the models, problems with the area size were minimized. Three different regions were delimited (FIGURE 2) in order to best represent the variations in the geomorphometry. The regions are called Inferior, Middle and Superior related to their position on the map. Three regions enable comparisons of the behavior of the classifier when applied to different terrain.

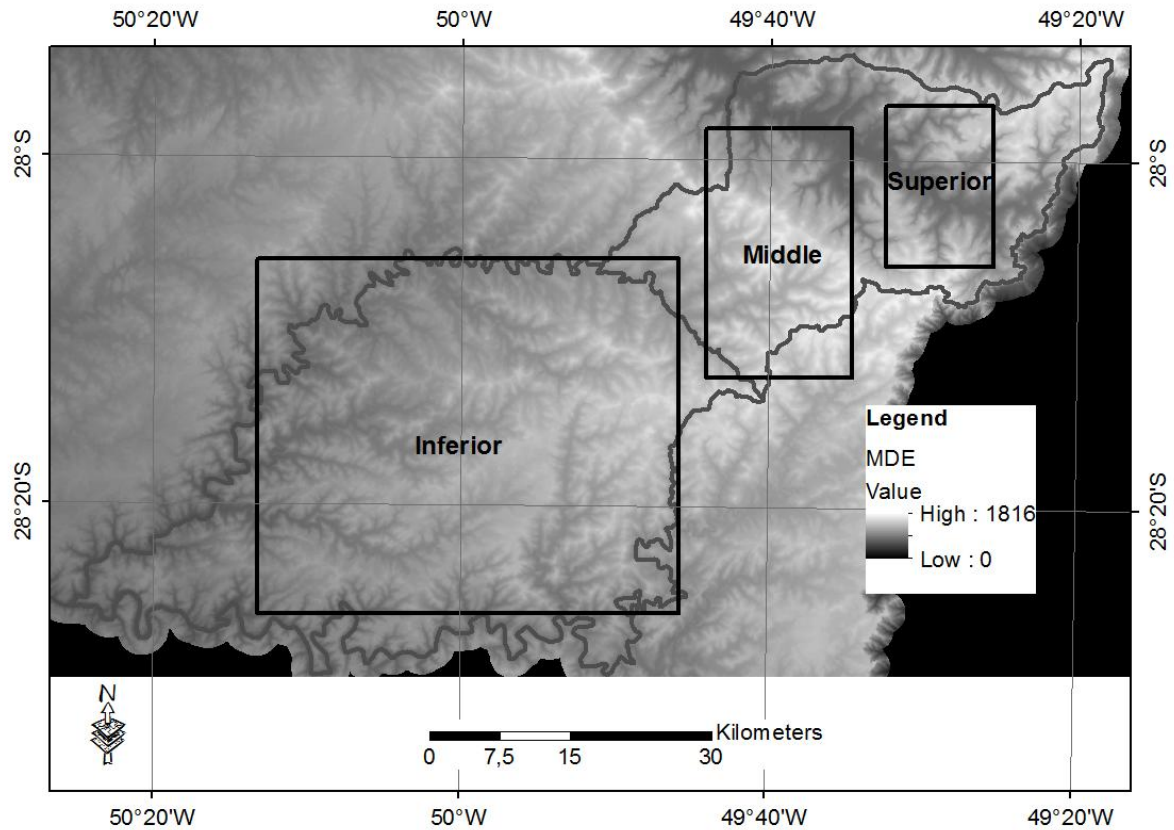


FIGURE 2. THE THREE REGIONS SAMPLED.

## 5.2 CLASSIFIERS

The non-hierarchical clustering techniques K-means and Partitioning Around Medoids (PAM) are well known to science. For example, k-means is sensitive to outliers, but operates well on larger datasets. On the other hand PAM is less sensitive to outliers but does not perform well on large datasets (Park and Jun, 2009).

### 5.2.1 k-means

K-means is very popular because it is efficient (“CLUSTER ANALYSIS,” 2008). K-means is a cluster analysis method that finds a K-centroid in a dataset (PARK; JUN, 2009). The class centroids are selected such that the sum of squares is minimized within groups, enabling feature extraction (HENGL, 2009). Although K-means is relatively sensitive to outliers, is very efficient in terms of computational time (PARK; JUN, 2009). The proposed method in Hengl (2009) uses Principal Components instead of the original predictors.

The objective function is:

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^{(j)} - c_j\|^2$$

Where:

$\|x_i^{(j)} - c_j\|^2$  is a chosen distance between a point  $x_i^{(j)}$

$c_j$  = the cluster center and is an indicator of the distance of the  $n$  data points from their respective cluster centers.

The algorithm is very simple:

- Select  $k$  clusters that can assign all points to the nearest centroid;
- Repeat;
- Form clusters that can assign all points to the nearest centroid;
- Recalculate the centroid for each cluster until the centroids do not change OR the changes are below a predefined threshold.

### 5.2.2 PAM (K-medoids)

PAM is a more robust version of K-means because it minimizes the sum of dissimilarities instead of the sum of squared Euclidean distances. The algorithm first computes the dissimilarity matrix, then minimizes the sum of the dissimilarity matrix. Meanwhile, K-means operates with the sum of squared Euclidean matrix. PAM uses Bayesian theory, as well as the maximum likelihood



analysis. In PAM, the graphs are called silhouettes, revealing the ideal number of clusters to the analyst. In PAM medoids are calculated as the point (object  $i$ ) with the minimal average dissimilarity between all points (objects) (KAUFMAN; ROUSSEEUW, 2008b)

Moreover, PAM algorithms operate in a two-steps fashion:

1) Build-Step - the early succession  $k$ -medoids are calculated in the central location;

2) Swap-Step - this is the interchanging step, where the objects are continuously selected and unselected until the sum of the dissimilarities of all objects to their nearest medoid is minimized (Objective Function) (UNESCO, n.d.):

The objective function is as follows:

$$\text{Minimize} = \sum d(i, mvl)$$

Where:

$S$  - sum;

$d$  - dissimilarity;

$i$  - object $i$ ;

$mvl$  - nearest medoid

### 5.3 DATA ANALYSIS

Standard clustering of landform starts with the data input, proceeds to algorithm application for DEM derivation, and class construction. In this paper, the analysis goes beyond class construction to element analysis (FIGURE 3).

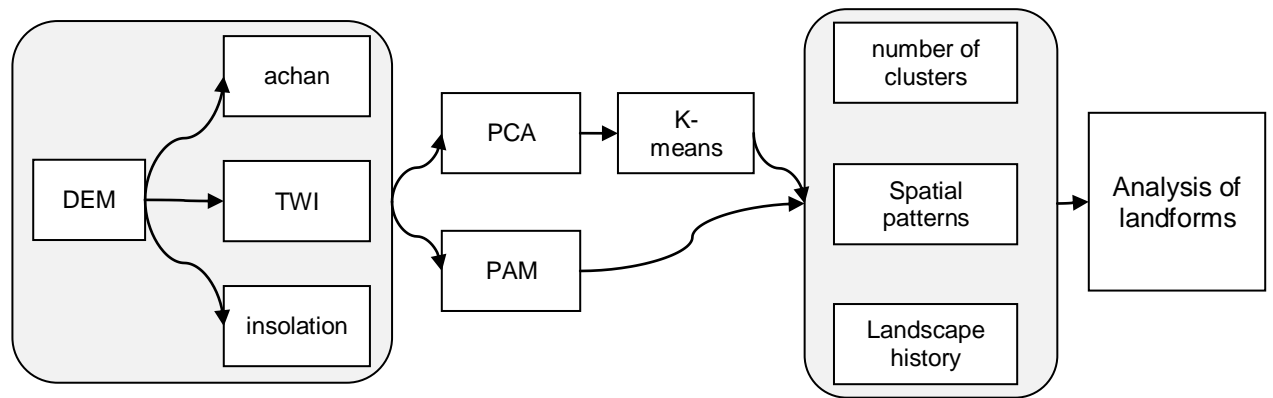


FIGURE 3. ANALYSIS FLOW DIAGRAM

The first step of this procedure was to extract land-surface parameters from the DEM: achan (specific function of SAGA: altitude above channels) (BÖHNER; McCLOY; STROBL, 2006), SAGA transformed wetness index (TWI) and insolation (solar insolation). Solar insolation was calculated based on the local geographical coordinates. The DEM, achan, TWI and insolation composed the principal components (PC's) and the classification by k-means follows using the PC's instead of the original descriptors.

The heterogeneity of the landscape and/or its predominant characteristics determines the number of clusters obtained. The number of clusters was determined based on the most important and recognized geomorphometric units found in the area which were easily identifiable in the field work and through vectorial data visualization.

An interesting step in the analysis of the landform lies in the extraction of class memberships to investigate the classification fit and identify where the problems exist. Clusters were isolated and their positions, forms and sizes were analyzed. The result is the recognition of *fuzzy* areas where boundaries are ill-defined and contents are non-uniform (EVANS, 2012). Those fuzzy areas were classified into spatial patterns that represent recognizable classes.

The approach of Comparing Land Use and Land Cover to Landform was taken to explore the relationship between classes extracted from k-means and PAM. The basis for the land use and land cover dataset was developed by Geoambiente Fatma (2008) as an update of the Phytogeographic Map of Santa Catarina State, originally developed by Klein (1978).

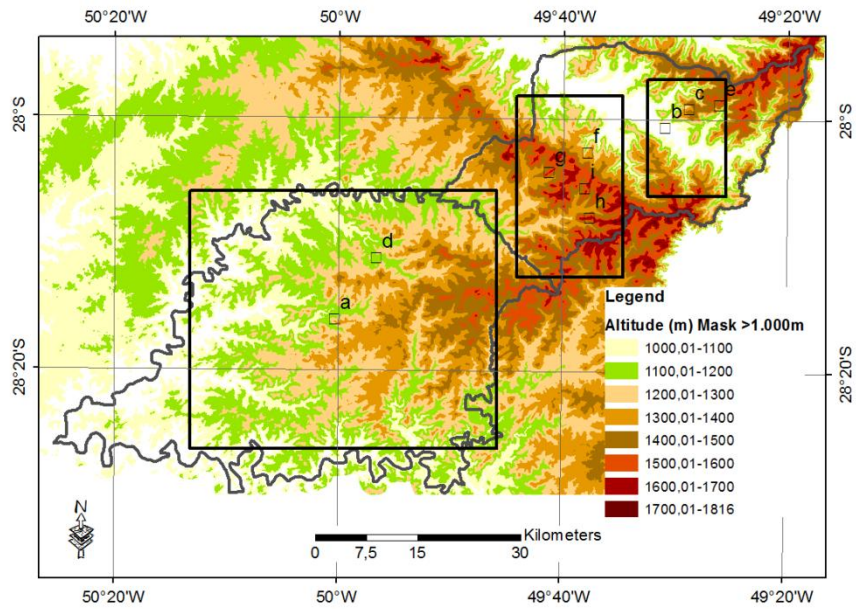
Special attention was given to the forest in two successional stages (early and moderate natural secondary regrowth) grasslands and steppes, and agriculture. The analysis also involved graphics created with the Amado MFC Application® software.

## 6. RESULTS

This landscape presents three well-defined clusters, which are clearly identified with respect to relief features:

- Highlands (trapps);
- Slopes;
- Lowlands (plains).

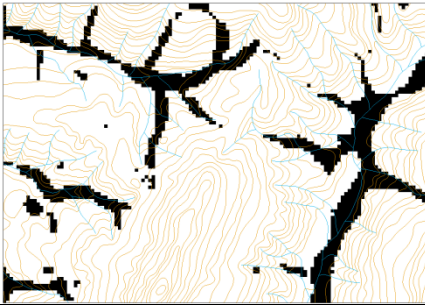
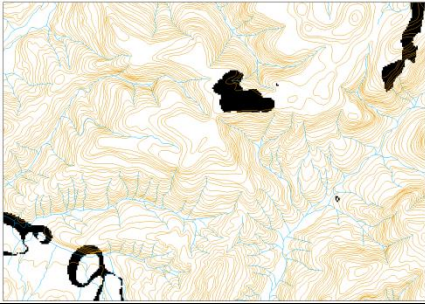

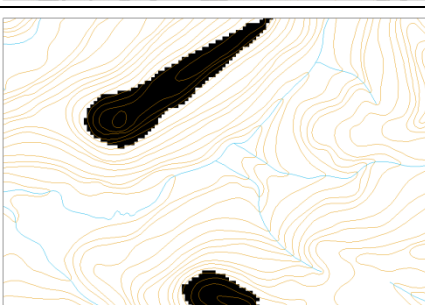
During the analysis a fourth cluster was discovered which should be included in the study which did not include real data since the sample points resulted in empty values. Consequently we assumed 3 clusters for each of the relief features and another 3 clusters for the non-data, for a total of 12 clusters in the analysis in order to compare both classifiers. The number of clusters proposed by their silhouettes was 3 for all regions. Spatial patterns and the corresponding cluster number for K-means and PAM are presented in the map below (FIGURE 4).



	Spatial Pattern	Cluster		Sector
		K-means	PAM	
a) Backstone		2, 11	6	Superior
		5, 6, 11	3, 7, 9, 10	Middle
		1, 4, 6, 7, 12	3, 4, 6, 8, 9	Inferior
b) Floodplain		3	11, 12	Superior
		---	---	Middle
		---	---	Inferior
c) Shoulder		4	3	Superior
		3	8	Middle
		---	---	Inferior

continued on next page...

...continued from previous page

	Spatial Pattern	Cluster		Sector
		K-means	PAM	
d) Valley bottom		6	8	Superior
		9	11	Middle
		2	5	Inferior
e) Mixed (footslope; backslope; highland)		8, 7	5, 9	Superior
		---	---	Middle
		---	---	Inferior
f) Regressive erosion/ upslope erosion		10	7	Superior
		4	---	Middle
		3	7	Inferior
g) Highslope (shoulder+summit)		---	---	Superior
		8	6	Middle
		8	10	Inferior

continued on next page...

...continued from previous page

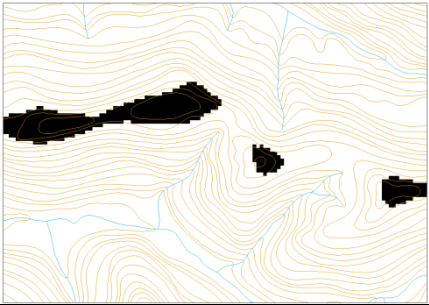
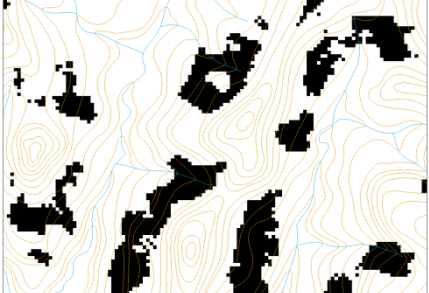
	Spatial Pattern	Cluster		Sector
		K-means	PAM	
h) Summit		---	---	Superior
		10	12	Middle
		5	12	Inferior
i) Mild slope		---	---	Superior
		7	---	Middle

FIGURE 4. SPATIAL PATTERNS OF THE LANDFORM CLUSTERS.

**Flood plains (b)** are characterized by the widening of the main river valley. **Mixed (e)** is a landform occurring on both, higher lands and lower lands, and **Valley Bottom (d)** enters to the valleys, surrounding the streams, until the transition zones of headwater. In general, **Regressive Erosion (f)** is the landform located in the headwater zones. The hillsides are divided into three classes: **Backslopes (a)**, **Mild Slope (i)**, and **Shoulder (c)**. Shoulder is located near tablelands and traps and is the first section of slope when traveling in a downslope direction. **Summits (h)** are narrow and long areas on the top of the hills. The declivity on Summits is flatter than on the downslope and in some places nearly horizontal. **Highslopes (g)** are located in two regions only (Middle and Inferior) and are a combination of the shoulder and more inclined summit landforms. They occur around sloping summits, and are also the last section when traveling in an upslope direction.

Classification results in polygons with spatial continuity and their size is well distributed (HENGL, 2009). The fact that some spatial patterns result in more than one cluster for the same region and the same classifier, is related to the pattern regionalization and location on the terrain. An example is backslope, which occurs from the lowest areas of the hill up to the hill shoulder and

is represented in different clusters. **Out of area** is a typical occurrence and represents all of the clusters classified outside the sampled area. In the Middle region, PAM had 4 outsiders, while K-means had only 3.

Except in the Middle region, both classifiers produced the same number of clusters in the Inferior and Superior regions. K-means produced two clusters, which do not exist in PAM. They are classified as mild slope and regressive erosion, both in the Middle region. PAM and K-means divided Mixed into two clusters.

We tested the clustering with and without standardization for both classifiers, K-means and PAM. In this case we elected to use clustering WITH standardization, which was optimal for our research since clustering without standardization of K-means and PAM of the land produces fish-scale patterns from the valley bottom to the summit, whereas the clustering with standardization provides a better segmentation of the relief and specifically, flood plains near backslope edges (FIGURE 5).

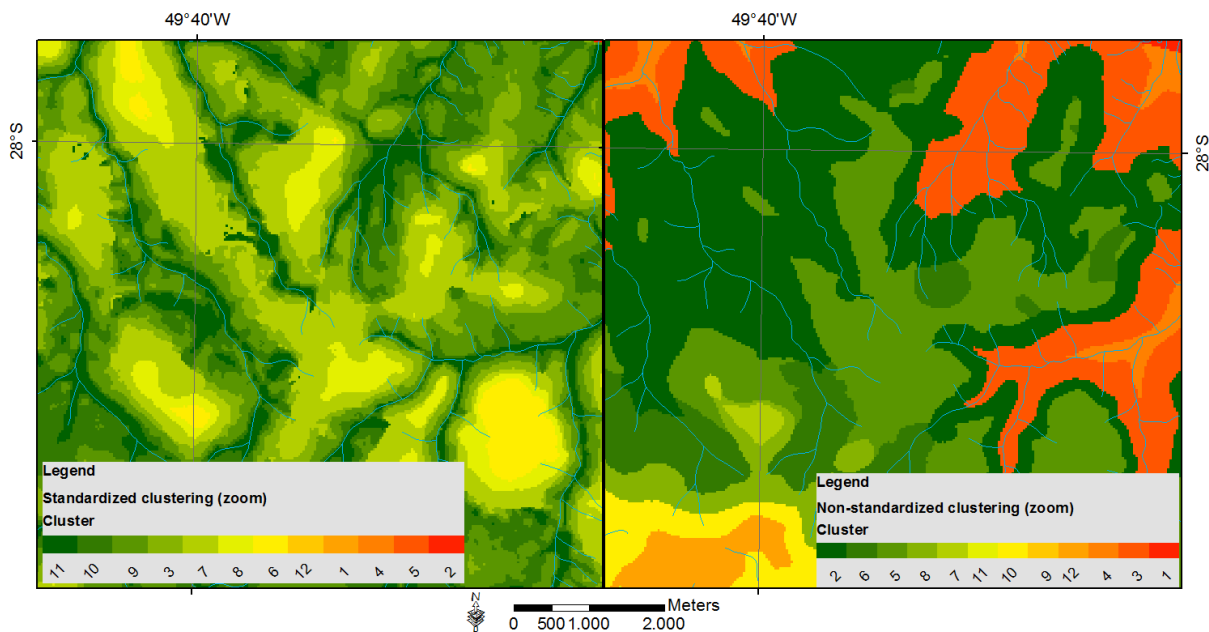


FIGURE 5. MIDDLE REGION SCHEMA A) WITHOUT STANDARDIZATION; B) WITH STANDARDIZATION.

Standardization separates the landscape into homogeneous areas more related to altitude, which is a key element in this landscape and well-suited to our needs. However, for other studies clustering without standardization may be the appropriate choice, as for example in flood analysis.

The final maps with landform clustering are presented in FIGURE 6.

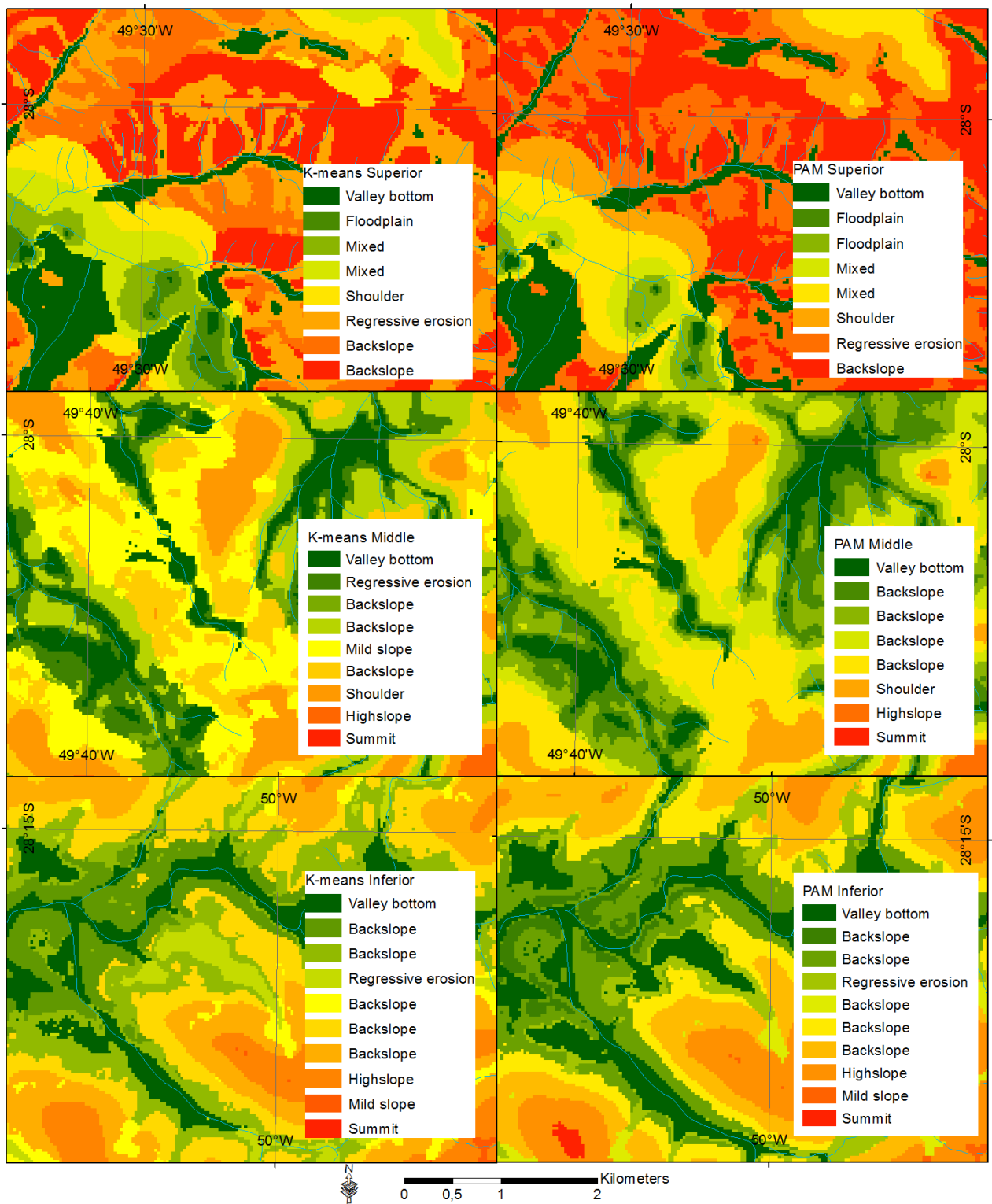


FIGURE 6. K-MEANS VERSUS PAM IN THE THREE REGIONS



The PC plots provide a good comparison of both classifiers. As for the strength of the clustering for K-means, the two PCs explain, 65.9%, 69.38% and 78.79% of the data for Superior, Middle and Inferior regions, respectively. The PCs reduced the amount of variation in DEM + TWI (topographic wetness index) + channel network + insolation. The PCs for PAM resulted in the best explanation of the data: 91.99% for Superior, 95.64 for Inferior and 9.99% for Middle regions.

Visually, both classifiers produced very similar classifications. For the Inferior region, both classifiers sub-divided it into two regions, west and east, especially for lowest lands. What we can see in the Inferior region is that the lowest backslopes were included in only one K-means cluster, while the same grouping was represented by two clusters in PAM. The inverse occurs in the intermediary backslopes where in PAM they are represented by a single cluster, but by two different K-means clusters. The borders of some clusters may have been fragmented in K-means in a pattern similar to fractals.

For the Middle region, only K-means subdivided the region into two zones. K-means tended to fragment the landscape more, creating three extra cluster, and shapes which were different to PAM. PAM produced two clusters that corresponds to just one K-means cluster.

There was no sub-zone divisions In the Superior region. The whole region was represented by one cluster, and the lowest lands were more fragmented in PAM than in K-means clustering.

The comparison between the land cover and land use is presented in FIGURE 7, 8 and 9

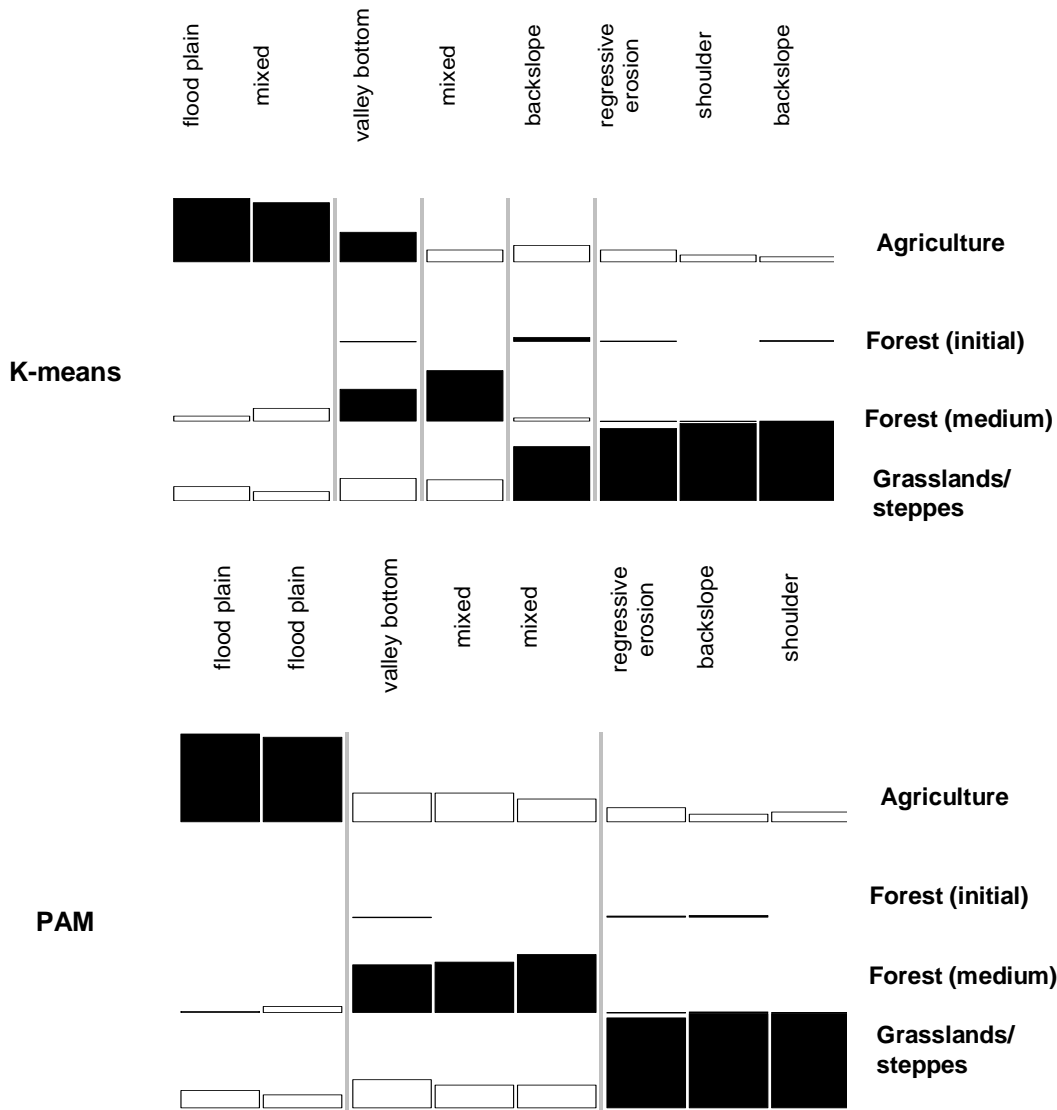


FIGURE 7. SUPERIOR REGION. LANDFORM DISTRIBUTION WITH RESPECT TO LAND COVER/LAND USE. LANDFORM IS REPEATED BECAUSE IT FOLLOWS THE ORIGINAL OUTPUT CLASSIFICATION. BLACK COLUMNS INDICATE DATA THAT IS 'ABOVE THE MEAN'.

FIGURE 7 shows 4 groups of data for K-means and three groups for PAM. As expected, the flood plains are the landform whose area is most occupied by agriculture, followed by Mixed (K-means) and the Valley Bottom (PAM). The reason that Flood Plains are split by K-means, but kept together by PAM, is because Mixed in K-means represents larger areas in the lowest lands occupied by agriculture. Valley bottoms are the third most occupied by agriculture for both classifiers, however in PAM, the Medium forest represents a higher percent coverage of valley bottoms than agriculture, due the fact that in PAM, Valley Bottoms extend into higher altitudes and steeper zones than in K-means. Forests in early succession stages do not represent a large area, but moderate succession forest appears on valley bottoms in Mixed. Curiously, like regressive

erosion and backslopes, landform on hillsides present had high percent coverage by grasslands and steppes.

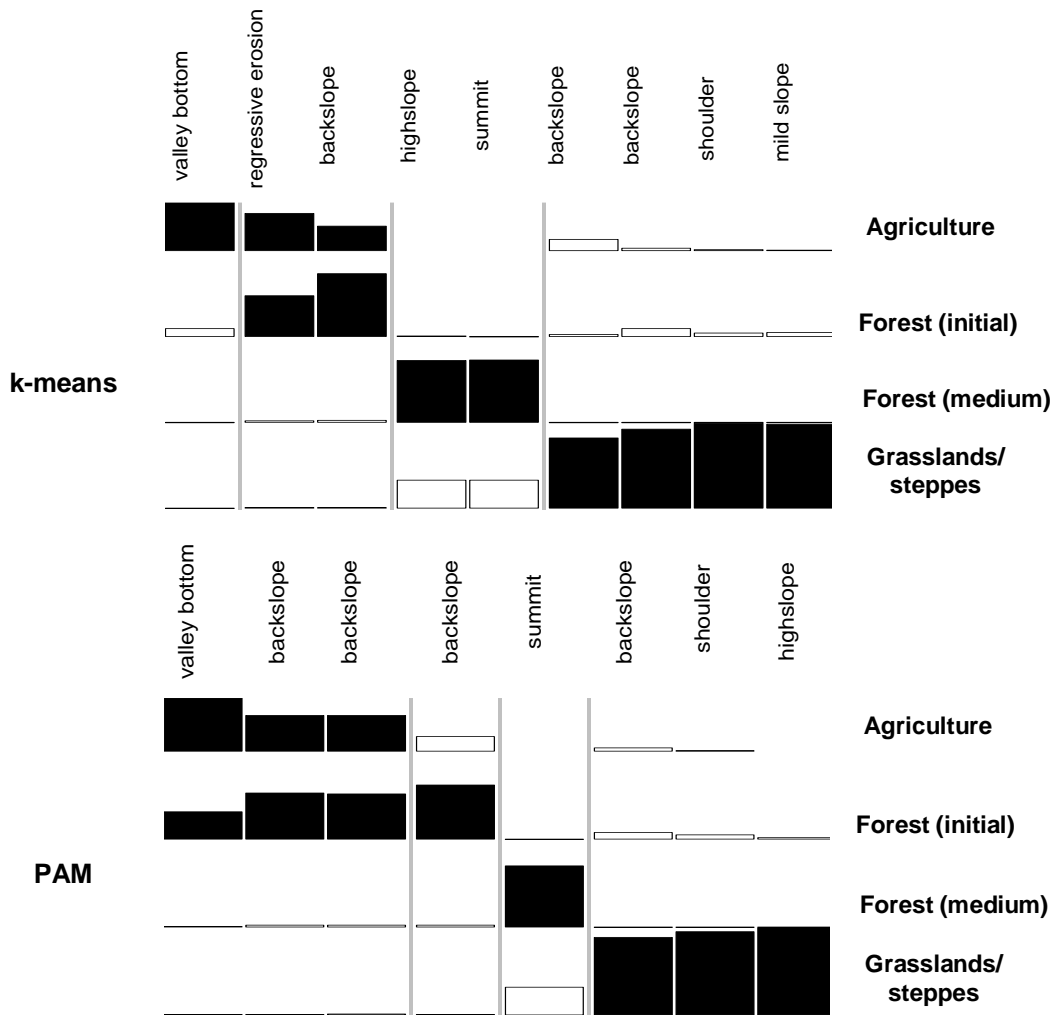


FIGURE 8. MIDDLE REGION. DISTRIBUTION OF LANDFORM WITH RESPECT TO LAND COVER/LAND USE. LANDFORM IS REPEATED BECAUSE IT FOLLOWS THE ORIGINAL CLASSIFICATION. BLACK COLUMNS INDICATE DATA THAT IS 'ABOVE THE MEAN'.

FIGURE 8 shows 4 groups of data using K-means and three groups using PAM. All land uses are concentrated to a large extent. Agriculture is not present on Summits and Highslopes, which is concentrated in Valley Bottoms, Regressive Erosion and Backslopes in K-means. In PAM agriculture is present only in Valley Bottoms and Backslopes. In K-means, agriculture dominates the Valley Bottom while other land uses are not significantly represented. However in PAM, Valley Bottoms are occupied by agriculture and forest in early succession, because the class is larger and due because of this, the early succession forest on initial slopes are included. Moderate succession forest in K-means is concentrated in two classes, Highslopes and Summits, but in

PAM, the class is concentrated only on Summits since they are larger in PAM and cover the area of moderate forest occurrence. The concentration of grasslands and steppes mirrors observations of the physical landscape, especially on highslopes, shoulders and the higher sections of the mild slopes, where the altitude steppes

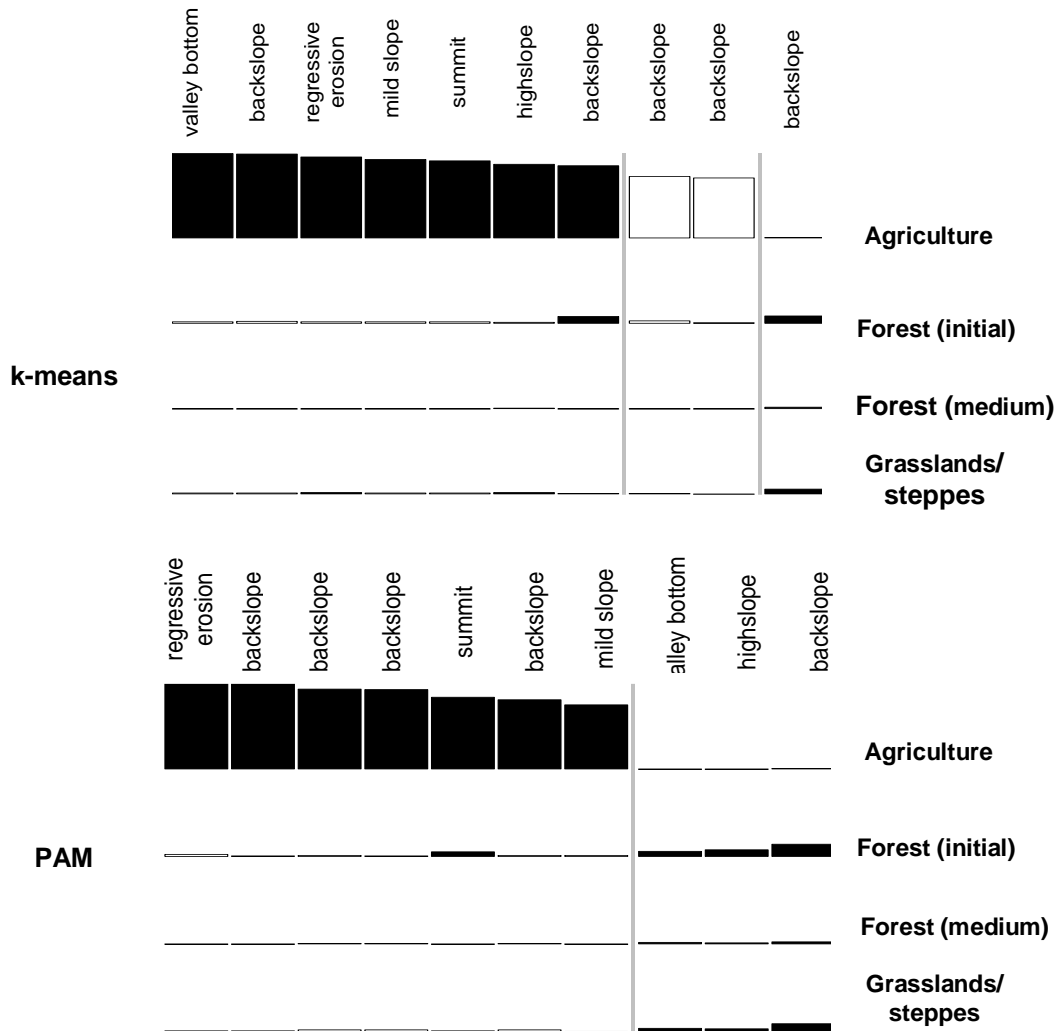


FIGURE 9. INFERIOR REGION. LANDFORM DISTRIBUTION WITH RESPECT TO LAND COVER/LAND USE. LANDFORM IS REPEATED SINCE IT FOLLOWS THE ORIGINAL CLASSIFICATION. BLACK COLUMNS INDICATE DATA THAT IS 'ABOVE THE MEAN'.

Only one group resulted from both classifiers, but in a distinct group. Grassland and Medium Forest are well described by both classifiers. Grasslands did not feature prominently for either classifier. For K-means, agriculture is well distributed on the landscape, however, for PAM, mild slopes and valley bottoms did not show large concentrations of agriculture. PAM classified

valley bottoms that extended into higher altitudes. While Highslopes are wider, filling the gaps between Summits and Mildslopes in PAM, K-means broadened the Highslope class, occupying areas between Summits, which are narrower. Meanwhile K-means also produced Mild slopes that reached higher altitudes and Backslopes were located at both lower and higher areas, narrowing at valley bottoms and summits. For this reason, early succession forest is somewhat concentrated in valley bottoms.

## 7. DISCUSSION

Normally the landscape researchers or environmental managers seek classifiers that can adequately represent reality, i.e. with high class homogeneity using the fewest number of classes and robust in their application. PAM provides the researcher with *silhouettes*, or a representation of the best number of clusters for a dataset, which is an advantage of PAM over K-means. Further, K-means and PAM show scatterplots presenting the PC (principal components) and their ability to represent the dataset, as well as the confusion among classes.

For studies related to the summits or high slopes, PAM clustering is a better choice than K-means, since it described more broadly those sections of the relief in just one cluster. Otherwise K-means performed better in describing low lands, especially for the Superior region.

When verified by groundtruthing, some disagreement was found between the natural landscape in the three regions and the K-means and PAM classifications captured in the DEM analysis as the field truth. For both classifiers it is possible to see the same cluster appearing in two or three different regions. The problem seemed to worsen in hillier landscapes, and in the Superior region, a cluster Mixed appeared, represented on both low lands and highlands.

Several interesting results came from this research, including the observation that steep slopes and the lowest parts of the largest valleys are well defined. This is a positive result when the aim is explore the ecological process of valleys, such as sedimentation and siltation, or on slopes, such as erosion or forest characterization.

Clusters are more closely related to relative relief than to the slope form itself (concave or convex). This is not an ideal result for this study when the aims to identify water saturation independent of the slope position, but the results can be applied to discover where hillsides end. The results can also be applied consistently in terms of upstream water accumulation.

From the 3D observations, valley bottoms appeared to be the best clusters for both classifiers. Neither classifier clearly identified natural "slopes" in the Inferior region, manifested as distinct clusters. Where the landscape formed shallow plains, such as in the Inferior region, PAM did not produce distinct clusters, whereas K-means produced greater problems in classifying floodplains, as in the Middle and Inferior regions. In addition to the complexity of this study, parts of the landscape have different landform patterns such as hilly areas, level sequence levels or rolling hills, for example. For the Superior region, few clusters were produced that represent backslope, unlike for the Inferior region that had many.

The spatial patterns of both classifiers were very similar. Frequently K-means and PAM both produced the same number of clusters for each spatial pattern. In the Superior and Middle regions, K-means produced a cluster which was not produced by PAM. For both regions, k-means produced a new cluster as subdivision of another. Only K-means captured well the mild slopes present in the Middle region.

The use of a DEM as the primary data source presented information gaps, mainly as a result of the smoothing of the topography, due to the larger grid size and failure to capture details such as shorter and steeper slopes. Thompson, Bell and Butler (2001), claim that the accuracy of predictions based on DEM-derived data should be considered, especially spatial predictions about soil or water attributes, since these are driven by differences in topography. Lark (1999) maintains that lower resolution DEMs produces "lower slope gradients on steeper slopes and steeper slope gradients on flatter slopes", which for the purposed of our study means translates to reduced accuracy. Extraction of landform classes is difficult to calibrate well when surface or sub-surface parameters are used, since those parameters are not easy to obtain (HENGL, 2009).

Despite the lack of a distinct pattern, the attributes of altitude, slope and aspect were efficient in characterizing the clusters for both classifiers. The spatial patterns derived and interpreted from the K-means and PAM clustering methods were very similar for the São Joaquim and Urubici landscapes. In this case, the distinctions between them, or the choice of which best suited our needs was found in details such as computing power or cluster specificity. A promising result is that the approach can be applied with standard equipments and high processing power is not required.

The spatial pattern presented is very similar between both classifiers, but when related to the land use, some details could not be neglected. For the Superior region, K-means provides a poorer classification for the lower lands because the 'Mixed' landform is larger than in PAM. Meanwhile, Valley Bottom was better classified by K-means.

In the Middle region, PAM was the better classifier for higher altitude land, mainly where grasslands/steppes were observed. K-means provides the analyst with a better classification for low lands, with good class separation.

K-means in the Inferior region can separate better the landscape into high altitude sections, when compared to the physical landscape and the land use/land cover map. The K-means method creates a 'Moraine' landscape, which is the most reasonable explanation for this.

## **8. CONCLUSIONS**

- The models were in agreement with the knowledge of the natural and cultural history of the study area. In the flat areas deforestation created open space for livestock production, while forest occupied steep areas of the landscape;
- relief is a factor that interferes with landform classification methods;
- classification of landform is made possible by datasets such as Digital Elevation Models and Soil maps;
- each landform cluster was best classified by either K-means or PAM;
- K-means is better suited to analyzing the complexity of the landscape, especially for lowland studies. On the other hand, PAM provides good results higher or steeper land is of interest, such as mapping riparian species;
- The method is replicable for diverse landscape studies, especially if data as used here is readily available;

## **ACKNOWLEDGMENT**

Special acknowledgement goes to CNPq for the scholarship in Federal University of Paraná (Brazil) and at Uni-Freiburg (Germany). Also, special thanks to the staff 'Institut für Landschaftspflege' (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg).

## BIBLIOGRAPHY

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, fire and climatedynamics of Serrado Aracatuba in the Atlantic coastal mountains of Paraná State, southern Brazil. **Veg.Histo.Archeobot**, 2007, 16:77-85. doi 10.1007/s00334-006-0078-2. 2007

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Volume 177, Issues 1-2, 5 January 2002, Pages 19-27, ISSN 0031-0182, DOI: 10.1016/S0031-0182(01)00349-2. 2002

BIGG-WITHER, T. O. Pioneering in south Brazil: three years of forest and prairie life in the province of Parana. London: J. Murray. 1878

BÖHNER, J., MCCLOY, K.R., STROBL, J. [Eds.] SAGA – Analysis and Modelling Applications. **Göttinger Geographische Abhandlungen**, Vol.115, 130pp. 2006

BRYAN, B. Synergistic Techniques for Better Understanding and Classifying the Environmental Structure of Landscapes. **Environmental Management**, 37(1), 126–140. doi:10.1007/s00267-004-0058-1. 2006

IZENMANN, A. (2008). In: **Modern Multivariate Statistical Techniques** (p. 407–462). New York, NY: Springer New York. Recuperado de [http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-0-387-78189-1\\_12](http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-0-387-78189-1_12)

CURCIO, G. R. Caracterização Geomorfológica, Pedológica E Fitossociológica Das Planícies Fluviais Do Rio Iguçu, Paraná, BRASIL (tese de doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos** , 2. ed. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2006

EPAGRI. **Mapoteca Topográfica Digital do Estado de Santa Catarina**. shapefiles, Florianópolis: Governo de Santa Catarina. 2004

EVANS, I. S. Geomorphometry and landform mapping: what is a landform? **Geomorphology**, 137(1), 94–106. doi:10.1016/j.geomorph.2010.09.029. 2012.



GALINDO-LEAL, C., CÂMARA, I. DE G., LAMAS, E. R. **Mata Atlântica biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo; Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica Conservação Internacional. 2005

GEOAMBIENTE FATMA. Mapeamento Temático Geral do Estado de Santa Catarina. **Relatório Técnico**: GEO-RLT-C0715-33608-01. mapa temático, Florianópolis: PPMA-SC. 2008.

HENGL, T. **A practical guide to geostatistical mapping** (2nd extended ed.). Amsterdam: University of Amsterdam. 2009.

IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil**. mapa, Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, IBGE. 2004

KAUFMAN, L., AND ROUSSEEUW, P. J. Introduction. In: **Finding Groups in Data** (p. 1–67). John Wiley and Sons, Inc. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470316801.ch1/summary>. 2008a.

KAUFMAN, L. AND ROUSSEEUW, P. J. Partitioning Around Medoids (Program PAM). In **Finding Groups in Data** (p. 68–125). John Wiley and Sons, Inc. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470316801.ch2/summary>. 2008b

KLEIN, R. M. (1978). Mapaf i togeográf i codo Estado de Santa Catarina. **Flora ilustrada catarinense**, 5(Herbário Barbosa Rodrigues), 24.

KOCH, Z. AND CORRÊA, M. C. **Araucária: a floresta do Brasil meridional**. Curitiba: Olhar Brasileiro. 2002

KOZERA, K. Florística e fitossociologia de uma formação pioneira com influência fluvial e de uma estepe gramínio-lenhosa em diferentes unidades geopedológicas, município de Balsa Nova, Paraná - Brasil (tese). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008

LARK, R. . Soil–landform relationships at within-field scales: an investigation using continuous classification. **Geoderma**, 92(3–4), 141-165. doi:10.1016/S0016-7061(99)00028-2. 1999

MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, jubilee, 169–288. doi:10.1590/S1516-89132001000500010. 2001

PARK, H.-S.; UN, C.-H. A simple and fast algorithm for K-medoids clustering. **Expert Systems with Applications**, 36(2, Part 2), 3336–3341. doi:10.1016/j.eswa.2008.01.039. 2009.

PIKE, R. J.; EVANS, I. S.; HENGL, T. Chapter 1 Geomorphometry: A Brief Guide. In Tomislav Hengl and Hannes I. Reuter (org.), **Developments in Soil Science** (Vol. Volume 33, p. 3–30). Elsevier. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166248108000019>. 2009

ROSSETTI, D. F. *et al.* Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: Landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 300(1-4), 191–204. doi:10.1016/j.palaeo.2010.12.026. 2011

SANTA CATARINA (Estado). Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 173p. 1986

SOLOS.... **SOLOS do Estado de Santa Catarina**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 2004

THOMPSON, J. A.; BELL, J. C.; BUTLER, C. A. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling, **Geoderma**, Volume 100, Issues 1-2, March 2001, Pages 67-89, ISSN 0016-7061, DOI: 10.1016/S0016-7061(00)00081-1. 2001.

THOMPSON, G. R.; TURK J. **Introduction to Physical Geology**. 2nd edition 1998. Saunders Golden Sunburst Series. Fort Worth: Saunders College Pub., 1998. ISBN: 0030243483. 398 pages. 1998

UNESCO.([s.d.]). Guide to Advanced Data Analysis using IDAMS Software. **Guide to Advanced Data Analysis using IDAMS Software**. Educational. Recuperado maio 16, 2012, de <http://www.unesco.org/webworld/idams/advguide/TOC.htm>

VALERIANO, M. M., *et al.* Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90m data. **Computers e Geosciences**, 32(8), 1169–1181. doi:10.1016/j.cageo.2005.10.019. 2006

ZANI, H., ASSINE, M. L., AND MCGLUE, M. M. Remote sensing analysis of depositional landforms in alluvial settings: Method development and application to the Taquari megafan, Pantanal (Brazil). **Geomorphology**, 161-162, 82–92. doi:10.1016/j.geomorph.2012.04.003. 2012.

## **CAPÍTULO 5. ANÁLISE DE FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS NA FORMAÇÃO E GÊNESE DA PAISAGEM CULTURAL DA SERRA CATARINENSE, SUL DO BRASIL**

### **ABSTRACT**

The literature considers that the landscape at the Santa Catarina Mountains is natural, formed by mosaics between Mixed Forest and steppes as presented in IBGE (1992), however, the post-glaciation climate is inconsistent to the steppes found at the region. There are some evidences that this landscape has had an evolution different from the natural through its History coming since the Wisconsin-Würm Glaciation, but this is still a new scientific point of view. At this research, we aimed rebuild past scenarios in a climate-environmental and paleopalynology approach at the Southern Brazil, at the altitudes from 1.000 m up to 1.830 m. We used the cartographic representation and historical analysis to identify the landscape formation elements, like paleoindigenous and current livestock production. Those elements were analyzed while their inferences at the landscape dynamic. The results showed the land cover had been dominated (90%) by the Mixed Forest ecosystem at 500 y.b.P. Such land cover is the fitting climax to the actual climate. However, since the pre-Columbian inhabitants to the contemporary society the landscape is in change, as suggest the around 40% of today land cover. The interactions between man-environment that occurred in the region result in a transformed landscape adapted to the uses, available technology and temporary demands of the society. The centuries of transitions since long term had a non-linear route in changing time, but semi-linear route in spatial use. The undergoing changes have taken a deconstructive/constructive process. Deconstructive while natural-climatic environment and the theoretical pre-conception; constructive while cultural aspects. As main conclusion is observed the landscape as essentially cultural, where the formation and transformation elements may persist or not in the local memory, but coexist with it..

**Key-words: Santa Catarina Highlands; cultural landscape; paleoenvironment**

## 1. INTRODUÇÃO

Hoje, quando pensamos na Serra Catarinense, mais especialmente na parte mais elevada na região de São Joaquim e Urubici, fazemos uma espontânea associação com a imagem da paisagem. Esta associação é comum e surge sem muitos conhecimentos prévios (KONOLD, 2004).

Os campos de pastagens juntos aos capões de Araucária, as macieiras, a pedra-furada e a bela imagem da Serra que se despenca desde os campos lá de cima até o fundo dos *canyons*, o gelo da geada e a eventual neve dos meses de junho e julho são imagens que normalmente estão associadas à região. Estas imagens vêm à mente sem que as pessoas reflitam como as mesmas se formaram e, justamente por isso, é fácil imaginar que estas paisagens sempre foram assim. O sempre foi assim é relativo à memória dos observadores e de sua vivência. Certamente está vinculado às suas experiências e à longevidade.

Pensamos: o quanto poderia ter sido sempre assim? Quão superficial é o “sempre foi assim”, quando não levantamos os agentes de transformação da paisagem? Uma paisagem que hoje se apresenta de uma forma deve ser pensada diferente?

O desafio que moveu este trabalho foi a reconstrução de cenários ancestrais na Serra Catarinense que pudessem refletir a dinâmica da paisagem em diferentes momentos de sua história. Durante muito tempo foi e, em muitos casos ainda é, especulação 'como era a paisagem nas Américas antes de Colombo'.

Desde a chegada dos primeiros ameríndios ao continente, a dinâmica da paisagem não é dirigida apenas por forças naturais. Muitas modificações na paisagem pré-cabralina incluíam desde incêndios naturais até o corte de madeira para provimento de fogo, agricultura até obras de terraplanagem para o melhor aproveitamento do espaço em terrenos elevados e livres de inundação, como no Beni (Bolívia), por exemplo, (MANN, 2007).

Na Serra Catarinense, a paisagem atual não é reflexo da exuberância do clima atual. Durante muitos anos tudo foi se transformando, seja por forças naturais, seja pela força da necessidade humana. Falamos de um período pré-cabralino e de antes ainda. Como era a paisagem no final da última glaciação? Como era quando os primeiros homens pisaram em terras americanas? Se pudéssemos viajar no tempo e imaginar o que os olhos deles viram, o que seria? Como se organizaram estes povos? A visão de que estes povos paleoamericanos eram apenas coletores e caçadores está sendo ultrapassada a cada nova descoberta da arqueologia (LENTZ,

2000; MOFFAT, 2002; ERICKSON, 2006; DENEVAN, 2006; MANN, 2007). E, pós-contato, quais foram as implicações na paisagem deste período? Neste trabalho a proposta é desenvolver cenários explicativos da evolução da paisagem desde o início do Holoceno e buscar respostas sobre a origem da paisagem que encontramos na Serra Catarinense.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este capítulo seguiu as linhas metodológicas aprendidas e desenvolvidas pela Universidade de Freiburg, Instituto de Manejo da Paisagem na qual parte dos estudos do doutorado foi realizada. Os resultados deste capítulo foram gerados a partir da abordagem multi-proxy (BIRKS; BIRKS, 2006), considerando, especialmente os dados paleopalinológicos (IRIARTE; BEHLING, 2007), bem como feições topográficas e paleoclimáticas (AB'SABER, 2000).

O conhecimento local é importante para geração dos mapas e sua localização no tempo. Assim como o foi, a descoberta do ambiente registrados na memória das pessoas que residem e vivenciam as mudanças que a paisagem sofre e que refletem em transformações pessoais. Estes aspectos foram levantados em cerca de 50 entrevistas, às quais tiveram a função de registrar e evolução da paisagem através dos seus atores.

### **2.1 FONTES DE ANÁLISE HISTÓRICA**

As análises históricas têm sido utilizadas como um importante elemento nos processos de planejamento da paisagem (SCHWINEKÖPER, 1999). A base para a incorporação destes elementos é a aceitação de que a paisagem é culturalmente dinâmica. Não há uma condição permanente de paisagem cultural, mas processos de paisagem. Se também em uma análise histórica é feita um corte temporal, então serão sempre somente determinadas as fases de desenvolvimento da paisagem. Neste século subsistem as paisagem culturais, fruto do trabalho da humanidade. Muitas destas transformações não foram registradas (KÜSTER, 1995). E às vezes torna-se fácil acreditar que é natural uma paisagem que foi drenada, ou ainda desmatada antes do homem iniciar o registro de suas transformações (KÜSTER, 1995).

As identidades culturais regionais se manifestam na paisagem (BRUM NETO; BEZZI, 2008). Uma vez que o homem é agente reorganizador do espaço, ele transforma a paisagem de acordo com

as suas necessidades. A “paisagem cultural” é a manifestação das “marcas” culturais deixadas por cada grupo sociocultural diferenciado, os quais modificam o seu espaço de acordo com as suas necessidades e técnicas aprendidas. Uma determinada área normalmente não recebe um molde cultural intencional da população residente. Cabe a uma etnia, no processo de migração, desenvolver os seus núcleos sociais e moldar a paisagem de acordo com as suas preferências, expressas pelas crenças e valores (BRUM NETO; BEZZI, 2008).

As fontes históricas aceitáveis são “textos, itens ou fatos dos quais o conhecimento do passado possa ser recebido” (BRANDT, 1958 *apud* SCHWINEKÖPER, 1999). Para a análise da paisagem a autora comenta que há duas fontes principais:

- Fontes escritas, tais como registros que podem estar em fontes públicas ou privadas, também incluídas aqui mapas e fotos. Neste item são incluídos também Arquivos; Mapas antigos; Fotos e quadros antigos; toponímias; Testemunhas (entrevistas); Trabalhos de Campo;
- Fontes Materiais, tais como edifícios, pequenas geoformas trabalhadas para determinado fim e achados arqueológicos.

## **2.3 ORGANOGRAMA CONCEITUAL E GEOGRÁFICO**

O organograma foi desenvolvido por nós baseado no estudo de ecologia da paisagem e paisagem cultural. Em cada nível do organograma, a começar do topo, um Fator de Formação da paisagem é apresentado. De cada fator de transformação surgem os elementos de transformação, os quais são "empilhados" em uma sequência cronológica a qual representa também uma camada (*layer*) de interferência na dinâmica da paisagem.

Dentre os três fatores de transformação da paisagem apresentados, dois deles serão abordados e explorados neste capítulo, quais sejam: Fatores Naturais e Fatores Humanos.

## **2.4 [RE]CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS**

A reconstrução de cenários baseou-se na disponibilidade de dados multi-proxy (BIRKS; BIRKS, 2006) e uso de ferramentas de SIG. A partir do conhecimento daquilo que chamamos de

agentes e fases de transformação da paisagem e da pesquisa em documentos históricos disponíveis, buscou-se traçar a linha do tempo e desenhar os cenários passados da paisagem da Serra Catarinense, especificamente em São Joaquim e Urubici.

Como ponto de partida para esta análise, em cada fase de transformação a base foram os mapas climático e geológico desenvolvidos em cada ponto na escala do tempo. Clima e geologia fornecem as condições básicas para o surgimento das formas de vegetação (BIGARELLA, 2001; MINEROPAR, 2001).

Todos os mapas construídos neste capítulo foram baseados, primeiramente, na intensa pesquisa palinológica existente no Sul do Brasil, tais como: Iriarte; Behling (2007); Behling; Lichte (1997); Behling; Pätzold; Wefer (2000); Jeske-Pieruschka *et al.* (2010). Em seguida, as evidências ambientais que representam o desenvolvimento ótimo da Floresta com Araucária foram mapeadas. Finalmente, os ambientes são mapeados de acordo com a influência humana, momento este que representa a inclusão do fator humano como motor de transformação da paisagem (BRABEC; CHENG; MOLNAROVA, 2012).

#### 2.4.1 Aquecimento climático regional e Influência na Paisagem Natural

O mapa de paleoclima foi construído baseado na expansão da *Araucaria angustifolia* como uma espécie indicadora do clima. Os mapas de paleoclima foram construídos baseados na evidência de que o planeta estava entre 3°C a 5°C mais frio há cerca de 12.000 AP (BEHLING; LICHTER, 1997). Consequentemente, o mapa de paleovegetação foi construído seguindo a mesma lógica, uma vez que o clima determinava os paleoambientes em que se desenvolveu a vegetação (BEHLING; LICHTER, 1997; BEHLING; PILLAR; BAUERMANN, 2005; IRIARTE; BEHLING, 2007; SALGADO-LABOURIAU, 1997; AB'SABER, 2000).

Segundo Iriarte e Behling (2007), a primeira evidência de expansão da Floresta de Araucária sobre a região foi em torno de 4.000 AP (IRIARTE; BEHLING, 2007). Seguindo esta evidência, o mapa de cursos d'água foi usado como eixo para a expansão da Floresta com Araucária, seguindo a declividade de acordo com a compartimentação ambiental (CURCIO, 2006) de acordo com a Tabela 1.

TABELA 1. DECLIVIDADES COMO DETERMINANTES DOS EIXOS DA EXPANSÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA AO LONGO DOS RIOS EM TORNO DE 4.000 AP

DECLIVIDADE MARGINAL	LARGURA DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA
5° to 10°	200 m
15° to 25°	100 m
> 30°	60 m

### O TWI como referencial das áreas hidromórficas

O TWI (*Topografic Wetness Index*) foi calculado no capítulo anterior (extração das formas do terreno) tendo como base o MDE. Conforme a proposta deste índice é o cálculo do potencial de umidade da área a partir da topografia, ele se tornou fonte e referencial para estimar as zonas hidromórficas deste estudo.

Há 1.000 AP, quando o clima torna-se definitivamente mais úmido e quente similar ao atual, o nível dos rios eleva-se em consequência do maior volume de precipitação pluviométrica (BEHLING; LICHTER, 1997). A partir de 1.000 AP a classe campo hidromórfico passa a fazer parte das análises em sua feição atual na paisagem. Para localizar com a maior precisão possível os campos hidromórficos, uma primeira tentativa isolar os polígonos classificados com maiores TWI, sem qualquer consideração sobre sua posição relativa no relevo. O TWI calculado para a área de estudos, com base no MDE, vai de 0 a 24. No entanto, muitas áreas íngremes próximas a rios podem ter níveis elevados de umidade, representados pelo TWI, mas serem zonas de ocorrência evidente de florestas. Então, uma segunda tentativa foi feita, confrontando com as zonas planas (declividade até 10°). O resultado ajustou-se melhor à ocorrência de campos, mas ainda deveriam ser excluídas as áreas marginais aos cursos d'água e os cursos d'água propriamente ditos. Então foi estabelecida uma zona tampão (*buffer*), com largura de 100m ao redor dos cursos d'água, para a exclusão de todos os potenciais campos hidromórficos. Confrontados com a imagem Landsat TM 5 de 12.08.2009 e com a classificação do uso e cobertura do solo (GEOAMBIENTE FATMA, 2008), verificou-se que as campos hidromórficos são aqueles que ocorrem em áreas com TWI entre 10 e 24, em áreas até 10° de declividade, excluídas as áreas com 100m ao longo dos rios. Esta classificação passa a ser utilizada em todos os mapas a partir de 1.000 AP

O mapeamento da distribuição da paleovegetação segue, então, a classificação proposta de uso e cobertura do solo adquirida da FATMA (Fundação do Meio Ambiente) do Estado de Santa Catarina (GEOAMBIENTE FATMA, 2008), balizada com o índice topográfico de umidade



(TWI) calculado para a área de estudo, pois uma vez que são assumidos indícios de que a Floresta Ombrófila Mista (ou, aqui denominada, Floresta com Araucária) não ocorre em áreas com alta saturação hídrica, (GALVÃO; AUGUSTIN, 2011; observações de campo), adotou-se o TWI como indicador destas áreas saturadas excluindo-as da rota de ocupação da citada floresta dos cenários reconstruídos a partir de 1.000 AP

#### 2.4.2 Influência das paleopopulações

Como são formadas as paisagens culturais? Esta questão é difícil de responder, pois cada paisagem cultural tem seu próprio elemento-chave, o qual é o fio condutor que estabelece as características de formação em um tempo próprio e à sua própria maneira (KONOLD, 2004).

Os mapas da paisagem cultural da região foram criados baseados em aproximadamente 1.000 AP. Este é o momento em que os grupos ameríndios de coletores-caçadores, que viviam no Sul do Brasil desde há aproximadamente 12.000 AP tiveram contato com o grupos ceramistas e horticultores que haviam chegado da Amazônia (SCHMITZ, 2006; IRIARTE, 2006). O número de pessoas que viviam na região naquele tempo não é exato e nem facilmente estimável, porque o número de ossos encontrados não é muito grande. Assim como não é muito fácil definir quão grande foi o impacto dessas populações sobre os ecossistemas. Conforme Denevan (1992), é um mito que a populações nativas das Américas não transformaram o espaço em que viviam. Sabe-se que durante o clima seco do médio Holoceno, houve muitas transformações culturais, incluindo a formação de vilas e a adoção de uma forma de economia mista no Sul da América do Sul (IRIARTE, 2006). Antropólogos e arqueólogos apresentam visões diferentes e conotações muito distintas ao estimar quantas pessoas viviam na América antes do contato europeu. Há uma tendência geral de subestimar este número, bem como sua capacidade de modificação da paisagem e de tecnologia dos nativos americanos pré-contato, refletindo muitas vezes a noção européia de superioridade. O que parece consensual é o uso do fogo por estas populações (BEHLING; PILLAR; BAUERMANN, 2005; IRIARTE; BEHLING, 2007; JESKE-PIERUSCHKA *et al.*, 2010) para abertura de espaços e/ou eliminação da floresta, expansão da agricultura em latitudes medianas ou das savanas nos trópicos (DENEVAN, 1992; MANN, 2007). Sabemos que após o contato as modificações na América foram significantes, como a extinção de espécies endêmicas, introdução de exóticas, por exemplo, (TORREJON; CISTERNAS, 2003).

### 2.4.3 Paleopalinomapas

Os eixos das grandes rotas de penetração da Floresta com Araucária foram baseados no mapa de altitudes. A floresta no médio Holoceno preferiu a rota das zonas mais baixas, as quais são protegidas contra o vento e o mau-tempo. A partir delas, tanto quanto o clima torna-se mais úmido e quente, a floresta com Araucaria continuamente começa a ocupar as encostas. Prossegue-se, nesta etapa, com a extração das zonas hidromórficas, balizadas pelo TWI, conforme já explicado. Para a modelagem da rota de expansão da Floresta com Araucária foram gerados cinco mapas representando os paleocenários, de acordo com o dados propostos em Iriarte e Behling (2007) e mais um mapa, representando o cenário atual, ou Presente, produzido a partir de Geoambiente Fatma (2008):

- 8.000 AP;
- 1.000 AP;
- 500 AP;
- 200 AP;
- 100 AP;
- Cenário Atual (Presente).

### 2.4.4 Os mapas dos elementos da sociedade contemporânea

A construção desses mapas teve seu começo marcado pelo entendimento de quais eram ou foram os fatores e elementos da sociedade contemporânea que marcadamente representaram elementos de transformação da paisagem. Para que o produto final, os mapas propriamente ditos, fosse alcançado, inicialmente foram estudadas fontes de análise histórica para a região. Os elementos encontrados foram ajustados no organograma conceitual e geográfico, mostrado em Resultados e Discussão, de acordo com a ordem cronológica, representando as diversas camadas (*layers*) de modificação que a paisagem sofreu. Deste exercício foram criados os seguintes mapas:

- pecuária extensiva: os cenários construídos foram estimados a partir da dinâmica das áreas de campo às quais são substitutivas das áreas com Floresta com Araucária, de acordo com o proposto por Iriarte e Behling (2007) para a presença de Floresta com Araucária nas amostras de polens; o "cenário atual" foi gerado através da classe de uso do solo campo e pastagem apresentados em Geoambiente Fatma (2008)
- rotas dos tropeiros e tropeadas: este cenários foi motivado, principalmente pelas entrevistas nas quais os trajetos mais usados pelos tropeiros foram descritos pelos entrevistados. A partir dessas comunicações pessoais, as pesquisas focaram o traçado destes caminhos percorridos pelas tropas e os estudos de Herberts (2009) e Locks *et al.* (2006) foram determinantes para a busca das rodovias que foram estabelecidas aproveitando o antigo traçado das tropas. A partir de então, com o auxílio do *shape* de estradas e rodovias fornecidos pela Epagri (2004), o traçado foi finalizado;
- desflorestamento: a partir do recobrimento da Floresta com Araucária a 100 AP, gerado a partir dos estudos paleopalinológicos de Iriarte e Behling (2007), e do cenário atual, disponibilizado por Geoambiente Fatma (2008), o cenários que reflete o desflorestamento da Floresta com Araucária é uma sobreposição das áreas antes (100 AP) com recobertas por floresta e agora (cenário atual em GEOAMBIENTE FATMA, 2008) recobertas por outros usos e coberturas do solo;
- fruticultura: o cenário foi gerado a partir das áreas classificadas como agricultura, segundo Geoambiente Fatma (2008). Então, a partir do isolamento destas áreas, os polígonos foram checados em imagem disponível através do *Google Earth* (acesso em janeiro 2013) quanto à sua classificação final. O resultado foi a da localização de áreas de fruticultura.
- pontos turísticos: estes cenários são baseados na pesquisa de campo, bem como em sites especializados (PORTAL TURISMO SÃO JOAQUIM, acesso em janeiro 2012; PORTAL URUBICI, acesso em janeiro 2012), além dos esforços de Lins (2009) e Losso e Pereira (2012). O resultado é o mapa com a localização dos principais pontos turísticos da região estudada.

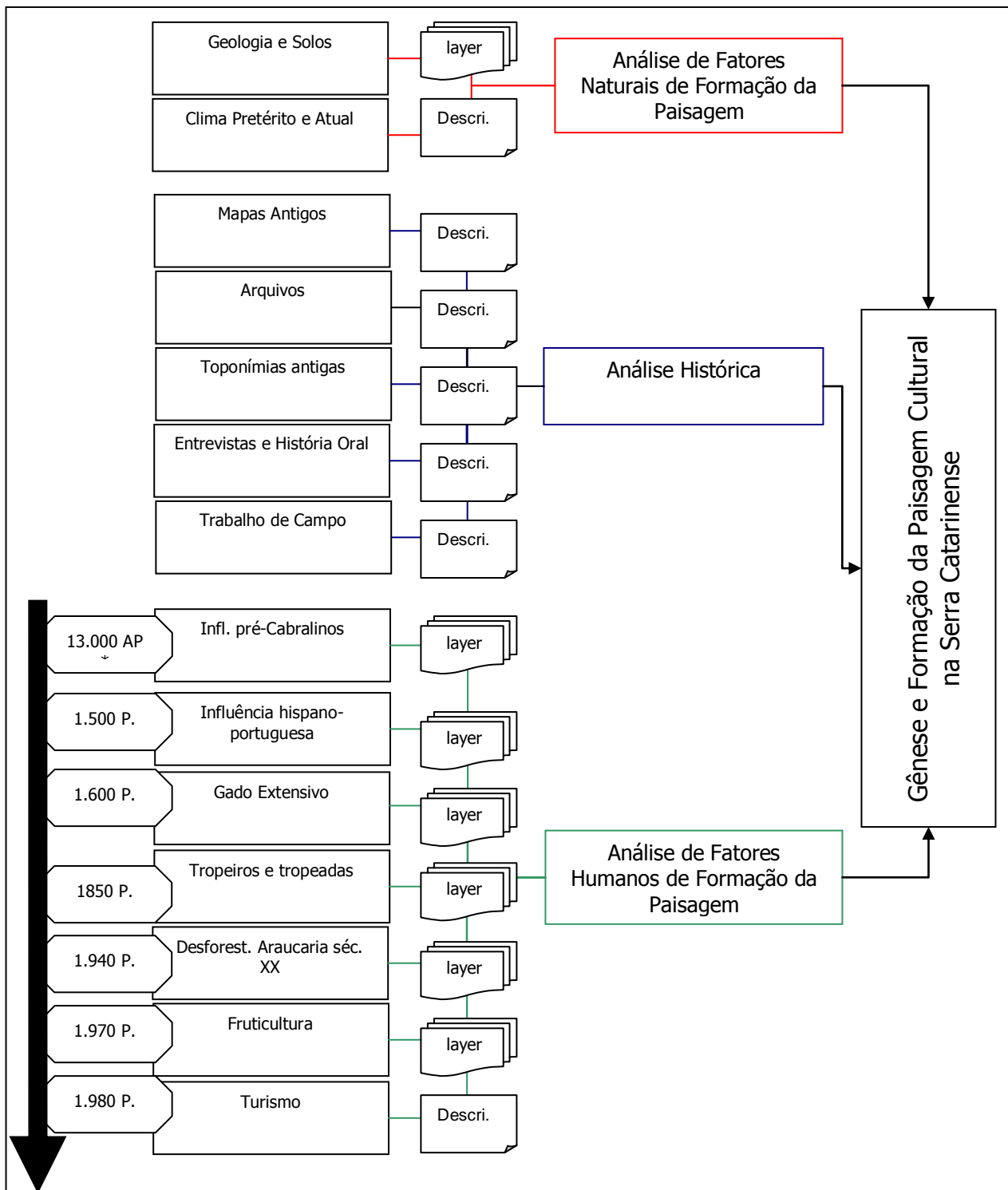
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **3.1 FASES DE DESENVOLVIMENTO DA PAISAGEM CULTURAL**

A Serra Catarinense tem sido palco de intensa transformação ao longo de sua história (LOCKS *et al.* 2006). No campo dos estudos da paisagem, descrever claramente o "início" da história de uma paisagem cultural nem sempre é possível (BIRKS, 1988; KONOLD; BÖCKER; HAMPICKE, 2004). Antes de ser cultural a paisagem é natural. Os primeiros fatores de formação que devem ser levantados nos estudos da paisagem natural são, certamente, os fatores naturais cujos agentes principais são os elementos geologia e solos sob climas pretéritos e presente. Os fatores e elementos de formação estão apresentados no organograma. Nesta volta ao tempo, deve ser definido o momento da história em que será iniciada a busca pelo entendimento da paisagem. Neste caso, foi definido o evento geológico mais recente, ou seja, os derrames eruptivos que formaram as rochas basálticas (MAACK, 2001; MINEROPAR, 2001). Dos fatores naturais os mapas dão um salto na história e segue-se, neste capítulo, para os fatores humanos, há 13.000 AP. quando, segundo a teoria de Haynes, chegam os primeiros humanos na América, através possivelmente da ponte de gelo formada no estreito de Bering.

### **3.2 FATORES NATURAIS DE FORMAÇÃO DA PAISAGEM - GEOLOGIA E PALEOCLIMA**

Durante o fim do Pleistoceno, por conta da aridez do clima glacial, as florestas, antes abundantes, ficaram retraídas às poucas áreas de umidade sobre-existente. A predominância era de ecossistemas campestres os quais estavam adaptados aos solos com poucos nutrientes (AB'SABER, 2000; SALGADO-LABOURIAU, 1997).



\* de acordo com a teoria de Haynes (1969)

FIGURA 1. ORGANOGRAMA APRESENTANDO OS FATORES DE FORMAÇÃO DA PAISAGEM E AS FASES DE SEU DESENVOLVIMENTO SEGUNDO SUA CRONOLOGIA.

A paisagem atual é configurada e determinada massivamente pela geologia e solos. A humanidade e suas atividades econômicas são reflexos deste binômio. Conforme Bigarella (1985), desenvolvemos enquanto espécie graças ao Horizonte A, que, por seu teor de matéria orgânica, nos permitiu produzir alimentos. Na maior parte da região os solos apresentam-se bastante delgados e com muitos afloramentos rochosos característicos dos Neossolos Litólicos. A pecuária extensiva é a atividade econômica mais representativa nestes locais (Figura 2). Em algumas zonas, os perfis são mais profundos, locais estes onde o uso do solo é destinado à agricultura, situação especialmente encontrada em Urubici, ao longo da planície de inundação do Rio Canoas, em altitudes inferiores a 1.000m a.n.m.



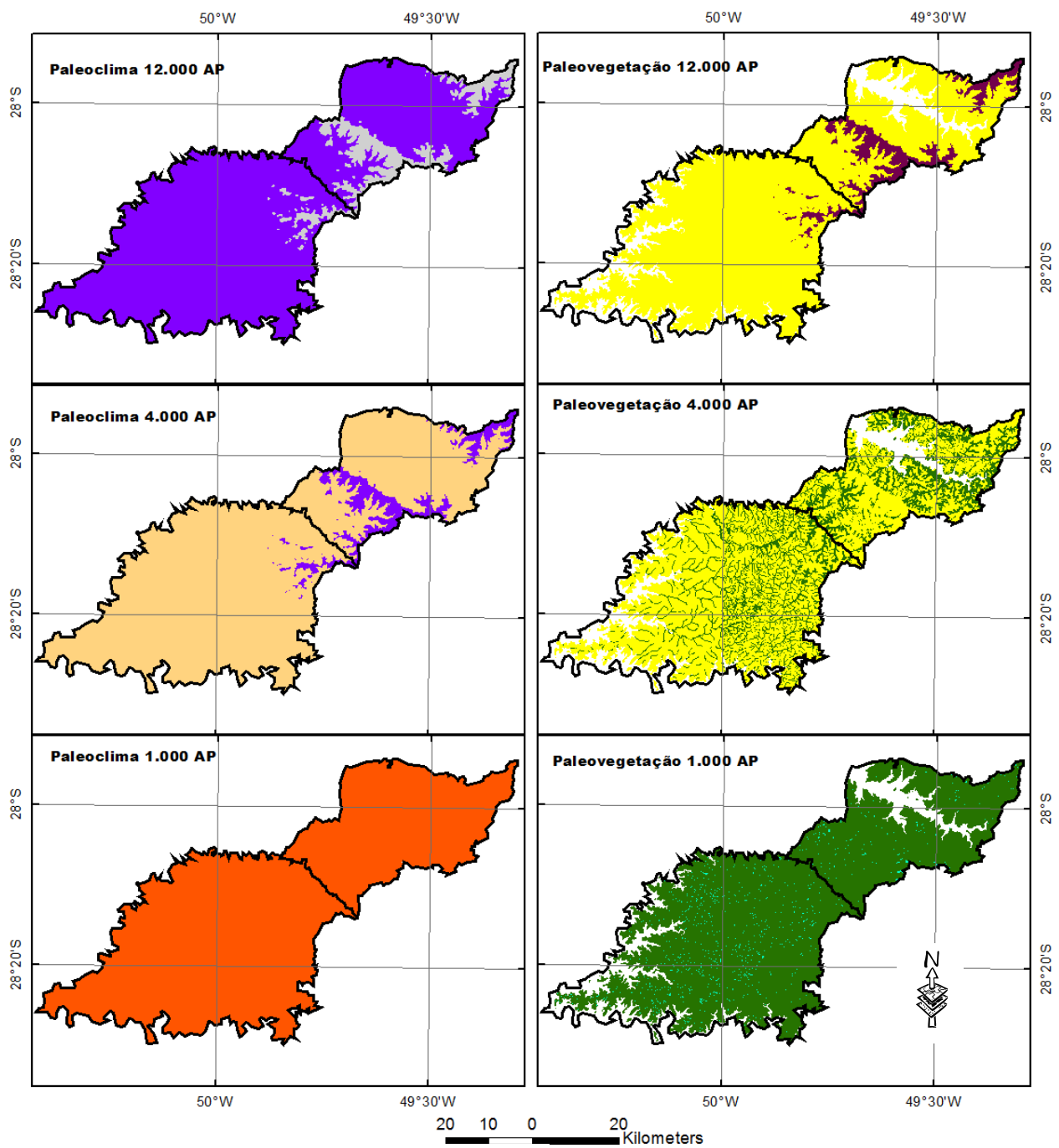
FIGURA 2. AFLORAMENTOS ROCHOSOS E PECUÁRIA EXTENSIVA. FOTO: A AUTORA (2010)

### **3.3 PALEOMAPAS BASEADOS NAS INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS E PALEOPALINOLÓGICAS**

A última glaciação termina há aproximadamente 12.000 a.P, e marca o fim do Pleistoceno e início do Holoceno (MINEROPAR, 2001). Esta mais recente glaciação recebe o nome de Würm na Europa e Wisconsin na América, mas também é chamada de glaciação antropológica, porque com ela, segundo a teoria de Haynes (HAYNES, 1969), o homem pôde fazer a travessia para a América do norte. Porém, sobre esta possível marcha e entrada no continente americano, há controvérsias. Os pesquisadores não estão mais tão convictos de que o homem primitivo atravessou a ponte de gelo e chegou a América naquele período. É possível que tenham chegado antes, vindos de balsa, talvez da África. Mas, a teoria de Haynes é ainda a mais aceita. Há 12.000 AP, nas altitudes acima de 1.500m, o clima poderia ser classificado como alpino ou tundrático (Et,

segundo a classificação de Köppen). Nas menores altitudes o clima seria classificado como Bsk, ou seja, semi-árido ou clima estépico, segundo Köppen. A vegetação correspondente seria a de campos onde o clima apresentou-se Bsk e tundra, nas regiões com classificação climática Et (Figura 3).

Desde 12.000 AP até 1.500 AP ocorrem, segundo Araujo *et al.* 2005b, três momentos de expansão da floresta, sendo eles entre 10.000 e 8.700 AP, entre 7.000 e 4.000 AP e entre 2.800 e 1.500 AP. Desde aproximadamente 4.000 AP. até 1.400 AP o clima se torna ainda mais úmido em todo o Sul do Brasil (ARAUJO, *et al.* 2005a; ARAUJO, *et al.* 2005b) favorecendo ainda mais a expansão da floresta sobre os campos. Como consequência ocorre a expansão da *Araucaria angustifolia*, especialmente ao longo dos rios, formando florestas de galerias (IRIARTE; BEHLING, 2007). Ainda assim, durante este período, o autor cita que os campos ainda formavam a matriz da paisagem. Naquele período houve uma tendência de a expansão da Floresta com Araucária ocorrer sobre os atuais Cambissolos. A presença de rios nos Cambissolos formou as primeiras manchas de floresta na paisagem dos idos 4.000 AP. Estes primeiros *spots* são associados às áreas mais planas, tanto quanto são os Cambissolos húmicos onde se desenvolveram as primeiras florestas depois da era do gelo. As áreas acima de 1.500m altitude ainda não desenvolvem florestas, pois há 4.000 AP. o clima ainda estava muito frio, principalmente seco nestas áreas alçadas, para propiciar ambiente ideal para o desenvolvido das mesmas. Poderiam ser inferidos que, apesar de o clima estar mais úmido, as condições climáticas ainda eram muito frias e secas para a dominação da paisagem pelos ecossistemas florestais, logo, os mosaicos formados entre florestas (corredores) e campos (matriz da paisagem), parecem ser o cenário mais apropriado (IRIARTE; BEHLING, 2007). Assim sendo, o clima foi descrito como Cwc (temperado com inverno seco e 3 ou menos meses com temperatura acima de 10°C) nas altitudes menores que 1.500 m, mas naquelas altitudes maiores do que este patamar, surge o Bsk (árido ou semi-árido, com pelo menos um mês com temperaturas médias inferiores a 0°C (Figura 3).



**Legenda**

**Paleoclima 12.000 a.P. - 1.000 a.P.**

- Bsk
- Et
- Cwc
- Cfb

**Paleovegetação 12.000 a.P. - 1.000 a.P.**

- Campos
- Tundra
- Floresta com Araucária
- Campos hidromórficos

FIGURA 3. PALEOMAPAS BASEADOS EM INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS.



Como descrito anteriormente, há indícios de que, nas paisagens da Serra Catarinense, nos locais de ocorrência de rochas eruptivas, acima de 1.000m de altitude, a existência de Floresta Ombrófila Mista esteja limitada pela ocorrência de zonas hidromórficas. Conforme dados provenientes da classificação de uso e cobertura do solo presente em GEOAMBIENTE FATMA (2008) e, especialmente, das observações de campo, é possível notar que há uma menor tendência de ocorrência de florestas em áreas em que o índice de umidade é mais alto (Figura 4). Em virtude desta análise, julga-se necessário excluir as zonas hidromórficas da área potencial de expansão da Floresta com Araucária, a partir do momento em que o clima torna-se similar ao atual (Figura 3).

O tempo passa desde 12.000 AP e as condições climáticas do planeta Terra mudam. Inevitavelmente, os ecossistemas também mudam guiados por esta força motriz poderosa: o clima. A capacidade adaptativa dos ecossistemas às mudanças consiste em ter temperatura média, umidade e condições de solo adequadas para desenvolverem-se. Baseados nisso, quando dos primeiros cenários construídos neste capítulo, a temperatura estava no mínimo 4-5°C mais fria (Figura 3), além disso, estava também mais seco. Tão seco que o estabelecimento de espécies florestais estava muito difícil, a Floresta com Araucária regredi. A paisagem formada constitui-se principalmente por campos. O tempo continua avançando e o próximo cenário mostra a região a 4.000 AP, momento em que o planeta está em transformação rumo a se tornar mais úmido e quente. Neste momento, a Floresta com Araucária passa a dar seus primeiros passos de volta. Avança ao longo de rios e dentro de vales. O ambiente nestas posições do relevo promove condições ideais para o estabelecimento da Floresta com Araucária. Diante da última era do gelo, foi a sua primeira expansão. Avançando ainda mais no tempo, o cenário agora é 1.000 AP, quando a expansão espacial natural máxima da Floresta com Araucária ocorre. Tudo se torna mais quente e úmido, pungente, inter-glacial, assim como hoje. Rios com o mesmo caudal e comprimento de hoje, condições de solo idênticas às atuais. A floresta, dentro de suas condições naturais, e excluindo o elemento 'homem', domina sob os campos.

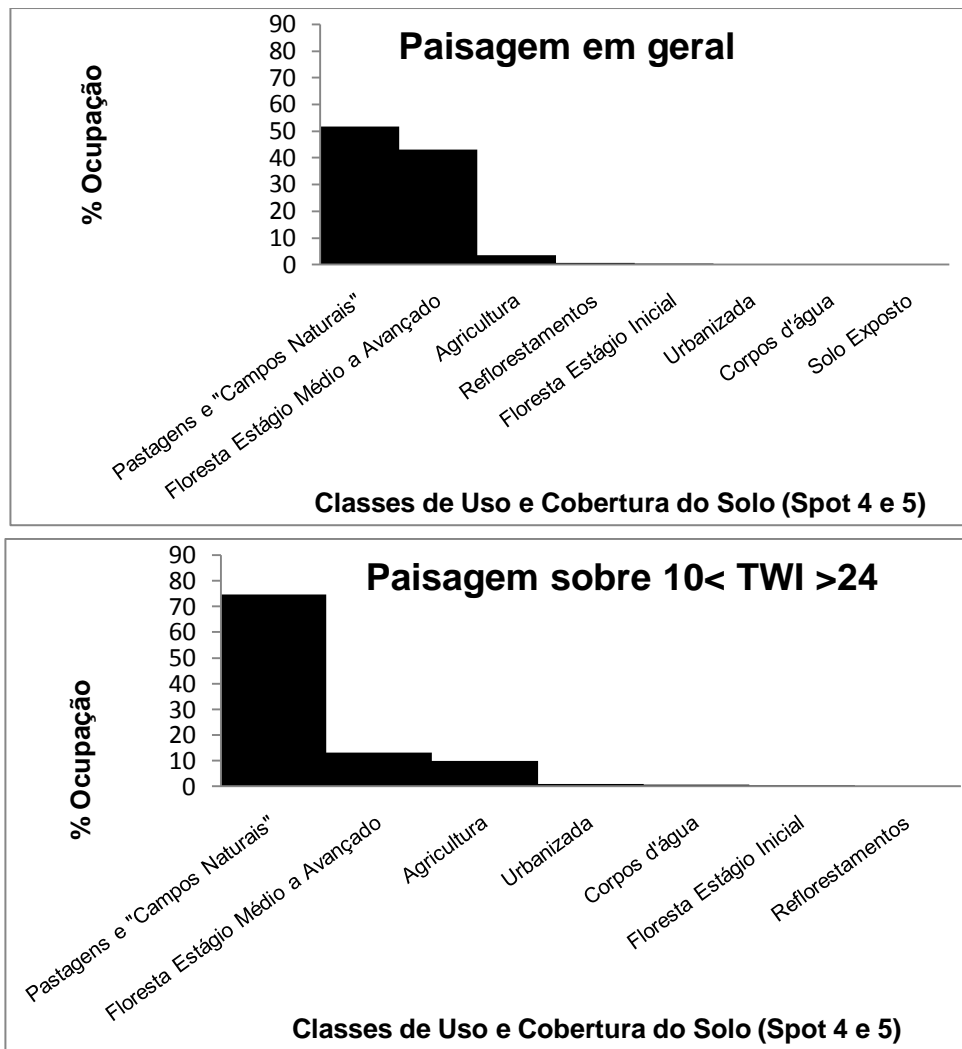


FIGURA 4. COMPARAÇÃO ENTRE A PAISAGEM EM GERAL E A DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SEGUNDO GEOAMBIENTE FATMA (2008), SOBRE ZONAS COM TWI ACIMA DE 10 ATÉ 24 (NÍVEL MAIS ALTO) SOBRE ÁREAS PLANAS.

A umidade da atmosfera tem se tornado mais alta a partir de então (1.000 AP). Logo, a classificação do clima é a mesma dos dias atuais (BEHLING; LICHTER, 1997). Isso significa que, de acordo com a classificação de Köppen, o clima é Cfb (temperado com precipitação em todas as estações e média do mês mais quente abaixo de 22°C). Em consequência disso, para construir o mapa da paleovegetação de 1.000 AP foi necessário se reportar a ocorrência da Floresta Ombrófila Mista nos dias atuais. Por volta daquela época, nas áreas mais alçadas da região, a distribuição das espécies esteve bastante associada às condições de solo, ou seja, com altos teores de matéria orgânica, determinando a ocorrência de campos hidromórficos de altitude. A Floresta com Araucária não é apta a ocorrer nestas áreas, segundo as evidências levantadas em

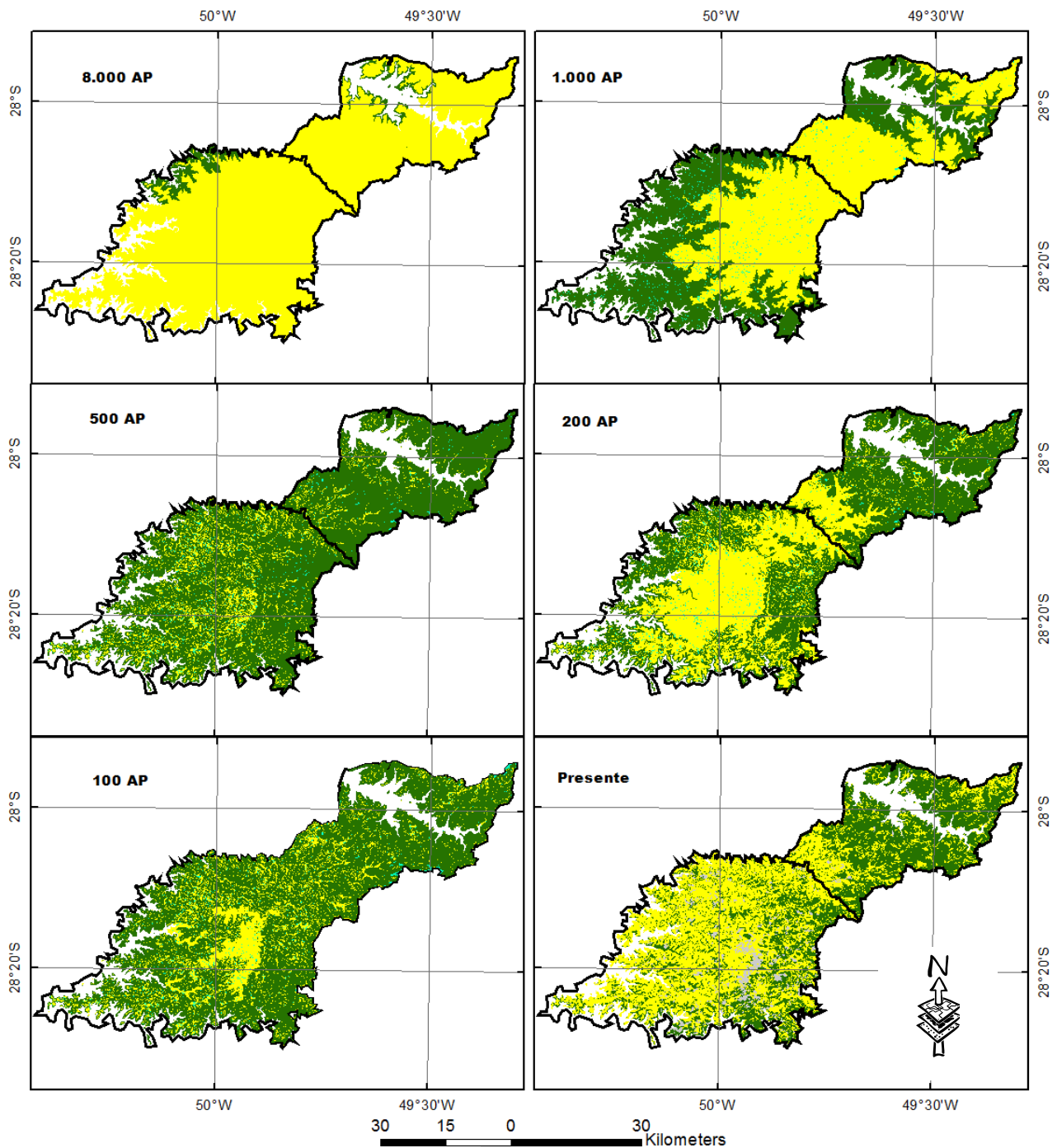
campo e em mapas. A mesma expandiu-se a partir das áreas mais encaixadas dos relevos, com solos minerais de melhor drenagem.

### 3.3.1 Os paleopalinocenários

Registros fósseis de polens representam um excelente ferramental para qualificar mudanças na cobertura vegetal, especialmente a dinâmica entre áreas abertas e florestais (BROSTRÖM; SUGITA; GAILLARD, 2004). Nos mapas construídos a partir das análises presentes em Iriarte e Behling (2007), enquanto o clima torna-se mais quente e úmido, a Floresta com Araucária expande-se paulatinamente, desde as áreas mais baixas, dominando as encostas até as zonas mais elevadas da paisagem. A rota de expansão segue o caminho dos rios, tirando vantagem das melhores condições oferecidas à medida que a temperatura média do planeta subia. Seguindo as altitudes, a Floresta com Araucária pôde alcançar os planaltos (Figura 5).

A localização temporal inicial inicia-se há 8.000 AP., a partir de pequenas áreas de Floresta com Araucária nas zonas ripárias dos rios mais caudalosos da região, como o Pelotas, o Lava-tudo e o Canoas. A cobertura de Floresta com Araucária era de apenas 5% da área, em vales encaixados de zonas mais baixas.

A partir de 1.000 m de altitude, os estudos palinológicos mostram a expansão da floresta (BEHLING; PILLAR; BAUERMANN, 2005; IRIARTE; BEHLING, 2007; JESKE-PIERUSCHKA *et al.*, 2010; LIMA-RIBEIRO; BARBERI, 2005; ROOPNARINE; ANGIELCZYK, 2012) suplantando as campos e, finalmente, dominando a paisagem até cerca de 500 AP. Há 1.000 AP., o clima é similar ao atual e a Floresta com Araucária alcançaria sua máxima expansão, exceto nas zonas de saturação hídrica, se apenas a influência climática estivesse direcionando as forças de expansão. No entanto, apenas 45% da área é recoberta pelos ecossistemas florestais. Sugere-se aqui então o aparecimento de outro elemento transformador da paisagem, o homem (expresso em suas formas de manejo da paisagem, tanto o paleo-homem, quanto o homem contemporâneo, conforme será exposto a seguir).



### Legenda

#### Paleovegetação 8.000 a.P - 100 a.P.

- Floresta com Araucária
- Campos
- Campos Hidromórficos

#### Presente (Spot 4 e 5 2008);

#### Resolução espacial: 10m

- Floresta com Araucária
- Campos
- Outros usos

FIGURA 5. DINÂMICA DA VEGETAÇÃO ATRAVÉS DOS PALEOPALINOMAPAS (DE 8.000 AP AO PRESENTE)

A análise recomeça com a construção dos paleoambientes através do registro palinológico. Os mapas, apresentados na Figura 5, apontam uma nova possibilidade de rota preferencial da Floresta com Araucária a partir do norte da área, nos vales mais rebaixados, subindo pelas encostas e chegando, há 500 AP, dominante sobre os campos. As marcas da presença humana são anotadas a partir de 200 AP, quando o homem passa a interferir na paisagem deixando suas marcas culturais contemporâneas.

A expansão da Floresta com Araucária ocorre, segundo Iriarte e Behling (2007), de forma não linear. Durante o período de 4.000 AP e 1.000 AP o aumento no perfil de polens da floresta é acompanhado por um aumento no registro de carvão vegetal. De 1.000 AP até 500 AP, novamente ocorre aumento da cobertura de florestas para 90% da área total. Aqui cabe reflexão de algumas hipóteses; a primeira é a redução da influência indígena na área, o que é seguido por CORTELETTI (2013). Talvez as populações nativas tenham se movido ou houve uma redução significativa das mesmas; ou, a segunda hipótese, na Serra Catarinense há um retardo na máxima expansão da Floresta com Araucária, deixando de ocorrer há 1.000 AP., como sugere a literatura, e acontecendo em torno de 500 AP.; a terceira e última hipótese para o considerável aumento da cobertura de florestas entre 1.000 AP para 500 AP. refere-se a taxa de uso, pois pode indicar que o potencial de expansão da floresta tenha sido maior do que a capacidade indígena de manter os espaços abertos; ou ainda, conforme sugerem Bitencourt e Krauspenhar (2006), o avanço da floresta tenha sido facilitado através de manejo pelas populações indígenas da Tradição Taquara-Itararé, presentes na área desde e que tiveram a sua população aumentada a cerca de 1.500 AP, segundo Araujo *et al.* (2005a). O contato com os colonizadores luso-espanhóis começa nesta fase. Quão intensa teria sido a influência dos europeus já logo após sua chegada?

Em 200 AP ocorre uma redução da cobertura florestal na área para 60%. É neste período que as atividades pecuárias extensivas são bastante expressivas e as tropeadas se iniciam, levando gado muar de Viamão (RS) até Sorocaba (SP). Às atividades das tropas segue-se intensa construção de caminhos de pedras e taipas, presentes por toda a região.

Com a redução da atividade pecuária ocorre, há cerca de 100 AP, aumento na cobertura florestal, a qual passa a representar 75% da área. A expansão da floresta se dá especialmente nas áreas mais íngremes, e se reflete até hoje, conforme mostra a Figura 6.

O Presente é caracterizado por maior heterogeneização da paisagem. Os centros urbanos se estabelecem, assim como a diversificação das atividades econômicas. A fruticultura de espécies de clima temperado se estabelece em torno de 1970, bem como a olericultura, especialmente no Vale do Canoas. O ciclo econômico exploratório da Madeira diminuiu a

cobertura florestal para em torno de 40%. Este ciclo teve seu apogeu determinado pelo desenvolvimentismo inicial do pós-segunda-guerra, principalmente motivado pelo aumento da demanda por madeira por parte da Alemanha e Grã-Bretanha (LEÃO, 2000), aumentando as exportações (KEINERT JUNIOR; XAVIER, 2006), além das demandas internas pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, e da construção de Brasília. Centenas de serrarias foram instaladas na região, atraídas pela "falsa noção de prosperidade" (LEÃO, 2000), sem qualquer forma de planejamento, ordenação ou reposição (PÉLLICO NETO, 2006).

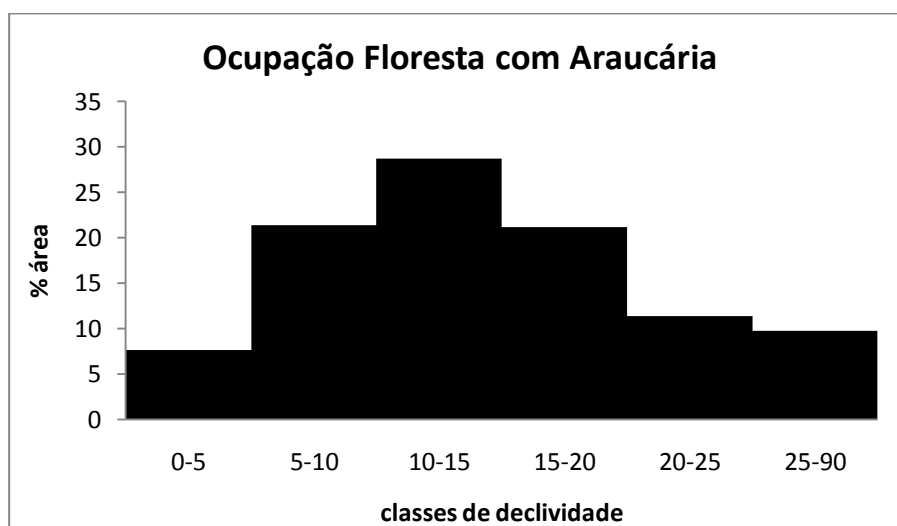


FIGURA 6. OCUPAÇÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA DENTRO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE. DADOS DE USO E COBERTURA DO SOLO PRESENTE GEOAMBIENTE FATMA (2008).

Em muitas propriedades, araucárias foram vendidas em pé, para que depois de algum tempo fossem cortadas e serradas (KOCH; CORRÊA, 2002). Neste período ocorre inversão da forma de trabalho. O trabalho na lide da pecuária e da roça é substituído pelo trabalho em fábricas de madeira. Ocorre profunda transformação natural, com a perda das florestas e social, quando o roceiro e o peão tornam-se proletários. Iniciada a crise na Europa e as restrições e desvalorizações monetárias decorrentes, as exportações de pinho (araucária) sofrem muitos golpes (IORIS, 2008). Florestas já vendidas e ainda em pé, ou cortadas e apodrecendo ao léu, deflagraram que o ciclo estava arruinando. Em seu rastro, de 1940 até cerca de 1960, acabam as florestas e aumenta o desemprego (KOCH; CORRÊA, 2002).

### 3.6 ELEMENTOS DE TRANSFORMAÇÃO DA PAISAGEM

#### 3.6.1 Ameríndios – ecossistemas antropizados

O *homo sapiens* nada pôde decidir sobre a paisagem. Seu comportamento foi ditado pelo meio ambiente (KÜSTER, 1995). Essa afirmação pode nos levar a uma conclusão de que os índios, habitantes da América pré-colombiana eram passivos dentro de suas necessidades com o meio ambiente. Ou ainda, de que eles nunca de fato transformaram o ambiente em que viveram. Está ideia de que os indígenas eram seres completamente dependentes daquilo que a natureza lhes favorecesse, criaturas do paraíso, totalmente integrados com o meio natural, e que não haviam feito nenhuma modificação considerável na natureza, está desacreditada (MANN, 2007) .

Até pouco tempo atrás, e segundo alguns cientistas mais conservadores, se acreditava que as populações que viviam, por exemplo, na Amazônia tinham estrutura social e política muito simples, eram nômades e viviam largamente dispersos na floresta, sem qualquer impacto ou transformação real na paisagem (DENEVAN, 2006; MANN, 2007). Porém, novas pesquisas revelam uma América bastante transformada por sociedades complexas, que praticavam o comércio, a agricultura e até mesmo terraplanagens, como a exemplo da região do Beni, na Bolívia (MANN, 2007). Nesta região, os índios mantiveram e expandiram os prados (campos) para além das fronteiras nativas, através de queimadas extensas. Atualmente os habitantes do Beni continuam queimando, mas agora somente para manter os campos anteriormente já abertos para o gado (ERICKSON, 2006; MANN, 2007).

Segundo novas pesquisas arqueológicas feitas principalmente no sul do Brasil e Uruguai, os povos que habitavam esta região não eram formados apenas por caçadores-coletores eventuais (SCHMITZ *et al.*, 1991; BRACCO *et al.*, 2000; GIANOTTI, 2000; LÓPEZ, 2001 *apud* IRIARTE, 2006), mas por pessoas que construíram suas vilas de forma planejada e que praticavam economia mista (IRIARTE, 2006). Os habitantes de Los Ajos (Uruguai), segundo Iriarte (2006), durante um Holoceno cada vez mais seco, há cerca de 4190 AP, praticavam cultivo de abóbora (*Curcubita* spp.) e de milho (*Zea mays*). Além disso, há sempre uma tendência a considerar que as populações nativas modificaram menos o ambiente do que as subseqüentes. O primeiro grupo (caçador-coletor) alcançou as terras altas do Sul do Brasil durante a última glaciação e pode ter convivido com a mega-fauna aqui existente, antes de ela ter sido extinta (LENTZ, 2000; SCHMITZ, 2006). Eles viveram em condições adaptadas ao clima frio, tais como

casas subterrâneas, por exemplo, (IRIARTE, 2006; IRIARTE, GILLAM; MAROZZI, 2008), e, durante muito tempo acreditou-se que eram nômades os quais aproveitavam o pinhão como fonte de alimentação, caçavam e pescavam. Eles provavelmente transformaram a paisagem com o uso do fogo (BEHLING; PILLAR; BAUERMANN, 2005; JESKE-PIERUSCHKA *et al.*, 2010; RULL, 1999).

Porém novos esclarecimentos a respeito dos habitantes do Alto Canoas (Urubici), os Jê Meridionais da Tradição Taquara-Itararé, foram feitos através das pesquisas realizadas por Corteletti (2013), nas quais afirma que, muito próximo ao contato (por volta do século XIII), os mesmos praticavam agricultura organizada através do cultivo, além de milho e abóbora, também de outras espécies típicas do Brasil Central e Norte, como feijão (*Phaseolus* sp.), inhame (*Dioscorea* sp.) e mandioca (*Manihot* sp.) e que esta população era menos dependentes de movimentos migratórios do que supunha-se anteriormente.

Os Jê Meridionais a chegar ao Sul do Brasil, há aproximadamente 2.000 AP., eram mais sedentarizados e usavam principalmente a horticultura como um recurso de sobrevivência. Eles vieram da Amazônia e no Sul do Brasil se estabeleceram principalmente nas terras mais baixas ou nas encostas das montanhas e vales protegidos do frio, mas nunca em altitude superior a 700m. Este grupo impôs sua cultura, relocando e, muitas vezes, absorvendo a cultura dos povos anteriores (SCHMITZ, 2006). Evidências de uso do fogo são reportadas nas análises palinológicas na presença de partículas carbonizadas, sempre correlacionadas à diminuição do pólen de árvores e arbustos (IRIARTE; BEHLING, 2007; BEHLING; PILLAR; BAUERMANN, 2005), corroborando com a ideia de uso do fogo por estas populações nativas.

### 3.6.2 Presença de Espanhóis e Portugueses

O território do Sul do Brasil estava sob ocupação espanhola, que sempre conflitava com o governo português na disputa por estas terras, até que em 1801 houve a conquista definitiva do território pelo governo brasileiro-português (LOCKS *et al.*, 2006). Nesta ocupação, tiveram papel fundamental os padres jesuítas, que foram os primeiros a colonizar, ocupar e produzir no sul do Brasil. D. João VI pede aos jesuítas que catequizeem os índios e procurem por minas em Urubici e São Joaquim. Através das missões jesuítas, os índios cativos foram alfabetizados e catequizados, e passaram a produzir gado vacum e muar, erva-mate, lã e couro. As primeiras invernações são organizadas pelos jesuítas. Em 1720, os jesuítas são expulsos de Portugal e de todas as suas



colônias e passam então a ser perseguidos. É nesta fase que o gado, amplamente produzido nas missões é solto e passa a habitar e reproduzir livremente nos campos.

Quando da abertura do primeiro caminho de acesso entre o litoral e a Serra Catarinense por Francisco de Souza Faria em 1728, os campos de Lages puderam ser alcançados, proporcionando o comércio de gado, troca de informações e produtos pelas tropas, as quais fizeram seus pousos em campos adjacentes onde foram se estabelecendo as primeiras vilas, as quais viriam a se transformar anos mais tarde nas cidades de São Joaquim e Urubici. Paulistas e gaúchos se estabeleceram e formaram os primeiros povoados.

A pecuária e a produção de erva-mate foram das primeiras atividades econômicas relevantes na região. Das missões jesuítas às grandes fazendas de gado, dos ameríndios aos bandeirantes e grandes fazendeiros, o uso do fogo para abertura de áreas e, segundo entrevistas realizadas em campo, para a "melhoria do pasto", era prática comum. Bigg-Wither (1878) comenta o uso do fogo e, segundo ele, o fogo, que fazia explodir árvores de Araucária tão alto quanto o som de um canhão, "é o processo de sistema de cultivo para aumentar a qualidade do pasto". Hoje, embora ilegal sem licença para queima controlada, no qual precauções são exigidas para serem evitados acidentes, a prática ainda existe, e nos mês de agosto, toda a região fica tomada pela fumaça.

### 3.6.3 Tropeiros e Tropeadas

O tropeirismo foi um movimento para transporte do gado muar desde o Sul do Brasil, partindo de Viamão (RS), para o Sudeste, até Sorocaba (SP). Através deste movimento, tornou-se possível a implementação da política portuguesa de ocupação do território do sul do Brasil (HERBERTS, 2009). O ramal principal dos caminhos das tropas, chamado "Real Caminho de Viamão", ligava Viamão à Sorocaba. Deste caminho ainda restam na Serra Catarinense muitos segmentos, os quais são formados por corredores de muros de pedra e taipas, construídos por escravos e índios (LOCKS *et al.*, 2006).

As características de bom pasto e água em abundância da Serra Catarinense proporcionavam boas invernadas onde o gado podia se recuperar e seguir adiante, rumo à Sorocaba (HERBERTS, 2009). Por isso, ao longo do Real Caminho de Viamão, vários locais de pouso, descanso, ajuntamentos e invernadas deram origem a vilas e, em seguida, a cidades, como é caso de várias cidades em Santa Catarina, como Lages, por exemplo.

A partir do ramal principal, encontram-se, na Serra Catarinense, muitos outros ramais secundários, os quais tinham função de interligar vilas, dar fluxo às mercadorias e conectar outros rincões ao Real Caminho de Viamão, refletindo a complexidade das relações econômicas e sociais estabelecidas. Os tropeiros seguiram com as tradições pecuárias e certamente novos campos foram sendo abertos a medida que se estabeleciam.

A primeira estrada aberta entre a Serra e o litoral do Estado de Santa Catarina foi a Estrada dos Conventos (Serra Velha ou Serra da Rocinha) aberta em 1728 entre a Serra e o município de Araranguá. Através dela foram transportados muitos produtos entre São Joaquim e "Serra abaixo" (entrevistas). Estes tropeiros estabelecidos (serranos) passaram a usar mais frequentemente os ramais secundários que levavam ao litoral. De acordo com as entrevistas, eles levavam "Serra abaixo" tropas de porcos e gado, e traziam grãos e outras mercadorias não produzidas.

Alguns tropeiros que ainda vivem e foram entrevistados na pesquisa de campo. Eles contaram sobre as dificuldades enfrentadas nos caminhos abertos pelas matas, especialmente na descida das encostas íngremes da Serra. Sobre o tipo de atividade, contam que os porcos, por exemplo, eram criados soltos no "meio do mato", "selvagens", alimentando-se principalmente de pinhões. Estes porcos quando do ajuntamento para a formação da tropa, tinham seus olhos costurados para que não se dispersassem e fossem conduzidos apenas pelo olfato ao longo de todo o percurso. Estes depoimentos levam ao entendimento das relações intrínsecas homem-paisagem que existiam e ainda existem na região (Figura 7).



FIGURA 7. O TROPEIRO E AS BRUACAS. FOTO: A AUTORA (2010)

Todavia, outros caminhos foram abertos e bastante usados com a mesma finalidade, tais como a estrada Desterro-Lages, a Serra do Corvo Branco e a Serra do Doze (Serra do Rio do Rastro) (Figura 8).

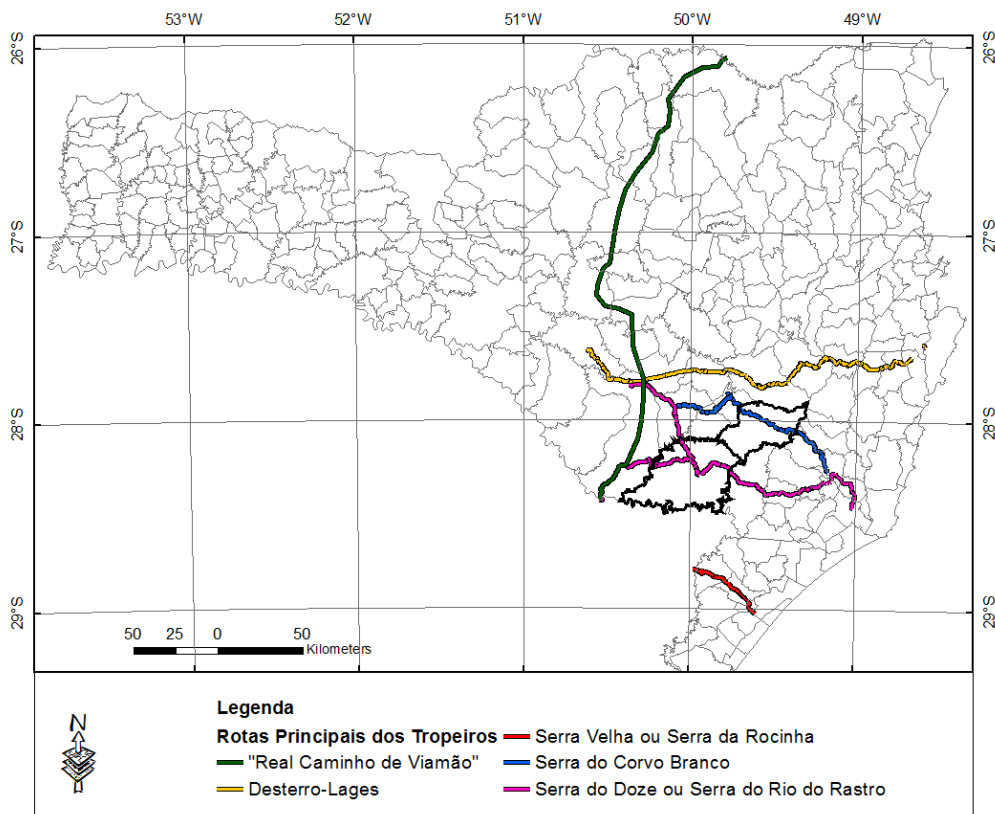


FIGURA 8. ROTAS PRINCIPAIS DOS CAMINHOS DE TROPAS. SISTEMATIZADO A PARTIR DE HERBERTS (2009); LOCKS ET AL. (2006) E ENTREVISTAS

### 3.6.4 Sociedade contemporânea

#### **Desflorestamento**

A continuidade da Floresta com Araucária na região serrana do Sul do Brasil, mapeada em mapas históricos (KLEIN, 1978), é controlada pela geologia, clima e pelas condições de solo. Esta ocorria disjunta no Planalto Serrano Catarinense entremeadado pelos campos. Ainda Klein (1978), observando a paisagem já bastante transformada, afirma que os agrupamentos da Floresta com Araucária são mais densos ao longo de rios, vales e encostas. Estas são as indicações espaciais de seus remanescentes, os quais são também mapeados neste estudo. O autor nos remete à grande exploração da floresta ao afirmar que ela (a Floresta com Araucária) forneceu a maior riqueza de madeira do Estado de Santa Catarina. O que foi também corroborado por (REITZ; KLEIN; REIS, 1978), ao afirmar que a o planalto serrano catarinense foi intensamente explorado pela indústria madeireira por cerca de 150 anos, até quando, na década de 60, os recursos madeireiros começaram a escassear, especialmente em se tratando de pinheiros (*Araucaria angustifolia*) e imbuia (*Ocotea porosa*). Além disso, a crise na Europa finaliza a exportação e determina o fim do ciclo da madeira. Para confirmar o tamanho da exploração madeireira que ocorreu nas terras sul-brasileiras e, por conseguinte, a quantidade do recurso madeira que estivera disponível, em 1968 o Brasil exportou cerca de 1 bilhão de metros cúbicos de madeira (KOCH; CORRÊA, 2002), sendo que, destes, 45% eram provenientes de Santa Catarina e os demais 55%, vinham do Rio Grande do Sul e do Paraná. Desde 1915 a 1960 (45 anos), foram exportados cerca de 11 milhões de toneladas de madeira do sul do Brasil, quase que exclusivamente da Floresta de Araucárias, sendo que, 80% desta madeira eram de araucária. O mapa da Figura 9 mostra a dimensão da área desflorestada nos últimos 100 anos.

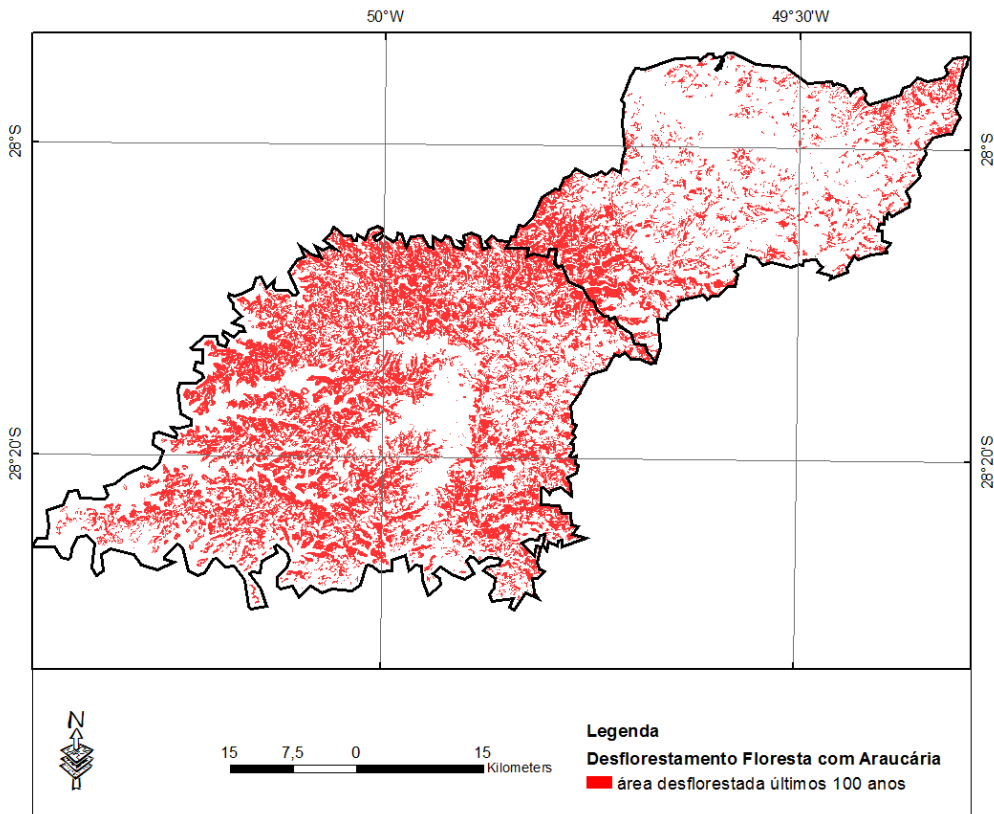


FIGURA 9. ESTIMATIVA DE ÁREA DESFLORESTADA DESDE 100 ATRÁS.

Estudos mais recentes sugerem que a Floresta com Araucária estivesse praticamente intacta antes do século XX, da pecuária contemporânea e da exploração madeireira (CARVALHO; NODARI, 2009). E depoimentos de tropeiros registrados pelas entrevistas desta pesquisa e por outros autores, como Koch e Corrêa (2002) e Locks *et al.* (2006), indicam que havia tantos pinheiros, que os tropeiros podiam caminhar dias sob suas copas, sem ver a luz do dia; ou ainda segundo a descrição, de que a paisagem era "talhada" de pinheiros. Mas, apesar de a maioria dos autores e da constatação da grandeza do volume explorado conectar a redução das florestas com Araucária isoladamente, ou principalmente, à indústria madeireira, os dados aqui explorados remetem a outros usos, muito mais antigos que tenham levado à sua redução anterior à sua re-expansão há 100 AP

## Pecuária extensiva

O gado teve e tem importância incontestável na formação cultural do Sul do Brasil. Primeiro por que, sendo o clima do sul temperado, as culturas tropicais às quais interessava Portugal não eram propícias nestas terras. Coube então a Portugal a tarefa de se não se importar tanto com a porção austral do Brasil. Da mesma forma disso, os jesuítas trouxeram o gado para a margem esquerda do Rio Uruguai formando a "Vacaria Del Mar" o qual se tornou motivo de interesse real pelo valor dado à exportação do couro, bem como o era a mão-de-obra escrava "domesticada" cativa pelos jesuítas em suas reduções, motivo de atração dos bandeirantes (CHELOTTI, 2007). Com a chegada dos bandeirantes e fuga dos jesuítas, o gado se torna alçado, solto, e se reproduz a revelia formando um imenso rebanho selvagem. Aos bandeirantes coube a missão de capturar escravos e retirar o couro do gado para envio à Europa. A carne não tinha valor de mercado e era usada somente para consumo local, sendo muitas vezes deixadas reses inteiras descouraçadas apodrecendo em campo aberto. Os jesuítas retornaram em seguida e, vendo o extermínio da "Vacaria Del Mar", sobem a serra, chegam aos campos de cima da Serra e formam a "Vacaria Del Los Pinhales". Estes são os mesmos que, atravessando o Rio Pelotas, se estabelecem na região de estudo (BRASIL ESCOLA, [s.d.]

Nada poderia parecer mais natural do que estes campos abertos e pastejados pelo gado Vacum, em extensas fazendas. O gráfico da Figura 10 apresenta a dinâmica destes pastos desde há 200 AP.

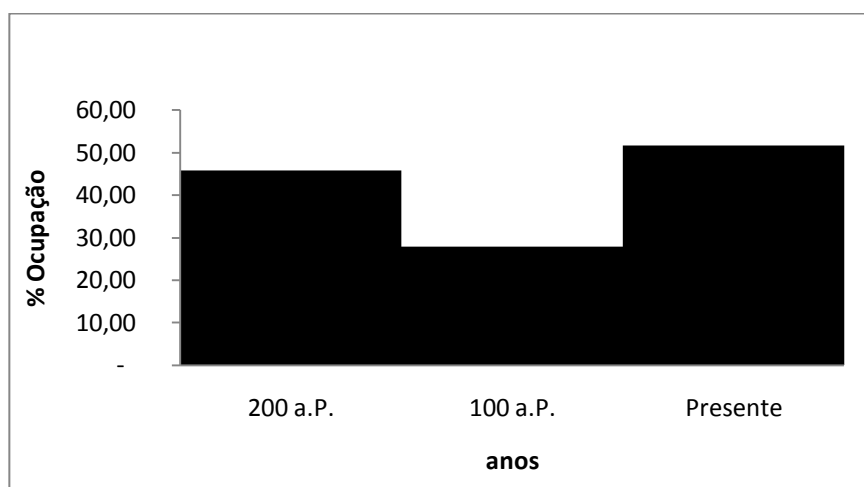


FIGURA 10. PORCENTAGEM DE OCUPAÇÃO POR ATIVIDADE PECUÁRIA NA ÁREA DE ESTUDO

Os mapas, apresentados na Figura 11 apresentaram estimativa de aumento de áreas de pastagem desde há 200 AP, com base nas áreas identificadas como campo antrópicos.

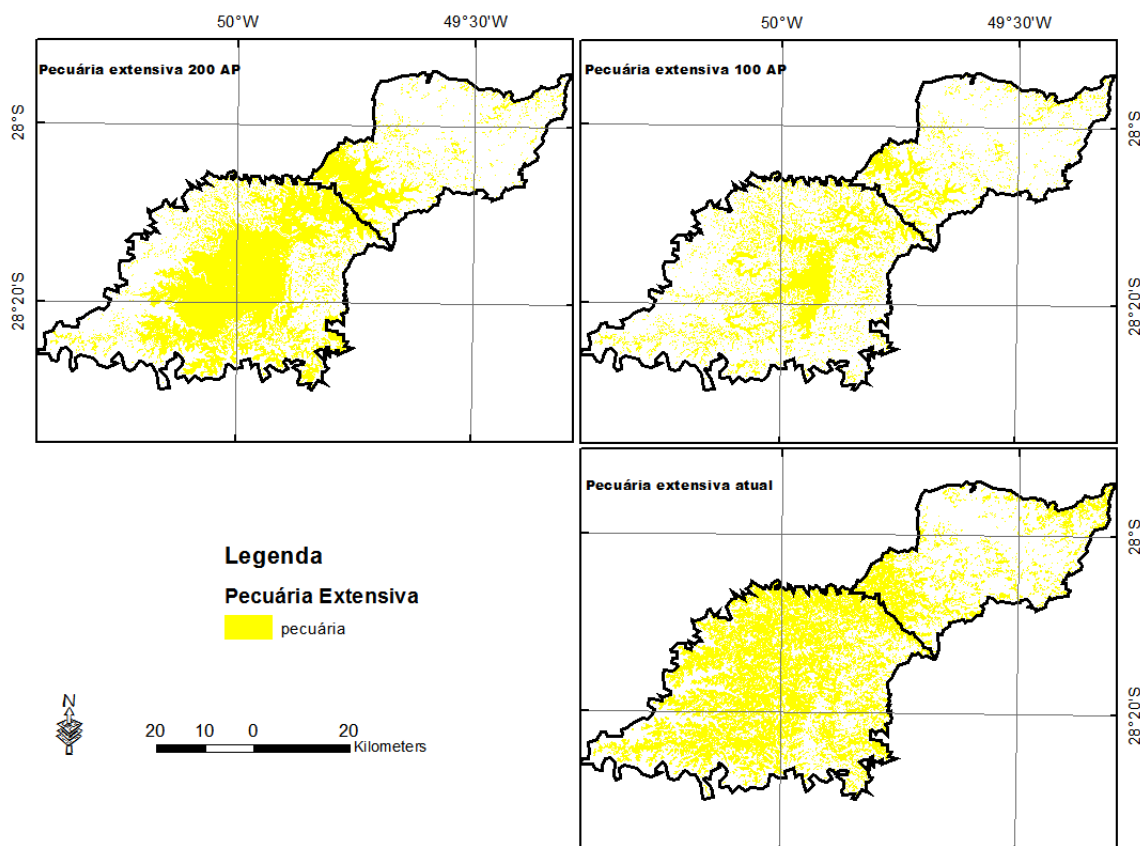


FIGURA 11. ESTIMATIVA DA DINÂMICA DAS ÁREAS OCUPADAS POR PECUÁRIA EXTENSIVA.

## Fruticultura

A fruticultura de clima temperado cresceu na região de São Joaquim a partir da década 1960 e se expande especialmente sob áreas de pastagens (Figura 12).

A distribuição das altitudes e o relevo menos abrupto de suas encostas permitem a São Joaquim maior concentração da fruticultura comparada à Urubici (o qual é reconhecidamente um pólo de produção olerícula no Estado de Santa Catarina, especialmente no Vale do Canoas, não incluído neste estudo por estar a altitudes menores do que 1.000m). O setor da fruticultura enfrenta altos e baixos, especialmente em relação aos preços dos produtos e às eventuais perdas

da produção por intempéries climáticas, mas está bem estabelecido, inclusive com a instalação de inúmeras vinícolas. Neste cenário, a vitivinicultura surge com muita força, contribuindo em 33% do Valor Adicionado Fiscal do município, e ainda provoca o surgimento de outro setor de atividade econômica, o enoturismo (LOSSO; PEREIRA, 2012).

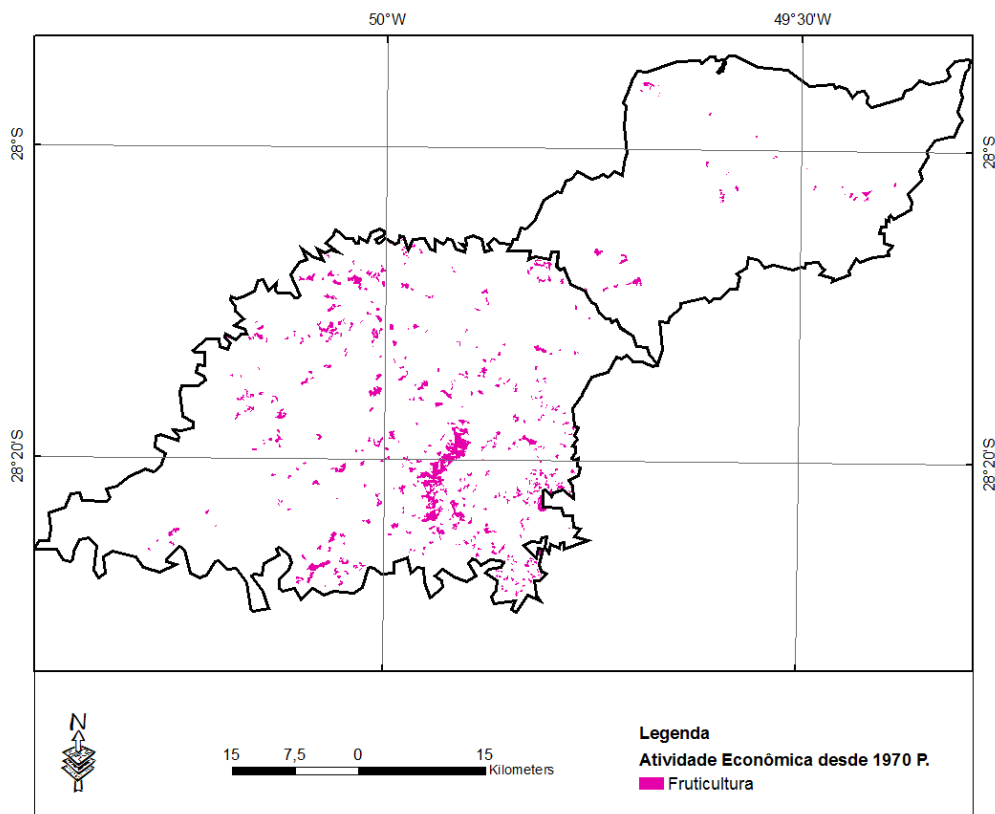


FIGURA 12. ESTIMATIVA DAS ÁREAS DE FRUTICULTURA

Através das entrevistas realizadas com a população foi possível verificar que a atividade de fruticultura na região tem inimigos, devido aos banhos de defensivos às quais as culturas frutícolas, especialmente a maçã, são submetidas, e aliados, devido à atividade econômica ter surgido como uma alternativa viável à criação de gado bovino e ovino, e que resgatou São Joaquim do caos pós-ciclo da madeira, no qual a cidade se encontrava, tal como o empobrecimento, enfraquecimento da estrutura social, além da redução das florestas (entrevistas).



## Turismo

O turismo surge como atividade econômica dentro do contexto da paisagem antropizada dominada por campos e com a presença de capões de floresta. Em São Joaquim e Urubici o frio é um dos maiores atrativos turísticos e tem movimentado a economia da cidade ao longo de vários anos, inicialmente em São Joaquim e posteriormente, mas, com destacado resultado positivo, em Urubici. Em ambos os municípios, a maior contribuição do PIB é o setor de serviços, porém, o setor agropecuário está acima da média estadual e nacional, evidenciando que ambos são majoritariamente agrícolas (“IBGE - CIDADES@”, [s.d.]).

Apesar do aumento recente do PIB em função dos serviços prestados ao turismo, este ainda não representa o maior aporte de recursos para os municípios em questão (SEBRAE/SC, 2010a, 2010b). Em Urubici, o alto PIB do setor de agropecuária está principalmente relacionado à olericultura e em São Joaquim à pecuária de gado bovino e ovino e à fruticultura, especialmente à vitivinicultura. O enoturismo surge como um segmento evoluído do turismo rural e na Serra Catarinense, está mais direcionado ao turista enófilo, atraindo então público com maior interesse pela cultura em si (LOSSO; PEREIRA, 2012).

Nos municípios de São Joaquim e Urubici, o setor de turismo ainda carece de investimentos e de políticas públicas que lhe favoreçam, apesar dos diversos atrativos disponíveis, conforme apresentado na Figura 13.

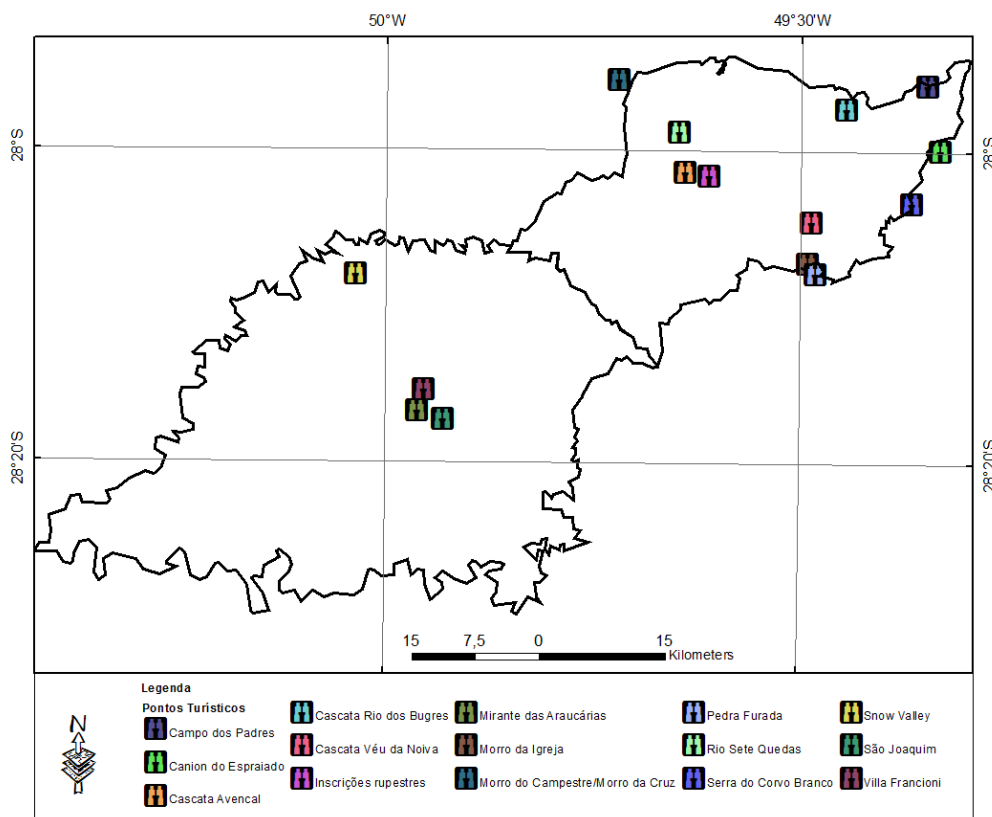


FIGURA 13. PONTOS TURÍSTICOS PRINCIPAIS DE SÃO JOAQUIM E URUBICI, ESTADO DE SANTA CATARINA.

O público que busca turismo agrícola e de natureza, busca também encontrar paisagens bem preservadas, hábitos culturais singulares e se interessa pela história do lugar visitado. Os atrativos turísticos de Urubici relacionam-se aos fatores geomorfológico-geológicos e em São Joaquim, o frio e as paisagens campestres são os principais e, mais recentemente, o enoturismo; mas em ambos os municípios, o clima frio, com a possibilidade de neve, tem destaque na mídia e tem atraído muitos turistas anualmente.

Das grandes vantagens da atividade agro-turística, a geração de renda através conservação dos ambientes naturais como atrativo é uma das mais bem-vindas e, além disso, se bem manejado, os benefícios sociais e ambientais são bastante viáveis e, ainda, segundo Lins (2009), considerados uma alternativa positiva para o meio rural. Para tal, investimentos são necessários nos setores de hospedagem, alimentação, transportes, entretenimento. Um caminho a ser seguido, com entrosamento social, empresarial e político que deve garantir, acima de tudo, que as paisagens naturais e culturais sejam preservadas e valorizadas.

O turismo é o fator de transformação da paisagem instalado mais recentemente nas áreas de estudos, com baixo potencial modificador.

## Novos cenários, a inclusão do elemento antrópico

O gráfico apresentado na Figura 14 mostra justamente a expansão e retração da Floresta com Araucária de 8.000 AP até o Presente. Claramente, o ponto de inflexão da curva de expansão da Floresta com Araucária ocorre há 500 AP, depois do que são registrados momentos de expansão e outros de retração da floresta. No Presente, ocorre pela primeira vez a dominância de áreas de campos sobre florestas desde há aproximadamente 1.000 anos.

Os dois pontos em que as curvas se interseccionam merecem ser analisados. No primeiro, ocorrido há aproximadamente 1000 AP a curva descendente que representa a cobertura por campo cruza com a curva ascendente da Floresta com Araucária. Logo, fazendo uma relação com o clima, verificamos que é justamente no período próximo a 1.000 AP que o clima torna-se interglacial como àquele que temos hoje (BEHLING; LICHTER, 1997). Da mesma forma, se analisarmos as populações humanas que ocorriam na área, verificamos que, conforme CITAÇÃO, as populações ameríndias que ocorriam no Vale do Canoas estavam bastante estruturadas socialmente (CORTELETTI, 2013).

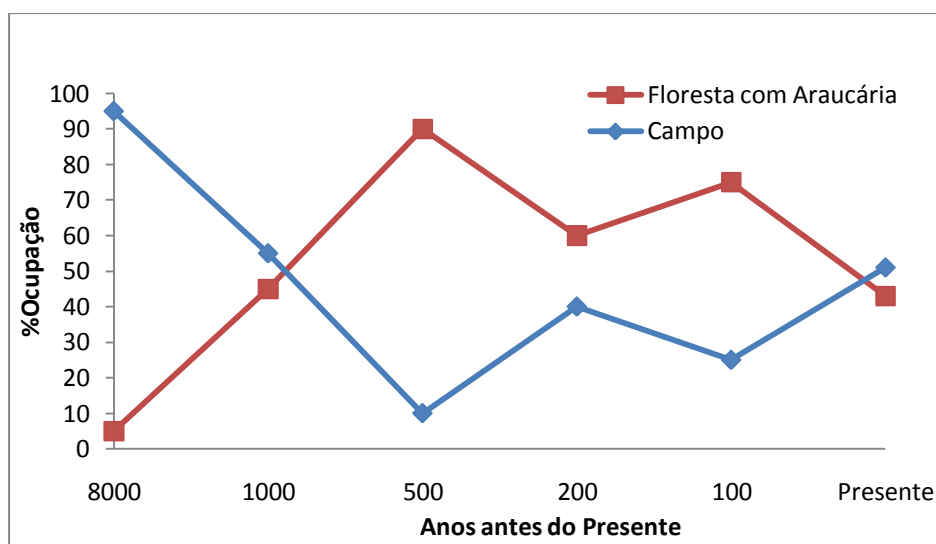


FIGURA 14. EXPANSÃO E RETRAÇÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA, DE 8.000 A.P A 100 AP, BASEAD NOS PALEOPALINOMAPAS, DE ACORDO COM A PROPOSTA DE IRIARTE E BEHLING, (2007).

No segundo ponto de intersecção, no Presente, é visto que, ainda que o clima seja o mesmo interglacial e favorável à dominância da Floresta com Araucária do primeiro ponto de intersecção, ocorre nova inversão das curvas o que nos leva a entender que os fatores de transformação da sociedade contemporânea dominam sobre os fatores naturais de expansão do ecossistema florestal.

Diversos estudos apontam sua a expansão atual da Floresta com Araucária sobre os campos (Carlucci *et al.*, 2011) e, embora os campos sejam considerados nativos pela maioria dos autores, não restam dúvidas na literatura que houve uma agressiva redução na área de distribuição da Floresta com Araucária (KOCH; CORRÊA, 2002; SHIMIZU; OLIVEIRA, 1981).

As modificações antrópicas transformam-se ao longo dos anos e atingem ou não o equilíbrio. Quando já não se pode dissociar os costumes da gente e a paisagem (VASCONCELOS, 2012), a co-evolução ocorreu. Há perdas e ganhos neste processo, e quando a sociedade se lembra da última grande modificação, mas não se lembra da maior delas, duas possibilidades são viáveis, ou a maior transformação foi muito antiga, e a falta de registro de qualquer natureza a tenha eliminado da memória, ou ela é bastante lenta, a ponto de passar despercebida. Logo, ambos podem ter ocorrido, pulsos de alta magnitude de transformação seguidos de pequenas e constantes mudanças.

De qualquer maneira, as formas imateriais que também compõem a paisagem cultural precisam ser investigadas (BRANDT, 2008). Elas são a cultura e os costumes da gente, os quais devem ser observados e compreendidos. Se estas formas imateriais forem negadas, a paisagem, senso amplo, é posta em risco. O equilíbrio e respeito são os desafios.

#### **4. CONCLUSÕES**

A longevidade das modificações que ocorreram na paisagem ao longo de sua evolução leva a um equívoco quanto à sua gênese, conduzindo o observador a crer unicamente na sua formação natural. A paisagem de Urubici e São Joaquim é cultural e sua gênese está relacionada a fatores de formação muito antigos e de difícil percepção, bem como alguns mais recentes bastante marcantes na história. A ocorrência da Floresta com Araucária é determinada pelo uso, pouco importando se ela (a floresta) não pode chegar ou se foi removida, o uso é determinante para a sua existência.

Em cada momento de sua história, a paisagem sofreu modificações de acordo com tipo de uso que lhe foi empregado, tecnologia disponível e demandas sociais, além forças poderosas que representam o clima e a geologia na formação das paisagens.

A velocidade de modificação da sociedade atual pode levar a implantação de sistemas produtivos que não incorporem a conservação da paisagem cultural. A história mais recente foi marcada por atividades de alto risco ambiental e cultural, levando a redução da cobertura florestal e desestabilização da sociedade. Baseado nas observações deste Birks (1988) e evidenciadas neste projeto, com as transformações ocorridas no século XX, e com a urbanização da paisagem, podem ocorrer ameaças à cultura e à natureza conjuntamente, pois a conservação de uma paisagem cultural não representa apenas a conservação da natureza, mas requer a preservação das práticas tradicionais de uso da terra, construções, muros e outros componentes do mosaico da paisagem e de seus tradicionais meios de vida, em que o equilíbrio entre os recursos naturais e culturais sejam garantidos.

Os fatores naturais relacionados à altitude e solos são óbvios na determinação da cobertura vegetal. Campos de altitude são naturalmente formados pela presença de solos orgânicos devido às altas taxas de matéria orgânica. Quando não em altitude, solos orgânicos formados pela alta hidromorfia também são ocupados por espécies campestres. Os fatores antrópicos relacionados ao uso determinam a existência de campos não naturais em áreas não hidromórficas ou de organossolos.

Os movimentos de retração e expansão da Floresta com Araucária são favorecidos num primeiro momento pela ação do clima glacial. As rotas preferenciais de expansão dão-se em vales de rios seguidas pelas encostas, em áreas não saturadas hidricamente. O Presente, inter-glacial, é coerente com o domínio da Floresta com Araucária. Mas, no entanto, ocorre predomínio de campos sobre as florestas em virtude do elemento antrópico que, desde 1.000 AP, interfere de maneira intensa empregando na área suas marcas culturais.

Há milênios existem transformações na paisagem do Sul do Brasil, primeiro pelas populações nativas pretéritas, então pelos colonizadores europeus, e mais tarde pelos próprios brasileiros, formados através da interação destes povos. Neste aspecto salienta-se que em cada momento da história a paisagem esteve passando por diferentes estágios de influência antropogênica, sendo substituída, sobreposta ou refinada pela população subsequente, conforme afirmam Bieling, Plieninger e Tromppler (2011); Denevan (2006); Mann (2007) entre outros. Assim, sabe-se que a manutenção dos mosaicos entre Floresta com Araucária e campos está

relacionado à cultura das populações locais e os elementos de formação e transformação da paisagem podem ou não persistirem na memória local, mas co-existem com ela.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Spaces occupied by the expansion of bry climates in south america during the quaternary ice ages. **Revista do Instituto Geológico** 21 (1-2) (dezembro): 71–78. 2000.

ARAUJO, A. G.M., W. A. NEVES, L. B. PILÓ, E J. P. V. ATUI. Holocene dryness and human occupation in Brazil during the 'Archaic Gap'. **Quaternary Research** 64 (3) (novembro): 298–307. 2005. doi:10.1016/j.yqres.2005.08.002. 2005

BEHLING, H.; M. LICHTER. Evidence of Dry and Cold Climatic Conditions at Glacial Times in Tropical Southeastern Brazil. **Quaternary Research** 48 (novembro): 348–358. 1997. doi:10.1006/qres.1997.1932.

BEHLING, H.; V. DE P. PILLAR; S. G. BAUERMANN. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology* 133 (3-4) (fevereiro): 235–248. 2005. doi:10.1016/j.revpalbo.2004.10.004.

BEHLING, H.; H. W. ARZ; J. PÄTZOLD; G. WEFER. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1. **Quaternary Science Reviews** 19 (junho): 981–994. 2000. doi:10.1016/S0277-3791(99)00046-3.

BIELING, C.; T. PLIENINGER; K. TROMMLER. Cross the border - close the gap: resilience-based analysis of landscape change (Editorial). **European Countryside** 3 (2) (janeiro 1): 1–10. 2011. doi:10.2478/v10091-011-0005-0.

BIGARELLA, J. J. .Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**: 65–110. 2001.

BIGG-WITHER, T. O. Pioneering in South Brazil: Three Years of Forest and Prairie Life in the Province of Parana. London: J. Murray. 1878

BIRKS, H. H. *The Cultural Landscape: Past, Present, and Future*. Cambridge University Press. 1988

BIRKS, H. H.; E. H. J. B. BIRKS. Multi-proxy studies in palaeolimnology. **Vegetation History and Archaeobotany** 15 (4) (julho 27): 235–251. 2006. doi:10.1007/s00334-006-0066-6.

BITENCOURT, A. L. V.; P. M. KRAUSPENHAR. Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the Late Holocene. **Rev Bras Paleontol** 9: 109–116. 2006

BRABEC, E.; C. CHENG; K. MOLNAROVA. **The Use of Spatial and Mixed Methods in Analyzing Cultural Landscapes**. 2012 [http://works.bepress.com/elizabeth\\_brabec/27](http://works.bepress.com/elizabeth_brabec/27).

BRANDT, M. Campo Da Dúvida: Uma Paisagem Em Transformação – Do Uso Comum Da Terra à Exploração Madeireira (1930 A 1960) Campo Da Dúvida: a Transforming Landscape – From the Common Use of Land to the Lumber Exploitation (from the 1930's to the 1960's). **PerCursos** 8 (2) (dezembro 19). 2008 <http://200.19.105.203/index.php/percursos/article/view/1509>.

BRASIL ESCOLA. A Introdução do gado o Rio Grande do Sul - Brasil Escola. **Brasil Escola**. Acessado janeiro 31. 2013. <http://www.brasilecola.com/historiab/introducao-do-gado.htm>.

BROSTRÖM, A.; S. SUGITA; M. GAILLARD. Pollen Productivity Estimates for the Reconstruction of Past Vegetation Cover in the Cultural Landscape of Southern Sweden. **The Holocene** 14 (3) (janeiro 4): 368–381. 2004. doi:10.1191/0959683604hl713rp.

BRUM NETO, H., E M.L. BEZZI. Regioes Culturais: a construcao de identidades culturais no Rio Grande do Sul e sua manifestacao na paisagem gaúcha. **20** 2 (dezembro): 135–155. 2008

CARLUCCI, M. B.; F. Z. TEIXEIRA; F. T. BRUM; L. D. S. DUARTE. Edge expansion of *Araucaria* forest over southern Brazilian grasslands relies on nurse plant effect. **Community Ecology** 12 (2) (dezembro 1): 196–201. 2011. doi:10.1556/ComEc.12.2011.2.7.

CARLUCCI, M. B.; L. DA S. DUARTE; V. D. PILLAR. Nurse Rocks Influence Forest Expansion over Native Grassland in Southern Brazil. **Journal of Vegetation Science** 22 (1): 111–119. 2011 doi:10.1111/j.1654-1103.2010.01229.x.

CARVALHO, M. M.X. DE; E. S. NODARI. As origens da indústria madeireira e do desmatamento da floresta de araucária no Médio Vale do Iguaçu (1884-1920). 2009. **Revista Cadernos do Ceom** 0 (29) (agosto 26): 63–82.

CHELOTTI, M. C. A dinâmica do espaço agrário no município de Sant'ana do Livramento/RS: das sesmarias aos assentamentos rurais. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia** 3 (1) (abril 18): 53–70. 2007

CORTELETTI, R. **Projeto arqueológico Alto Canoas - Paraca: um estudo da presença Jê no planalto Catarinense**. Tese de Doutorado, São Paulo: Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo. 2013. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-19042013-093054/pt-br.php>.

DENEVAN, W. M. The Pristine Myth: The Landscape of the Americas in 1492. **Annals of the Association of American Geographers** 82 (3) (setembro 1): 369–385. 1992. doi:10.1111/j.1467-8306.1992.tb01965.x.

\_\_\_\_\_ **The Pristine Myth**. Canadian Environmental History: Essential Readings: 93. 2006

EPAGRI. **Mapoteca Topográfica Digital do Estado de Santa Catarina**. Shapefiles. Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina. Florianópolis: Governo de Santa Catarina. 2004

ERICKSON, C. L. The domesticated landscapes of the Bolivian Amazon. **Time and complexity in historical ecology: studies in the neotropical lowlands**: 235–278. 2006.

GALVÃO, F.; C. AUGUSTIN. A Gênese dos Campos Sulinos. **Floresta** 41 (1) (abril 5): 191–200. 2011

GEOAMBIENTE FATMA. Mapeamento Temático Geral do Estado de Santa Catarina. **Relatório Técnico: GEO-RLT-C0715-33608-01**. Mapa temático. Florianópolis: PPMA-SC. 2008

HAYNES, C. V. The Earliest Americans. **Science** 166 (3906) (julho 11): 709–715. 1969. doi:10.1126/science.166.3906.709.

HERBERTS, A. L. Arqueologia dos Caminhos das Tropas: estudo das estruturas viárias remanescentes entre os rios Pelotas e Canoas, SC. Tese de doutorado, Porto Alegre: PUC-RS. 2009



“IBGE - CIDADES@”. 2013. Acessado fevereiro 1. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>.

IORIS, E. M. In the trail of scientific forestry management: lumber industry and national forests. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** 3 (3) (dezembro): 289–309. 2008. doi:10.1590/S1981-81222008000300002.

IRIARTE, J. Landscape transformation, mounded villages and adopted cultigens: the rise of early Formative communities in south-eastern Uruguay. **World archaeology** 38 (4): 644–663. 2006

IRIARTE, J.; H. BEHLING. The expansion of ‘Araucaria’ forest in the southern Brazilian highlands during the last 4000 years and its implications for the development of the Taquara/Itararé Tradition. **Environmental Archaeology** 12 (outubro 1): 115–127. 2007. doi:10.1179/174963107x226390.

IRIARTE, J.; J. C. GILLAM; O. MAROZZI. Monumental Burials and Memorial Feasting: an Example from the Southern Brazilian Highlands. **Antiquity** 82 (318): 947–961. 2008

JESKE-PIERUSCHKA, V.; A. FIDELIS; R.S. BERGAMIN; E. VÉLEZ; H. BEHLING. Araucaria forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and modern pollen data. **Review of Palaeobotany and Palynology** 160 (1-2): 53–65. 2010

KEINERT JUNIOR, S.; XAVIER, C. R. T. Exportação de Produtos Florestais. **Floresta**. 2006. <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/6333/4532>.

KOCH, Z.; M. C. CORRÊA. **Araucária: a floresta do Brasil meridional**. Curitiba: Olhar Brasileiro. 2002.

Konold, W. Obrigkeit und Nachhaltwirtschaft – Ausbeutung, Beharrung und Naturschutz. Beispiele aus dem südlichen Schwarzwald. In **Ökonomische Realität und praktische Vernunft. Gerechtigkeit, Ökologische Ökonomie und Naturschutz**, 319–337. 2004. Festschrift anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Dr. Ulrich Hampicke. Würzburg: Verlag Königshausen und Neumann. [http://www.landespflege-freiburg.de/ressourcen/konold\\_nachhaltwirtschaft.pdf](http://www.landespflege-freiburg.de/ressourcen/konold_nachhaltwirtschaft.pdf).

KONOLD, W.; R. BÖCKER; U. HAMPICKE. Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege: Kompendium Zu Schutz Und Entwicklung Von Lebensraumen Und Landschaften. 1<sup>o</sup> ed. Ecomed-Verlag. 2004.

KÜSTER, H. **Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa: von der Eiszeit bis zur Gegenwart.** München: Beck. 1995

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem.** EdUSP. 2000.

LENTZ, D. L. *Imperfect Balance: Landscape Transformations in the Precolumbian Americas.* Columbia University Press. 2000.

LIMA-RIBEIRO, M. de S.; M. BARBERI. Lima-Ribeiro & Barbieri 2005. **Habitus** 3 (2): 261–290. 2005.

LINS, H. N. Estética y estilo en el turismo pos-moderno: Caso região serrana de Santa Catarina (Brasil). **Estudios y perspectivas en turismo** 18 (1) (março): 1–20. 2009

LOCKS, G. A; I. A. VARELA; R. ALMEIDA; S. C. MOREIRA; S. SARTORI. **Caminho das Tropas: Caminhos, Pousos e Passos e Santa Catarina.** Lages: Uniplac. 2006.

LOSSO, F. B.; R. M. F. DO A. PEREIRA. O Desenvolvimento da Vitivinicultura e as Possibilidades de Implantação de Roteiros Enoturísticos na Região de São Joaquim (SC, Brasil)". **RBTur** 6 (2) (setembro 10): 181–200. 2012. Abordagem qualitativa.

MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Brazilian Archives of Biology and Technology** jubilee (dezembro): 169–288. 2001. doi:10.1590/S1516-89132001000500010.

MANN, C. C. 1491 - Novas revelações das Américas antes de Colombo. Rio de Janeiro: Editora Objetiva. 2007

MINEROPAR. **Atlas comentado da geologia e dos recursos minerais do Estado do Paraná.** Curitiba: Fundação Araucária. 2001.<http://pt.scribd.com/doc/57775154/Atlas-geologico-do-estado-do-parana>.

MOFFAT, A. S. South American landscapes: ancient and modern. **Science** 296 (5575): 1959–1961. 2002.

PÉLLICO NETO, S. Recursos Florestais do Sul do Brasil. **Floresta.** 2006.<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs-2.2.4/index.php/floresta/article/view/5714/4155>.

PORTAL de Turismo de São Joaquim. Disponível em <http://turismo.saojoaquim.sc.gov.br/>. Acesso em Janeiro, 2012

PORTAL de Urubici. Disponível em <http://urubici-sc.com.br/>. Acesso em Janeiro, 2012

REITZ, R.; R. M. KLEIN; A. REIS. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia** 28/30: 210. 1978

ROOPNARINE, P. D.; K. D. ANGIELCZYK. The Evolutionary Palaeoecology of Species and the Tragedy of the Commons. **Biology Letters** 8 (1) (fevereiro 23): 147–150. 2012. doi:10.1098/rsbl.2011.0662.

RULL, V. A Palynological Record of a Secondary Succession after Fire in the Gran Sabana, Venezuela. **Journal of Quaternary Science** 14 (2): 137–152. 1999. doi:10.1002/(SICI)1099-1417(199903)14:2<137::AID-JQS413>3.0.CO;2-3.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. Late Quaternary Palaeoclimate in the Savannas of South America. **Journal of Quaternary Science** 12 (5): 371–379. 1997. doi:10.1002/(SICI)1099-1417(199709/10)12:5<371::AID-JQS320>3.0.CO;2-3.

SCHMITZ, P.I. Sítio Pedro Fridolino Schmitz, Bom Princípio, RS Número do sítio RS 217. **Anais do V encontro do Núcleo Regional Sul da Sociedade de Arqueologia Brasileira - SAB/Sul**: 1–23. 2006

SCHWINEKÖPER, K. IV-10 Historische Analyse. In Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege: Kompendium Zu Schutz Und Entwicklung Von Lebensraumen Und Landschaften, 1<sup>o</sup> ed, 1950. Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA. 1999

SEBRAE/SC. 2010a. Santa Catarina em Números: São Joaquim. Sebrae/SC.

———. 2010b. Santa Catarina em Números: Urubici. Sebrae/SC.

SHIMIZU, J. Y.; Y. M. M. DE OLIVEIRA. Distribuição, variação e usos dos recursos genéticos da araucária no sul do Brasil. **Documentos UFPFCS** 04: 1–13. 1981

TORREJON, F.; M. CISTERNAS. Impacto ambiental temprano en la Araucanía deducido de crónicas españolas y estudios historiográficos. **Bosque (Valdivia)** 24 (3): 45–55. 2003

VASCONCELOS, M. C. de A. The weakness and strengths of Brazilian cultural landscape seal. **Revista CPC** (13): 51–73. 2012

## CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Resultados das mudanças do uso do solo na paisagem remetem a substituição das áreas campestres por Floresta Ombrófila Mista (0A). Em muitos pontos, as pastagens cedem lugar às áreas agrícolas, porém isso não é verificado pelas técnicas de detecção de mudanças aqui aplicadas, devido à escala do mapeamento, mas pelas observações de campo. Campos, que ocorrem sobre áreas hidromórficas são os campos naturais, pois sua natureza não está relacionada ao uso, mas sim, ao impedimento natural da expansão da Floresta com Araucária (0B). A busca pela regionalização destes campos não foi completamente determinada, pois diversos fatores ou diversas situações podem estar desencadeando estes solos saturados. Após as análises feitas na tese, levantamos alguns fatores ou situações que podem atuar na surgência de hidromorfia, conforme segue:

- as formas do relevo - estudadas na tese, as formas do relevo mais planas são bastante determinantes para a existência de zonas hidromórficas;
- o comprimento do fluxo a montante - também estudado na tese, influencia no aporte de fluxo a montante;
- a profundidade local - conforme levantada em campo, as zonas hidromórficas estão localizadas em áreas relativamente profundas em comparação com as demais áreas no entorno. Salienta-se, porém, que em áreas de altitude superior a 1.700 m a ocorrência de Organossolos (também hidro-saturados) não estão relacionados às profundidades;
- o regime pluviométrico - acredita-se que o regime pluviométrico pode levar à saturação hídrica, especialmente em locais em que a capacidade de *output* hídrico seja diminuído;
- baixas temperaturas - as baixas temperaturas influenciam na velocidade de mineralização da matéria orgânica, desta forma, nas maiores altitudes de Urucibi e São Joaquim são formados Organossolos. Estudos com a temperatura e mineralização da matéria orgânica não foram levantados na tese;
- contato lítico não fraturário - outra hipótese para existência de áreas hidromórficas diz respeito ao contato lítico, o qual em sendo não fraturário pode levar à diminuição do *output* hídrico em determinados pontos, favorecendo a saturação hídrica. O contato lítico não foi analisado na tese.

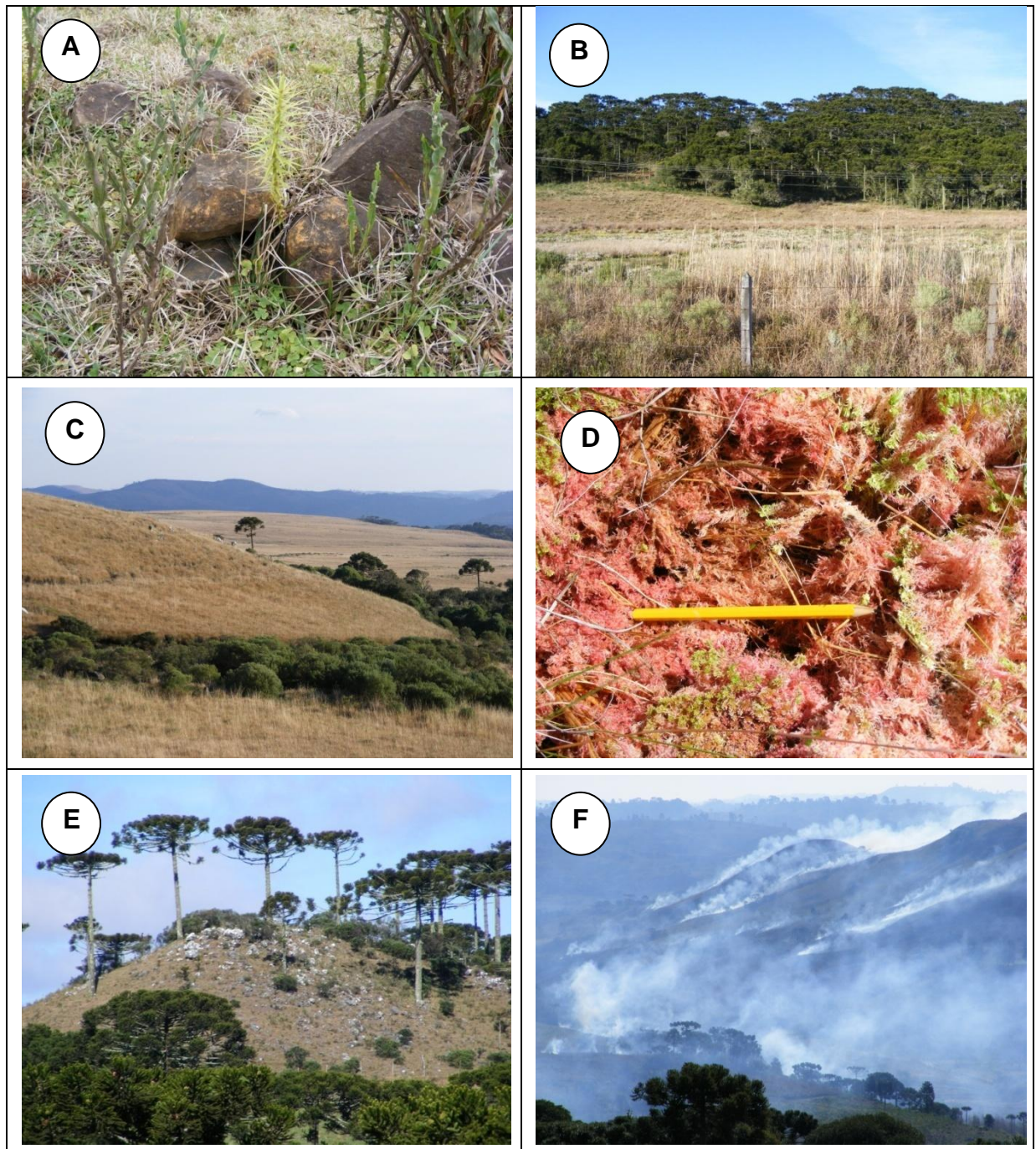


FIGURA 1. A) REGENERAÇÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA SOBRE OS CAMPOS; B) IMPEDIMENTO DA ROTA DE EXPANSÃO DA ARAUCÁRIA. NO PRIMEIRO PLANO AS ZONAS HIDROMÓRFICAS E EM ÚLTIMO PLANO, A FLORESTA. C) CAMPOS DE SANTA BÁRBARA, ALTITUDES ACIMA DOS 1.700 m. A FLORESTA LOCALIZA-SE NOS FLANCOS DAS ENCOSTAS E OS CAMPOS NATURAIS NO TOPO ONDE SE ENCONTRAM OS ORGANOSSOLOS; D) *SPHAGNUM* SP FORMA IMPEDIMENTO QUÍMICO À EXPANSÃO DA FLORESTA; E) ÁREAS DE NEOSSOLOS LITÓLICOS COM AFLORAMENTOS ROCHOSOS; F) QUEIMADAS ANUAIS DO CAMPO PARA RENOVAÇÃO DA PASTAGEM. FOTOS: A AUTORA (2010)

Nas zonas mais altas, formadas principalmente por platôs, os solos orgânicos são formados principalmente pelas baixas temperaturas. Nestas áreas não ocorre expansão da Floresta com Araucária, a qual está limitada aos flancos das encostas (0C).

Os impedimentos químicos também devem ser considerados, como por exemplo, a partir do desenvolvimento do *Sphagnum* sp., onde a extrema diminuição do pH do substrato não favorece o surgimento de outras espécies (0D). Porém, em se tratando de retorno da floresta, nem mesmo a ocorrência de solos muito rasos são impedimentos (0E). Mas, impedimentos não-naturais, como o uso do fogo, por exemplo, são bastante comuns na região (0F).

Pelo exposto, a paisagem veio se transformando desde há tempos muito remotos, por transformação ativa das populações (FIGURA 1) as quais imprimiram suas características próprias e gravaram suas marcas culturais.

As belezas naturais da região são inegáveis e são resultado da combinação de fatores naturais e antrópicos, através dos usos tradicionais, em sua gênese (FIGURA 2). Negar a existência de qualquer um deles no processo de planejamento pode levar à degradação social ou natural, logo, o futuro dos campos da Serra Catarinense deve ser repensado.



FIGURA 2. A PAISAGEM TRADICIONAL. FOTO: A AUTORA (2010)

As informações discutidas no corpo da tese levam à conclusão de que a paisagem da Serra Catarinense, especialmente na área de estudos, é uma Paisagem Cultural, cuja gênese e

formação são determinadas por um conjunto de fatores, desde os muito antigos até os mais recentes de sua história. O que deu origem ao Serrano Catarinense é a lida campeira, a lida com gado, a influência da cultura "Gaucha", no mesmo modo de falar e de vestir, a paixão pelo cavalo, o manejo da paisagem, mantendo os campos abertos com fogo, a tradição do churrasco e do chimarrão, numa nítida relação com o elemento gaúcho. O coração da residência serrana é o fogão à lenha, onde chispa o fogo que aquece a vida da família reunida e onde se recebe as visitas; a relação com o fogo é intrínseca, assim como a necessidade de lenha, a qual vem de gerações a gerações, remontando aos pioneiros ancestrais e indígenas. E a paisagem molda-se por estas mãos. Acrescente-se a essas características a chegada de imigrantes da Europa Central e Oriental os quais aportam conhecimento da olericultura e da fruticultura temperada, onde o clima favorece, como nos vales dos rios, por exemplo. O Serrano Catarinense está ligado à terra. E a paisagem molda-se também por estas mãos e por todas as mãos deste povo hospitaleiro.

Facilmente encontra-se na literatura ou na classificação oficial, o enquadramento dos campos da Serra Catarinense como naturais. Mas, os dados aqui analisados levam ao entendimento de que a rota de expansão da Floresta Ombrófila Mista está potencialmente direcionada para toda a região, excluindo-se apenas os campos de altitude e os campos hidromórficos, os quais estão principalmente relacionados às formas do terreno mais planas, além de outros determinantes, como a profundidade, por exemplo. A extrapolação das áreas hidromórficas, que são ocupadas pelos campos naturais, foi parcialmente atingida, dado que as escalas de mapeamento e a existência de fatores não mapeados levaram a conclusões aproximadas sobre a espacialização dos campos naturais e, portanto, a extrapolação à outras regiões está limitada. Nos locais onde o solo é mineral, e que corresponde a grande matriz da paisagem, os campos não são hidromórficos, pois não estão em situação de saturação hídrica. Estes campos são culturais, por terem sido transformados pela ação antrópica e por estarem associados a cultura local. Sua natureza persiste enquanto houver seu manejo. Deixado ao "abandono", recuperar-se-ia a floresta.

O fato de que o homem está se retirando do sistema produtivo agropecuário extensivo, tem levado a floresta a expandir-se, mas leva também ao enfraquecimento das relações sociais e à concentração urbana. Na região, a sociedade atual está em transformação, e novas formas de uso e ocupação do solo têm se estabelecido, promovendo nova dinâmica na paisagem. O futuro destas transformações deve ser ponderado, pois podem levar ao declínio da qualidade cultural, que engloba aspectos ambientais e sociais em sua composição.

Na região são necessárias políticas de preservação das paisagens e da identidade do homem focando o equilíbrio dos serviços ambientais e dos serviços culturais da paisagem. A dinâmica da paisagem cultural não pode ser negligenciada e seu manejo adequado envolve aspectos e quadros muito mais complexos do que a análise da "última cena do filme", que é aquilo que vemos hoje.



## ANEXO

## ANEXO 1. ROTEIRO DE ENTREVISTAS

Data: _____					
Nome do Entrevistado: _____					
Município / Localidade: _____					
Origem (cultural) proprietário: _____					
Tempo de residência no lugar (anos)		Tamanho propriedade (ha)		Atividade econômica que desempenha	
Os filhos trabalham na propriedade? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Valoriza sua terra/seu lugar? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Se sente valorizado na identidade cultural? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>	
Vê oportunidades na atividade que desempenha? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Vê ameaças na atividade que desempenha? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Quais?	
Mais ameaças ou Mais oportunidades? + ameaças <input type="checkbox"/> + oportunidades <input type="checkbox"/>		Recebe algum incentivo público manutenção identidade cultural? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Participa de atividades culturais/sociais? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>	
Considera a região próspera? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		O que é uma área ser próspera?		Está satisfeito (a) com a região sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>	
Gostaria que algo fosse diferente na região? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Conhece sobre história da região? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Vê valorização da história dos tropeiros e das taipas? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>	
Gostaria de colaborar para o desenvolvimento da região? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Qual atividade acha que será o futuro da região? _____		Considera a região preservada ambientalmente? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>	
Nos últimos 30 anos, considera que há mais floresta? Ou mais campo? +campo <input type="checkbox"/> +floresta <input type="checkbox"/>		Considera importante haver floresta numa região? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Por quê?	
Qual outra atividade que considera importante para o futuro da região? _____		Há pasto 'nativo' na propriedade? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		É <u>manejado</u> com fogo? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>	
As florestas, se existentes na propriedade, estão localizadas mais aonde?					
áreas encharcadas <input type="checkbox"/>		áreas íngremes <input type="checkbox"/>		outros <input type="checkbox"/>	
topos de morro <input type="checkbox"/>		afloramento de rochas <input type="checkbox"/>		locais de difícil manejo <input type="checkbox"/>	
Conhece a história do ciclo da madeira na região? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Acha que foi positivo ou negativo para a região? sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/>		Hoje, a qualidade dos rios é melhor ou pior do que a 30 anos atrás? melhor <input type="checkbox"/> pior <input type="checkbox"/>	
Por quê?		Hoje, a região está melhor ou pior para se viver do que a 30 anos atrás? melhor <input type="checkbox"/> pior <input type="checkbox"/>		Por quê?	
Qual a <u>percepção</u> quanto à Paisagem alheio <input type="checkbox"/> parc. alheio <input type="checkbox"/> parc. integrante <input type="checkbox"/> integrante <input type="checkbox"/>				outro tipo de comentário (percepção)	