

JORGEANE SCHAEFER-SANTOS

OCUPAÇÃO DO SOLO E COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DA
SUB-BACIA DO RIO LUIS ALVES, bacia do rio Itajaí, SANTA
CATARINA

CURITIBA
2003

JORGEANE SCHAEFER-SANTOS

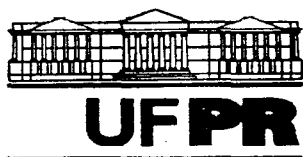
OCUPAÇÃO DO SOLO O COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO
DA SUB-BACIA DO RIO LUIS ALVES, bacia do rio Itajaí, SANTA
CATARINA

Dissertação apresentada como requisito parcial ao título de grau de Mestre em Engenharia Florestal. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração Conservação da Natureza, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador:
Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi

Co-orientador:
Prof. Dr. Jonas Ternes dos Anjos

CURITIBA
2003



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias – Centro de Engenharia e Tecnologia Florestal e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico – CAMPUS III
80210-170 - CURITIBA - Paraná
Tel. (41) 360.4212 - Fax. (41) 360.4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pós-graduacao>
e-mail: pinheiro@floresta.ufpr.br

PARECER

Defesa nº 523

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir a mestrand *JORGEANA SCHAEFER SANTOS* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "OCUPAÇÃO DO SOLO E COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES, SUB-BACIA DO RIO ITAJAÍ, SANTA CATARINA", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** da acadêmica, habilitando-a ao título de *Mestre* no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em *Conservação da Natureza*.

Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi

Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR
Orientador e presidente da banca examinadora

Dr. Adilson Pinheiro

Fundação Universidade Regional de Blumenau-FURB
Primeiro examinador

Dr. Alberto Pio Fiori

Departamento de Geologia da UFPR
Segundo examinador

Dr. Jonas Ternes dos Anjos

Fundação Universidade Regional de Blumenau-FURB
Terceiro examinador

Curitiba, 25 de setembro de 2003.

Franklin Galvão

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

AGRADECIMENTOS

Agradecer é pouco diante da importância que alguns tiveram na execução e conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Nivaldo Eduardo Rizzi, por ter me aceitado como orientada, e por ter me ensinado a ter paciência, e especialmente, por ter me incentivado a não desistir quando o stress pela demora me apavorou. O Prof. Nivaldo é uma pessoa que valoriza os seus ideais e luta por eles. Sua integridade merece ser observada e assimilada por muitos. Aprendi muito neste período de orientação. Muito obrigada.

Devo agradecer ao apoio do meu marido Marcos R. Momo. – Você me deu um apoio muito importante, assumiu a administração da casa, do trabalho, da Blondie totalmente. Muito obrigada Marcos por estar diariamente ao meu lado aturando o estresse, o cansaço, o desespero e todo o ônus intrínseco a tudo isso, só você ia todos os dias para casa e aturava, oras amavelmente, oras irritadamente, todas as minhas aflições e conquistas.

À minha mãe Marlene Schaefer que da maneira dela me apoiou também, muito antes deste mestrado acontecer, quando teve a intuição de me colocar numa escola de inglês na adolescência, numa época que não tinha condições financeiras para qualquer coisa além de sobreviver. Muitas portas se abriram para o mundo, graças a isto. Muito obrigada mãe.

Aos meus avós Theodoro e Maria Irma Schaefer que me ensinaram a ser aquilo que sou em minha educação básica. – *Opa* e *Oma* (adoro chamar vocês assim) vocês são muito importantes para mim, por vocês terem me criado e me educado ao lado da minha mãe.

À tia Marta que emprestou o nome para alugarmos o apartamento em Curitiba, e antes de tudo isso, por me dar um amor de segunda mãe.

Ao tio Adriano e à tia Maria por terem ajudado com as papeladas do apartamento em Curitiba, e por darem o exemplo de família durante todos esses anos em que estão juntos.

Ao Prof. Jonas Ternes dos Anjos, co-orientador neste estudo, mas, acima de tudo, amigo. Sua paz de espírito e alto astral ficam evidentes na frase que várias vezes mencionou para mim: “... é claro que é difícil, se fosse fácil não teria graça e todo mundo faria”. Importante frase quando se está confusa pelas dificuldades enfrentadas. Muito obrigada.

Ao Prof. Alexander Christian Viebrans, pela capacidade de enxergar as coisas tão logicamente e direto ao ponto. Também pela paciência de explicar os primeiros passos do sensoriamento remoto, que para mim eram tão temidos, que por consequência, eram os primeiros passos de todo o trabalho. E porque sempre estive a disposição para esclarecer qualquer dúvida em todos os momentos da coleta de dados. E por ceder os dados de uso do solo de 2000. Muito obrigada.

Ao Prof. Júlio César Refosco, por saber tudo de todos os softwares que utilizei no trabalho, por tê-los instalado e desinstalado quantas vezes foram necessárias, sempre que o computador não me obedecia. Por deixar a sua sala toda vez que precisei, e por sempre ter a resposta mais acertada possível para estes difíceis, e até então desconhecidos, processos do sensoriamento remoto. Muito obrigada.

Ao Prof. Marcelo Diniz Vitorino que permitiu a utilização das instalações e equipamentos do Departamento de Engenharia Florestal da FURB. Seria impossível desenvolver este trabalho sem esta tão importante decisão. Por ser tão alto astral, ser cientista e saber viver bem (é doutor e é surfista!). Pela confiança depositada. Muito obrigada.

Ao Prof. Lauri Amândio Schorn por ser "gente boa mesmo". Por ter caráter, por saber ouvir as nossas reclamações e dasabafos, por ser amigo, por ter tantas vezes incentivado-me a persistir (desde a graduação!). Muito obrigada.

Ao Prof. Moacir Marcolin que quando assumiu a chefia do Departamento de Engenharia Florestal permitiu que eu continuasse trabalhando no projeto lá. Por ser amigo. Por ter esclarecido dúvidas estatísticas. Por ser paciente. Muito obrigada.

Ao Odirlei Fistarol que sendo pupilo dos mestres Júlio e Alexander, não poderia deixar de ser muito bom em sensoriamento remoto e dessa forma me salvou de ter que ler manuais para aprender o B+A = BA da coisa. Obrigada por ter trabalhado neste projeto junto comigo, vendo os dados nascerem. Foram alguns meses trabalhando juntos e jamais o vi mal-humorado ou com má vontade. Parabéns por ser tão inteligente e agradável. Muito obrigada.

A todos os meus tios e tias que sabem que ajudaram a construir grande parte daquilo que sou. MUITÍSSIMO obrigada.

A todos os meus amigos: Ângela (os 11 anos de sua amizade são muito valiosos para mim!); Eliane (guerreira que mata um dragão por dia!), Sandra e Marcelo (além de amigos, vizinhos!); a doce Diana (muito obrigada pela oportunidade de trabalharmos juntas, aprendi muito com você!)

Ao pessoal da Semana da Água, muito obrigada pela paciência nas minhas ausências para a realização deste trabalho.

Ao pessoal do IPA, especialmente ao Prof. Adilson Pinheiro, que me ajudou com a distribuição de Gumbel. Muito obrigada.

À turma do barulho pelos fins de domingo descontraídos e esportivos que tanto aliviaram o estresse.

A quem eu esqueci, muito obrigada.

DEDICATÓRIA

*DEDICO este trabalho
ao Marcos que foi simplesmente essencial*

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	ii
DEDICATÓRIA	v
SUMÁRIO	vi
LISTA DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
2 PERGUNTAS DE PESQUISA	2
3 HIPÓTESE ..	3
4 OBJETIVOS	3
5 JUSTIFICATIVAS	5
CAPÍTULO I O USO DO SOLO E A CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA DO RIO LUIS ALVES	6
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LUIS ALVES	6
1.1.1 Localização da Área de Estudo: a Bacia do Luis Alves, uma Sub-bacia da Bacia do Itajaí	6
1.1.2 Breve histórico: Urbanização e Enchentes na Bacia do Itajaí	8
1.1.3 Características Ambientais	12
1.1.4 Características Físicas da Bacia do Rio Itajaí	16
1.1.5 As Atividades Econômicas na Bacia do Rio Itajaí	17
2 OBJETIVOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 A BACIA HIDROGRÁFICA	18
3.2 A DINÂMICA DA PAISAGEM	20
3.3 A FERRAMENTA GEOPROCESSAMENTO	22
3.4 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES BÁSICAS	24
4.2 PROCESSAMENTO DAS AEROFOTOGRAFIAS	24
4.3 AS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO	27
4.4 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS DA BACIA DO RIO LUIS ALVES	28
4.4.1 Densidade de Drenagem (Dd)	28
4.4.2 Coeficiente de Compacidade (Kc)	28
4.4.3 Fator de Forma (Kf)	28
4.4.4 Densidade Hidrográfica (Dh)	29
4.4.5 Declividade Média (Dm)	29
4.4.6 Extensão do Percurso Superficial (Eps)	29
4.4.7 Sinuosidade do Curso de Água (Sin)	29
4.4.8 Ordem do Curso de Água	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA BACIA DO LUIS ALVES	30

5.1.1 Densidade de Drenagem (Dd).....	30
5.1.2 Coeficiente de Compacidade (Kc), Fator de Forma (Kf).....	32
5.1.3 Declividade Média (DM)	33
5.1.4 Densidade Hidrográfica (Dh), Extensão do Percurso Superficial (Eps), Sinuosidade do Curso de Água (Sin), Ordem dos Cursos de Água	33
5.1.5 O Rio Principal.....	34
5.2 O USO DO SOLO DA BACIA DO LUIS ALVES NO ANO DE 1956	38
5.3 O USO DO SOLO DA BACIA DO LUIS ALVES NO ANO DE 1978	39
5.4 USO DO SOLO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES EM 2000	45
6 CONCLUSÕES	50
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO I	51
CAPÍTULO II CONFLITOS DE USO DO SOLO NA BACIA DO RIO LUIS ALVES ...	54
1 INTRODUÇÃO	54
2 OBJETIVOS	56
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	57
3.1 A DINÂMICA DA PAISAGEM	57
3.2 O PROCESSO EROSIVO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	58
3.3 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL/FLORESTAL PERTINENTE.....	60
3.4 CLASSES DE DECLIVIDADE	62
3.5 O PAPEL DAS ÁREAS CILIARES	63
3.6 OS TOPOS DE MORROS.....	65
4 MATERIAIS E MÉTODOS	66
4.1 AS INFORMAÇÕES BÁSICAS.....	66
4.2 ELABORAÇÃO DAS FEIÇÕES: ÁREAS CILIARES, TOPOS DE MORRO, DECLIVIDADES.....	66
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.1 CONFLITOS DAS CLASSES DE DECLIVIDADE	69
5.1.1 Conflito das Classes de Declividade em 1956.....	70
5.1.2 Conflito das Classes de Declividade em 1978.....	75
5.1.3 Dinâmica entre o Conflito de Uso do Solo e a Declividade em 1956 e em 1978	76
5.2 OS CONFLITOS DAS ÁREAS CILIARES	77
5.2.1 Conflito entre Áreas Ciliares e Uso do Solo em 1956	78
5.2.2 Conflito entre Áreas Ciliares e Uso do Solo em 1978	81
5.2.3 Evolução do Conflito entre o Uso do Solo e as Áreas Ciliares	85
5.3 OS CONFLITOS NOS TOPOS DE MORRO.....	87
5.3.1 Conflitos entre as Áreas de Topo de Morro e o Uso do Solo em 1956	87
5.3.2 Conflitos entre as Áreas de Topo de Morro e o Uso do Solo em 1978	88
5.3.3 Evolução do Conflito entre o Uso do Solo e os Topos de Morros de 1956 - 1978 ..	92
6 CONCLUSÕES	94
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO II	96
CAPÍTULO III ANÁLISE DAS SÉRIES HISTÓRICAS DAS VARIÁVEIS HIDRO-CLIMATOLÓGICAS.....	98
1 INTRODUÇÃO	98
2 OBJETIVOS	98
3 REVISÃO DA LITERATURA	99
3.1 BALANÇO HÍDRICO	99
3.2 O CICLO HIDROLÓGICO	99
3.3 ESTATÍSTICA E OS ESTUOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	102

3.4 A VARIÁVEL FLOVIOLÓGICA (VAZÃO)	104
4 MATERIAIS E MÉTODOS	108
4.1 ORIGEM DOS DADOS ANALISADOS	108
4.2 AS ANÁLISES ESTATÍSTICAS	108
4.2.1 A Ferramenta Computacional	108
4.2.2 Balanço Hídrico	108
4.2.3 Análise de Tendência Central	108
4.2.4 Coeficiente de Correlação	109
4.2.5 Testes de Hipóteses	110
4.2.6 Os Períodos e Subperíodos das Variáveis Submetidos às Análises Estatísticas	112
4.2.7 Correlação entre a Precipitação Acumulada e a Vazão Máxima	114
4.2.8 Distribuição de Gumbel	114
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	116
5.1 BALANÇO HÍDRICO SIMPLIFICADO	116
5.2 ANÁLISES DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO	117
5.3 ANÁLISES DAS SÉRIES DE VAZÃO	118
5.3.1 As Séries de Vazões Médias (períodos de 1956 a 1967 e 1978 a 2000)	118
5.3.2 As Séries de Vazões Absolutas (períodos de 1956 a 1967 e 1978 a 2000)	121
5.3.3 Série das Vazões Absolutas (subperíodos: de 1929 a 1967; e de 1978 a 2002)	123
5.4 CORRELAÇÃO ENTRE A VAZÃO MÁXIMA E A PRECIPITAÇÃO ACUMULADA.....	126
5.5 DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL	126
6 CONCLUSÕES	131
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO III	132
CAPÍTULO IV RELAÇÃO ENTRE A OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES E SEU COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO.....	134
1 INTRODUÇÃO	134
1.1 A OCUPAÇÃO DA BACIA DO ITAJAI E DA BACIA DO LUIS ALVES	134
2 OBJETIVOS	136
3 REVISÃO DE LITERATURA	138
3.1 O USO DO SOLO E SUA INTERFERÊNCIA NO CICLO HIDROLÓGICO	138
4 MATERIAIS E MÉTODOS	142
4.1 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO	143
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	147
5.1 A DINÂMICA NA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO	147
5.2 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS	148
5.3 RESULTADOS DAS TRANSFORMAÇÕES MATEMÁTICAS	150
6 CONCLUSÕES	155
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO IV	156
6 CONCLUSÕES GERAIS	158
7 RECOMENDAÇÕES.....	159
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. DECLIVIDADE MÉDIA DO RIO LUIS ALVES (ÁREA DA ESTAÇÃO ANA 83880000)	33
GRÁFICO 2. EVOLUÇÃO DO CURSO DO RIO PRINCIPAL NA COTAS ALTIMÉTRICAS	36
GRÁFICO 3. EVOLUÇÃO DO CURSO DO RIO PRINCIPAL NAS CLASSES DE DECLIVIDADES	36
GRÁFICO 4. PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PRINCIPAL	37
GRÁFICO 5. EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	43
GRÁFICO 6. EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO, NOS ANOS DE 1956, 1978 E 2000	47
GRÁFICO 7. CURVA POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE LUIS ALVES	49
GRÁFICO 8. DISTRIBUIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO DE 1956 NAS CLASSES DE DECLIVIDADE	70
GRÁFICO 9. A DISTRIBUIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO DE 1978 NAS CLASSES DE DECLIVIDADE	75
GRÁFICO 10. EVOLUÇÃO DO CONFLITO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁREAS CILIARES ENTRE 1956 E 1978	85
GRÁFICO 11. DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DOS TOPOS DE MORRO ENTRE 1956 E 1978	92
GRÁFICO 12. BALANÇO HÍDRICO ANUAL	116
GRÁFICO 13. PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL	118
GRÁFICO 14. DIFERENÇAS DE MÉDIAS DAS VAZÕES MÉDIAS ANUAIS DE 1956 A 2000	119
GRÁFICO 15. DIFERENÇAS MÉDIAS NAS VAZÕES MÍNIMAS ANUAIS (MÉDIAS) DE 1956 A 2000	120
GRÁFICO 16. DIFERENÇA DE MÉDIAS DAS VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS (MÉDIAS)	121
GRÁFICO 17. DIFERENÇA DE MÉDIAS DAS VAZÕES ABSOLUTAS MÍNIMAS ANUAIS DE 1956 A 2000	122
GRÁFICO 18. DIFERENÇA DE MÉDIAS DAS VAZÕES MÁXIMAS ABSOLUTAS ANUAIS DE 1956 A 2000	123
GRÁFICO 19. VAZÃO MÁXIMA ANUAL ENTRE 1929 E 2002	124
GRÁFICO 20. VAZÃO MÍNIMA ABSOLUTA ANUAL ENTRE 1929 E 2002	125
GRÁFICO 21. DADOS ESTIMADOS DE VAZÕES MÁXIMAS	127

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROJETO	4
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO ITAJAÍ NO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	9
FIGURA 3. AS SUB-BACIAS PRINCIPAIS DO ITAJAÍ, COM DESTAQUE NA HIDROGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO NA SUB-BACIA DO RIO LUIS ALVES	10
FIGURA 4. OS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ITAJAÍ.....	11
FIGURA 5. A REDE DE DRENAGEM DA BACIA DO RIO LUIS ALVES	31
FIGURA 6. MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES EM 1956.....	40
FIGURA 7. MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES EM 1978.....	42
FIGURA 8. DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE ESTUDO.....	71
FIGURA 9.1. OS CONFLITOS DE USO DO SOLO E AS CLASSES DE DECLIVIDADE DE 1956.....	73
FIGURA 9.2. OS CONFLITOS DE USO DO SOLO E AS CLASSES DE DECLIVIDADE EM 1978	74
FIGURA 10. OS AMBIENTES CILIARES DA ÁREA DE ESTUDO	79
FIGURA 11.1. CONFLITO ENTRE OS USOS DO SOLO E AS ÁREAS CILIARES EM 1956	83
FIGURA 11.2. CONFLITO ENTRE OS USOS DO SOLO E AS ÁREAS CILIARES EM 1956	84
FIGURA 12.1. CONFLITO ENTRE OS USOS DO SOLO E OS TOPOS DE MORRO EM 1956	90
FIGURA 12.2. CONFLITO ENTRE OS USOS DO SOLO E OS TOPOS DE MORRO EM 1956	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. AS SUB-BACIAS DO RIO ITAJAÍ E SUAS ÁREAS.....	10
TABELA 2. AS PRINCIPAIS ENCHENTES REGISTRADAS NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA BLUMENAU (EM RELAÇÃO AO NÍVEL ZERO)	12
TABELA 3. LISTA DAS AEROFOTOGRAFIAS UTILIZADAS NO ESTUDO.....	25
TABELA 4. CLASSIFICAÇÃO DA DENSIDADE DE DRENAGEM.....	32
TABELA 5. O PERCURSO DO RIO PRINCIPAL DISTRUIDO NAS COTAS ALTIMÉTRICAS E NAS CLASSES DE DECLIVIDADE.....	35
TABELA 6. O USO DO SOLO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES NO ANO DE 1956.....	38
TABELA 7. O USO DO SOLO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES NO ANO DE 1978	39
TABELA 8. AS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO DE 2000, CONFORME CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM DE SATÉLITE.....	46
TABELA 9. DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DO SOLO ENTRE 1956 E 2000	46
TABELA 10. DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE.....	69
TABELA 11. RELAÇÃO DOS USOS DO SOLO NAS ÁREAS CILIARES AOS CURSOS D'ÁGUA EM 1956	78
TABELA 12. RELAÇÃO DOS USOS DO SOLO NAS ÁREAS CILIARES AOS CURSOS D'ÁGUA EM 1978	81
TABELA 13. RELAÇÃO DO USO DOS TOPOS DE MORRO EM 1956	88
TABELA 14. RELAÇÃO DO USO DOS TOPOS DE MORRO EM 1978	89
TABELA 15. TABELA DA ANOVA.....	111
TABELA 16. RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DO RIO LUIS ALVES.....	128
TABELA 17. ÁREAS OCUPADAS POR CADA TIPOLOGIA ANALISADA.....	142
TABELA 18. MATRIZ DE DADOS SUBMETIDA À ANÁLISE DE CORRELAÇÃO.....	145
TABELA 19. MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS.....	149
TABELA 20. COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (r^2) DAS EQUAÇÕES LINEARES SIMPLES (CONSIDERANDO: Y = VARIÁVEL HIDROLÓGICA; X = TIPOLOGIA).....	150
TABELA 21. EQUAÇÕES LINEARES E NÃO-LINEARES DAS VARIÁVEIS Y (VAZÕES) E VARIÁVEIS X (TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO).....	151
TABELA 22. EQUAÇÕES MÚLTIPLAS: Y = TIPOLOGIA DE USO DO SOLO CONHECIDA	152
TABELA 23. RESUMO DOS RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES ENTRE AS VAZÕES E AS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO	153

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01. TESTES DE HIPÓTESES DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL PERÍODO DE 1941 A 2000.....	165
ANEXO 02. TESTES DE HIPÓTESES DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO ANUAIS PERÍODO DE 1941 A 2001.....	165
ANEXO 03. TESTES DE HIPÓTESES DAS SÉRIES ACUMULADAS DE PRECIPITAÇÃO ANUAIS PERÍODO DE 1941 A 2000.....	167
ANEXO 04. TESTES DE HIPÓTESES DAS SÉRIES DE VAZÃO MÉDIA (MÉDIA) ANUAL PERÍODO DE 1956 A 2000.....	168
ANEXO 05. TESTES DE HIPÓTESES DAS VAZÕES MÍNIMAS (MÉDIAS) ANUAIS PERÍODO DE 1956 A 2000.....	169
ANEXO 06. TESTES HIPÓTESES DAS VAZÕES MÁXIMAS (MÉDIAS) ANUAIS PERÍODO DE 1956 A 2000.....	170
ANEXO 07. TESTES HIPÓTESES DAS VAZÕES MÍNIMAS ABSOLUTAS ANUAIS PERÍODO DE 1956 A 2000.....	171
ANEXO 08. TESTES HIPÓTESES DAS VAZÕES MÁXIMAS ABSOLUTAS ANUAIS PERÍODO DE 1956 A 2000.....	172
ANEXO 09. TESTES HIPÓTESE DAS VAZÕES MÁXIMAS ABSOLUTAS ANUAIS PERÍODO DE 1929 A 2002.....	173
ANEXO 10. TESTES HIPÓTESE DAS VAZÕES MÍNIMAS ABSOLUTAS ANUAIS PERÍODO DE 1929 A 2002.....	174
ANEXO 11. TESTES HIPÓTESE DAS VAZÕES MÁXIMA ABSOLUTAS MENSAL PERÍODO DE 1929 A 2002.....	175
ANEXO 12. TESTES HIPÓTESE DAS VAZÕES MÍNIMAS ABSOLUTAS MENSAL PERÍODO DE 1929 A 2002.....	176
ANEXO 13. COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO DAS EQUAÇÕES SIMPLES	177

RESUMO

Este trabalho teve por objetivos investigar o comportamento hidrológico frente ao uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Luis Alves, localizada na bacia do Itajaí, estado de Santa Catarina. Foi realizado estudo espaço-temporal de uso e ocupação da sub-bacia do Rio Luis Alves, nos anos de 1956, 1978 e 2000. Foram utilizados para este estudo, fotografias aéreas da sub-bacia dos anos de 1956 e 1978, digitalizadas e registradas com auxílio da cartografia básica do IBGE na escala 1:50.000 no software *Microstation Descartes* (Microsoft). A partir destas aerofotografias foram confeccionados mapas de uso e cobertura do solo, através de softwares especializados (ARCVIEW 8.1 e Spring 3.6). Os dados de uso e cobertura do solo de 2000 foram obtidos através de interpretação de imagem de satélite LANDSAT 7 ETM, bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7. A área de estudo não apresenta problemas relacionados às inundações, realidade periódica na vida dos habitantes do Vale do Itajaí, porém, as características climáticas e morfológicas revelam fragilidade aos processos erosivos. Foi verificada que a dinâmica de uso e ocupação do solo da bacia do rio Luis Alves tendeu a uma melhoria na capacidade de infiltração da área, em virtude da parcial substituição de formas de cobertura do solo mais impermeabilizantes por formas que favorecem a infiltração e o potencial de armazenamento da água no solo. As áreas de preservação permanente, apesar da evolução entre 1956 e 1978, ainda expressaram no final do período, conflitos de uso e ocupação em mais de 50% das mesmas. Para os testes estatísticos aplicados, apenas a vazão mínima apresentou diferença significativamente crescente entre os períodos estudados. As relações entre a dinâmica de uso do solo e as variáveis vazão mostraram-se satisfatórias para a disponibilidade de dados existente.

ABSTRACT

This work had the objectives of studying the hydrologic responses due to the uses and occupation of the land of the Luis Alves sub-basin, located in the Itajai basin, Santa Catarina State. A study of the space-time use and occupation of this water basin was done in the years of 1956, 1978 and 2000. For this study it was utilized aerial-photos of the sub-basin of the years 1956 and 1978, digitalized and registered in IBGE cartography, on the scale 1:50.000, with Microstation Descartes software (Microsoft). From these aerial-photos it was done soil use and cover maps, through the interpretation of satellite image LANDSAT 7 ETM, layers 1, 2, 3, 4, 5 e 7. The area does not show problems related to the inundations, a common reality to the inhabitants of Itajai basin, but, the climatic and morphologic characteristics show fragility to erosive processes. The Luis Alves basin soil use and occupation dynamic inclined to an improvement in the water infiltration of the area because the partial substitution of the grass field to forests, permitting the better soil water infiltration. The permanent preservation areas show 50% of conflict occupation. The statistics tests applied, just the minimum flow show significant improvement in the second analyzed period. There are satisfactory relations between the soil use dynamic and the flows analyzed, considering the data base available.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivos investigar o comportamento hidrológico frente ao uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Luis Alves, localizada na bacia do Itajaí, estado de Santa Catarina. A escolha desta bacia deveu-se à existência da maior série histórica de vazão (estação ANA 8388000) na menor área geográfica dentro da bacia do rio Itajaí.

Foi realizado um estudo espaço-temporal de uso e ocupação da sub-bacia do Rio Luis Alves, nos anos de 1956, 1978 e 2000. Foram utilizados para este estudo, fotografias aéreas da sub-bacia dos anos de 1956 e 1978, digitalizadas e registradas com auxílio da cartografia básica do IBGE na escala 1:50.000 no software *Microstation Descartes* (Microsoft). A partir destas aerofotografias foram confeccionados mapas de uso e cobertura do solo, através de softwares especializados (ARCVIEW 8.1 e Spring 3.6). Os dados de uso e cobertura do solo de 2000 foram obtidos através da fotointerpretação de imagem de satélite LANDSAT 7 ETM, bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7, e cedidos pelo Prof. Alexander Christian Viebrans.

A dissertação está dividida em capítulos, aos quais abordam os quatro momentos da pesquisa, assim: Capítulo 1. O Uso do Solo da Bacia do Rio Luis Alves; Capítulo 2. Conflitos de Uso do Solo e Caracterização da Bacia do Rio Luis Alves; Capítulo 3. Análise das Séries Históricas das Variáveis Hidro-Climatológicas; Capítulo 4. Relação entre a Ocupação do Solo da Bacia do Rio Luis Alves e seu Comportamento Hidrológico. Cada capítulo tem seu próprio desenvolvimento, métodos e conclusões, porém, o objetivo geral da pesquisa manteve-se o mesmo.

No capítulo 1, O Uso do Solo da Bacia do Rio Luis Alves, descreve-se o detalhamento do método de fotointerpretação digital com auxílio integral de estereoscópio, suas dificuldades e seu produto final: as cartas de uso do solo de 1956 e 1978.

O capítulo 2, Conflitos de Uso do Solo na Bacia do Rio Luis Alves, trata da confecção das cartas temáticas referentes a declividade, topos de morro e matas ciliares e sua confrontação frente às cartas de uso do solo de 1956 e 1978.

No Capítulo 3, Análise das Séries Históricas das Variáveis Hidro-Climatológica, é feita análise das séries de vazão e precipitação da bacia estudada.

No Capítulo 4, Relação entre a Ocupação do Solo da Bacia do Rio Luis Alves e Seu Comportamento Hidrológico, faz-se a relação entre a vazão e a dinâmica de uso do solo entre os anos de 1956 e 1978.

No contexto geral da pesquisa, pode-se dizer que, inicialmente, foram estudados os conceitos sobre os temas de hidrologia pertinentes ao trabalho, em seguida, foram confeccionados mapas de uso do solo referentes aos anos de 1956 e 1978, e finalmente, através de análise estatística, foram analisadas as séries de vazão e precipitação da sub-bacia do rio Luis Alves, confrontados com os mapas de uso e cobertura obtidos (tipologias de uso).

Os mapas gerados de uso e cobertura da sub-bacia do Luis Alves foram analisados quanto a dinâmica de ocupação ao longo do tempo, comparando-se as alterações de área que cada tipologia apresenta. Foi confeccionado também, carta de conflito de uso do solo dos anos de 1956 e 1978, confrontando-se cartas temáticas de áreas de preservação permanente (APP) com cartas de uso e cobertura de solo, baseada na legislação florestal vigente, a qual especifica áreas de preservação permanente ciliares aos cursos d'água, topos de morros e em áreas de declividade iguais ou superiores a 45°.

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma de realização das etapas do projeto e que resultaram na elaboração final da dissertação.

2 PERGUNTAS DE PESQUISA

1. Como se deu a ocupação da bacia do Rio Luis Alves nos anos de 1956, 1978 e 2000?
2. Quais são as áreas, dentre as Áreas de Preservação Permanente, que representavam conflitos de uso e ocupação do solo em 1956 e 1978?
3. Quais as tendências das variáveis pluvio e fluviométrica na área de estudo?
4. Qual a influência da variação na ocupação do uso do solo na variável vazão?

3 HIPÓTESE

Esta pesquisa visa relacionar o processo de ocupação de uma bacia hidrográfica ao longo do tempo, especialmente em relevância às diferenças entre as formas de ocupação do solo e a influência deste fator no regime hidrológico dos rios e seus impactos possíveis atuais e futuros. A evolução da ocupação do espaço da bacia do Itajaí tem gerado sérios problemas ambientais como assoreamento provocados por desmatamento de áreas sujeitas a erosão, turbidez das águas que abastecem inúmeras cidades do Estado, além do grave e constante risco de enchentes. Baseando-se nestas constatações, foi observado o processo de ocupação de uma sub-bacia do Itajaí, de área tal que possibilite a interpretação de fotografias aéreas e imagem de satélite e que tenha séries históricas de vazão que abranjam o período de estudo.

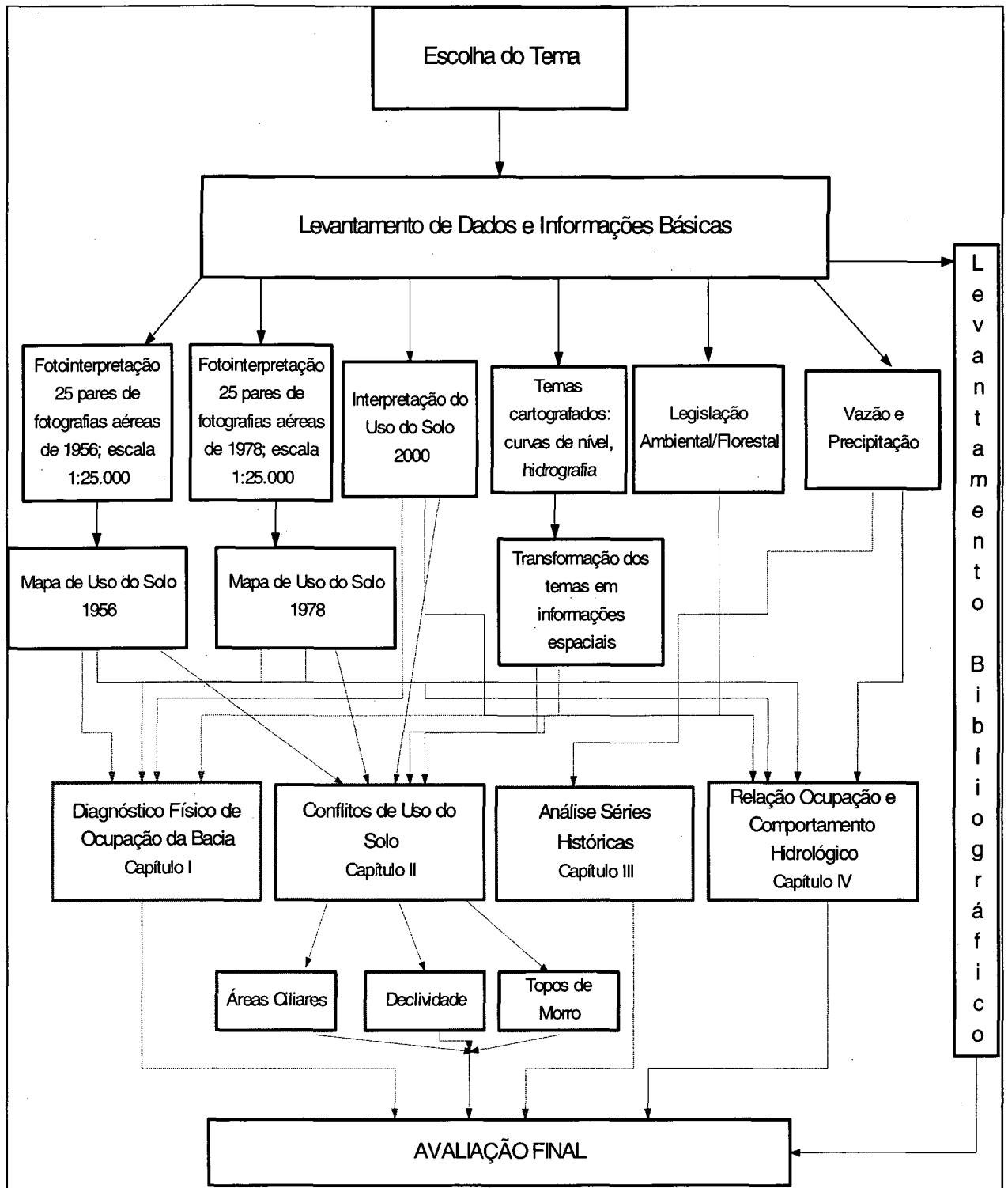
4 OBJETIVOS

O principal objetivo que norteia este trabalho foi a comparação entre o comportamento hidrológico de uma sub-bacia da Bacia do Itajaí e o uso e ocupação do solo da mesma em anos distintos.

Estão compreendidos no objetivo principal os seguintes objetivos secundários:

- analisar a dinâmica e evolução da ocupação do solo na Bacia do Rio Luis Alves (uma sub-bacia do Rio Itajaí) em quarenta e quatro anos, no período compreendido entre 1956, 1978 e 2000;
- identificar os conflitos de uso dos anos de 1956 e 1978, baseada na legislação florestal vigente;
- estudar as séries de dados pluvio e fluviométricos;
- relacionar a dinâmica de uso do solo com seu comportamento hidrológico.

FIGURA 1. FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROJETO



5 JUSTIFICATIVAS

A bacia do Itajaí localiza-se no leste do Estado de Santa Catarina, formando parte da vertente atlântica do estado. Possui área de 15000 km², representando 16% da área do Estado. Apresenta densidade de drenagem de 1,61 km/km² e vazão média de longo período de 205 m³/s (DNAEE, 1986 apud GOMMERSBACH, 2000).

A bacia do Itajaí é de grande importância no Estado de Santa Catarina pois compreende inúmeras cidades de crescente atividade econômica, como Blumenau, Rio do Sul, Brusque e Itajaí. Esta bacia tem sofrido com os problemas causados por enchentes, erosões, poluição, assoreamento, mal planejamento urbano, entre outros, afetando sua qualidade no abastecimento de água das cidades e a preservação da vida no ambiente ripícola.

O rio Itajaí-Açu, principal rio da bacia, é fonte de abastecimento público, industrial e agrícola, de inúmeras cidades do estado. O monitoramento do regime hidrológico e evolução da ocupação do rio Itajaí-Açu é, portanto, fundamental para a boa qualidade de vida destas cidades e economia em termos de tratamentos, além da manutenção de barragens, reservatórios e a diminuição dos prejuízos causados pelas enchentes nas cidades que desenvolveram-se ao longo de seu curso.

REFOSCO & PINHEIRO (1992) constataram que, para a bacia hidrográfica do rio Itajaí do Norte, apesar de não ter havido aumento da precipitação média, houve aumento das vazões médias do rio de 49,89%, e da vazão mínima de 59,23%, devido aumento da área desmatada da bacia de 41%, em 1966, para 61% em 1986.

Desta forma, para manejar eficientemente as bacias hidrográficas, se faz necessário o conhecimento do uso que se dá ao solo, verificando o crescimento populacional das cidades e a conseqüente degradação das condições dos rios. Possibilitando a melhoria destas condições através de práticas conservacionistas, manutenção de trechos de vegetação ciliar ideais (que funcionam como faixas-filtro dos sedimentos), e tratamento de esgotos, por exemplo.

CAPÍTULO I O USO DO SOLO E A CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA DO RIO LUIS ALVES

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, foram levantadas as informações quanto a caracterização física da bacia do rio Luis Alves e da confecção de cartas de uso do solo dos anos de 1956 e 1978, e a comparação com os dados de uso do solo de 2000.

Através da interpretação digital de aerofotografias e do levantamento de cartografia básica obteve-se dados referentes a dois momentos de ocupação da bacia em 1956 e em 1978, e informações referentes ao relevo da bacia, declividade, densidade de drenagem, entre outros.

Primeiramente, para a realização dos trabalhos deste capítulo, foram levantadas informações bibliográficas sobre a bacia do rio Luis Alves, suas características ambientais, sócio-econômicas e físicas, e percebeu-se que devido a sua inserção na Bacia do Itajaí, muitos dados referiam-se à esta última, num contexto pouco particularizado à bacia em estudo. Porém, é neste contexto geral que a bacia do rio Luis Alves está inserida, sendo preciso citá-lo brevemente.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LUIS ALVES

1.1.1 Localização da Área de Estudo: a Bacia do Luis Alves, uma Sub-bacia da Bacia do Itajaí

A Figura 2 apresenta as regiões hidrográficas do Estado de Santa Catarina. A bacia do rio Luis Alves situa-se a nordeste da bacia do Itajaí, sendo a menor das suas 7 (sete) sub-bacias principais, com 594,30 km² (Figura 3 Tabela 1). Pela sua localização geográfica, tem-se que a sub-bacia do Luis Alves faz parte do trecho inferior da bacia do Itajaí, trecho denominado de Baixo Itajaí. Este trecho, tem cerca de 80 km de extensão, que começa no Salto Weissbach (no município de Blumenau) e segue até o oceano Atlântico.

A seção fluviométrica escolhida para o estudo foi determinada por ser aquela de menor área que tem disponível série de vazão de alcance do tempo de estudo

(desde 1929 até 2003). De fato, as áreas dentro da bacia do Itajaí são bastante grandes, mesmo em suas sub-bacias, uma vez que ela possui área de 15.000 km². E estações hidrometeorológicas com séries longas, normalmente encontram-se nas maiores e mais importantes bacias da região para monitoramento de enchentes. Uma vez que nosso objetivo é comparar o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica frente ao processo histórico de ocupação do solo, exaustivo trabalho de localizar uma bacia pequena, e com série histórica de vazão longa, foi realizado. Grandes extensões geográficas, dificultam a interpretação de fotografias aéreas existentes, devido a escala das mesmas, e, pequenas áreas não possuem séries históricas extensas e confiáveis, monitoradas pela ANA (Agência Nacional de Águas) ou outro órgão que faça o monitoramento de vazões diárias.

Para resumir o que foi dito sobre a escolha da área é que nela existe a estação fluviométrica Luis Alves (código 83880000) (Figura 3), com registro de vazão desde 1929, e que contempla uma área de drenagem de 158,8670 km², a menor na maior área de drenagem, cujas coordenadas geográficas são 26° 43' 17" de latitude e 49° 55' 54" de longitude, localizada no município de Luis Alves. O estudo se fará dentro da área de drenagem da estação, ou seja, da nascente do rio Luis Alves até a estação Luis Alves.

Poucos estudos foram feitos para esta sub-bacia, logo, as considerações a serem tratadas nos itens subseqüentes referem-se a bacia do Itajaí, a qual possui muitos estudos coordenados pelas universidades da região e pela atuação do Comitê do Itajaí. Mas ao mesmo tempo, entende-se que a referência à bacia do Itajaí fornece um contexto no qual a bacia do Luis Alves não deixa de estar inserida. Assim, surge a possibilidade de ser estudada uma região com singularidades pouco estudadas e que poderão ser incluídas na pesquisa.

A bacia do Itajaí, em termos geográficos, situa-se entre 26°20' e 27°50' de latitude Sul e 48°40' e 50°20' de longitude Oeste e estende-se por 150km na direção norte-sul e 155km na direção leste-oeste. Limita-se ao norte pelas Serra do Mar, do Jaraguá e da Moema, a oeste pela Serra Geral e Serra Tijucas no divisor oeste (CELESC, 1984). Na Figura 2 é apresentada a região hidrográfica do Itajaí e sua localização dentro do estado de Santa Catarina e no Brasil. Na Figura 3, observam-se as bacias do Itajaí, com o destaque na hidrografia da área de estudo.

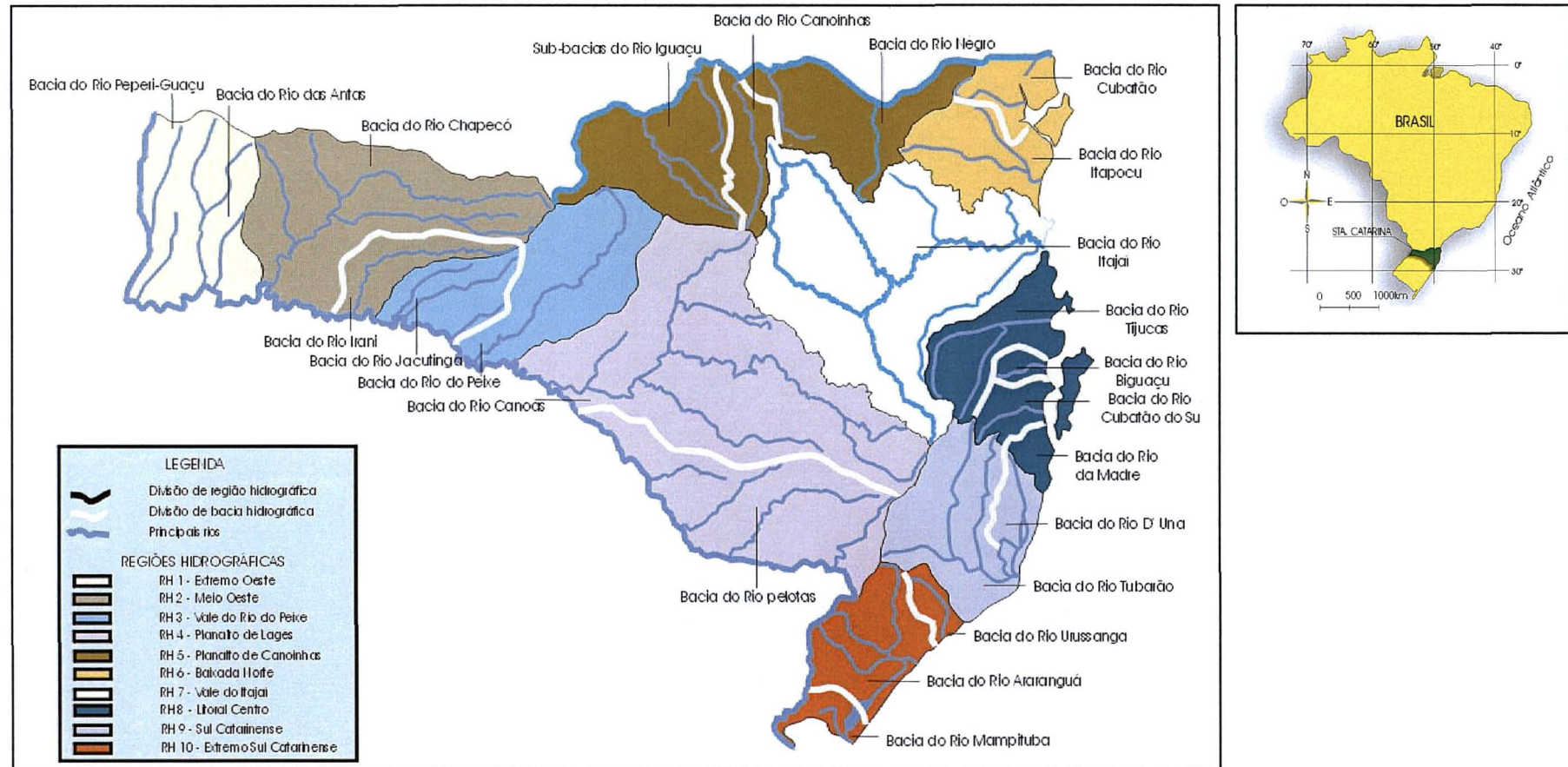
O Bacia do Itajaí é uma bacia voltada para a vertente atlântica de Santa Catarina, com aproximadamente 15.000 km² (REFOSCO et al., 2001). Esta bacia situa-se na parte nordeste do estado de Santa Catarina, ocupando cerca de 16% da área total deste estado, limitando-se a norte com a bacia do Iguaçu, a oeste com a bacias e Canoas, ao sul com a bacia do rio Camboriú, Canoas, Perequê e Tijucas e a leste com o Oceano Atlântico (CELESC, 1984).

Os principais rios da bacia são o rio Itajaí-açu (que é o principal rio da bacia do Itajaí) e os rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste; além dos grandes tributários que são o rio Itajaí do Norte, também chamado de rio Hercílio, o rio Itajaí Mirim, o rio Benedito, e o rio Luis Alves, formando assim a maior bacia inteiramente catarinense (NETO, 1999).

1.1.2 Breve histórico: Urbanização e Enchentes na Bacia do Itajaí

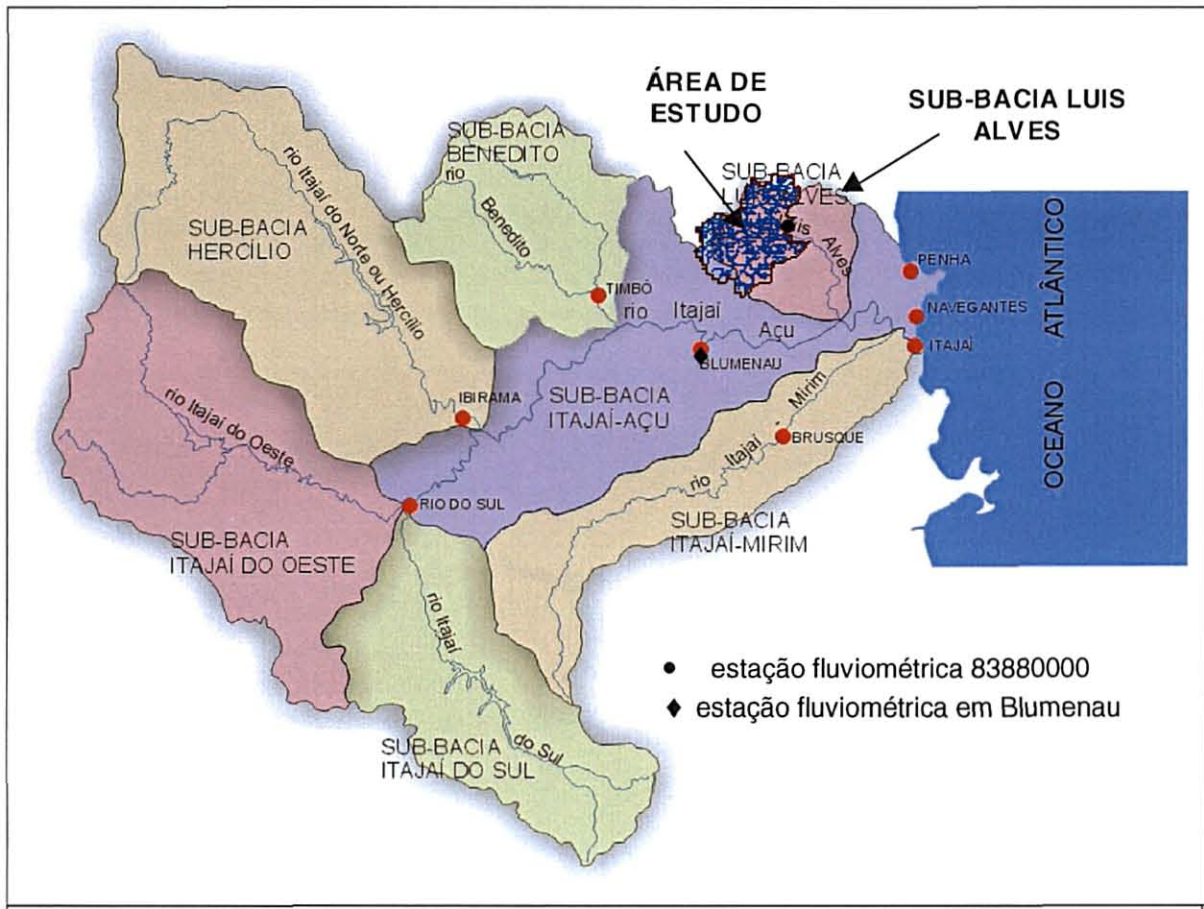
As enchentes e inundações tem-se constituído, ao longo do tempo, no principal desastre natural no estado de Santa Catarina. A ocupação desordenada do solo efetivada pela crescente população em locais sujeitos às inundações, alterou de forma significativa a bacia do Itajaí, amplificando os danos causados pelas enchentes. Uma vez que enchentes são fenômenos naturais e freqüentes, a ocupação de áreas de encostas e áreas denominadas de leito secundário do rio (margens e planícies de inundação), a impermeabilização do solo por edificações e pavimentações, desmatamentos em encostas, poluição industrial e doméstica, entre outros fatores, ocasionam problemas de perdas sociais e econômicas aos municípios atingidos pelas enchentes.

FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO ITAJAÍ NO ESTADO DE SANTA CATARINA



Fonte: SANTA CATARINA (1997)

FIGURA 3. AS SUB-BACIAS PRINCIPAIS DO ITAJAÍ, COM DESTAQUE NA HIDROGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO NA SUB-BACIA DO RIO LUIS ALVES



Fonte: baseado em www.comiteitajai.org.br

TABELA 1. AS SUB-BACIAS DO RIO ITAJAÍ E SUAS ÁREAS

SUB-BACIA	ÁREA (km ²)	%
Itajaí do Norte	3.341,10	22,22
Itajaí do Oeste	2.967,20	19,75
Médio Itajaí	2.933,70	19,53
Itajaí do Sul	2.048,70	13,64
Itajaí Mirim	1.686,70	11,23
Benedito	1.447,30	9,63
Luis Alves	594,30	3,95
Total	15.019,00	100

FONTE: Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) /FURB, 2001

surgimento de núcleos que desenvolveram-se e transformaram-se nas cidades que conhecemos hoje. Desta exploração, desordenada, passaram a surgir grandes áreas desmatadas, muitas das quais foram sendo queimadas para formação de pastagens (BUTZKE, 1995). Gerando então, os processos erosivos na bacia, intensificados pela ação antrópica não planejada.

A lista de enchentes e vitimados por elas ao longo da história da bacia do Itajaí é imensa, existindo relatos da época dos colonizadores que já falavam sobre este assunto. A tabela 2 mostra as maiores enchentes registradas desde o ano de 1855. Porém, as vazões máximas dos rios tendem a aumentar a medida que o solo se torna impermeável e os danos causados pelas enchentes tendem a aumentar um vez que se têm problemas com assoreamento dos rios e reservatórios, e ocupação em áreas de risco. A última dessas enchentes foi em outubro de 2001, que deixou centenas de desabrigados e ocasionou mais uma série de prejuízos aos municípios e à população do Vale do Itajaí.

TABELA 2. AS PRINCIPAIS ENCHENTES REGISTRADAS NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA BLUMENAU (EM RELAÇÃO AO NÍVEL ZERO)

ANO	ELEVAÇÃO (m)
1855*	13,00
1911*	15,00
1923*	16,50
1927*	12,40
1957*	12,42
1961*	12,00
1972*	10,00
1983*	15,34
1984*	15,46
1992 (1)**	12,80
1992 (2)**	10,62
1997**	9,44
2001**	11,02

FONTE: * GAPLAN (1986) e **CEOPS (Centro de Operação do Sistema de Alerta da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí) – comunicação pessoal

1.1.3 Características Ambientais

Geologia: a região da Bacia Hidrográfica do Luis Alves é formada por embasamento cristalino, em associações de granulitos (SANTA CATARINA, 1991), pertencente ao Complexo Luis Alves com assembléia petrotectônica de rochas

metamórficas principalmente granulitos, datadas do Arqueano e Proterozóico Inferior, de composição básica-intermediária (GAPLAN, 1988).

Relevo: a bacia do rio Luis Alves encontra-se dentro da unidade das Serras do Leste Catarinense. Nesta unidade de relevo são formadas serras com disposição predominante no sentido NE – SW, sendo mais altas na face ocidental até encontrar-se com os Patamares do Alto Itajaí (podendo em alguns locais atingir até 1.200m de altitude), e mais baixas a medida em que aproxima-se do litoral (em altitudes inferiores a 100m) (SANTA CATARINA, 1991). As Serras do Leste Catarinense pertencem ao grupo de Embasamentos em Estilos Complexos, dentro dos quais encontra-se a Unidade Geomorfológica Serras do Tabuleiro/Itajaí. As Serras desta unidade apresentam-se de forma sub-paralela, sendo as mais importantes a do Tabuleiro, do Itajaí, Jaraguá, Luis Alves, de Varginha, da Limeira, do Tijucas, do Major e do Pinheiral. O relevo desta unidade é caracterizado por intensa dissecação, com vales profundos com encostas íngremes e sulcadas, separadas por cristas bem marcadas na paisagem. Dessa forma, favorece a atuação dos processos erosivos, principalmente nas encostas desmatadas, podendo ocorrer movimentos de massa, uma vez que o material resultante da alteração da rocha apresenta-se fino e espesso, podendo atingir até 20m (GAPLAN, 1988).

Hidrografia: A bacia em questão é a menor das 7 sub-bacias principais que compõem a Bacia do Itajaí. A Bacia do Itajaí, por sua vez, é a maior bacia inteiramente catarinense (15.019 km²), pertencendo ao grupo de bacias hidrográficas isoladas da vertente atlântica do estado. Mencione-se que além da Vertente do Atlântico, há, no estado de Santa Catarina, a Vertente do Interior que drena para os rios Uruguai e Iguaçú. Os rios da Vertente Atlântica são bastante acidentados devido às características do relevo e no curso inferior (próximo à costa) apresentam meandros e baixas declividade, sendo caracterizados por rios de planície. O regime pluviométrico distribuído durante todo o ano, define o comportamento dos rios de Santa Catarina em geral, e da Bacia do Itajaí em especial, ocorrendo excesso hídrico nesta última com sérias possibilidades de enchentes. Nos rios de Santa Catarina, são apresentados dois excessos hídricos durante o ano, ocorridos um na primavera e outro no verão; e dois valores mínimos, ocorridos um no início do verão e outro no outono. Estas características relevam o regime subtropical (SANTA CATARINA, 1991).

KLEIN (1978) cita que, com base em critérios hidrográficos, estruturais e morfológicos é possível reconhecer na Bacia do Itajaí, dois grandes conjuntos naturais: o primeiro é o alto Itajaí formada pelo trecho superior do rio Itajaí, sendo o limite a jusante o desnível entre Subida e Lontras (vencendo desnível de 200m em 15km); o segundo conjunto natural refere-se ao média e baixo percurso do Itajaí com menor declividade.

Solos: compõem os solos da região de estudo os Podzólicos Vermelho-Amarelo e Cambissolos Bruno Húmico. Os primeiros, são solos profundos, entre 1 e 2m, bem drenados, com alta diferenciação entre o horizonte A (mais arenoso) e o horizonte B (mais argiloso); são encontrados em relevo ondulado e forte ondulado, muito suscetíveis à erosão; possuem baixa fertilidade natural (SANTA CATARINA, 1991). GAPLAN (1986) cita que os solos do tipo Podzólicos Vermelho-Amarelo, possuem baixa relação silte/argila, são encontrados em baixa altitude – 15m a 100m, e em relevo forte ondulado e ondulado, especialmente em Garuva, Joinville, Jaraguá do Sul, Luis Alves, Indaial, Urussanga, Lauro Müller e Orleans. Os Cambissolos, são solos mais rasos, entre 0,5 e 1,5m, em processo de desenvolvimento apresentam remanescentes de material de origem na massa do solo, tem alto teor de matéria orgânica. São encontrados em relevos variáveis, desde o suave ondulado até o montanhoso.

De acordo com o que coloca GAPLAN (1986), também são encontrados solos do tipo Cambissolo Álico. Esses são solos minerais, não hidromórficos, caracterizados pela ocorrência de um horizonte B incipiente, apresentam baixo gradiente textural e média a alta relação silte/argila. Nas Serras do Leste Catarinense, os Cambissolos apresentam-se com baixa fertilidade e textura argilosa em relevos de forte ondulado a montanhoso.

A aptidão agrícola da região da área de estudo varia entre Aptidão Restrita para Culturas à Aptidão Imprópria para Uso Agrícola (SANTA CATARINA, 1991). A classificação da aptidão agrícola para a região, mencionada em GAPLAN (1986), é Classe 3 (abc) e Classe 6. A Classe 3 (abc) diz respeito à aptidão restrita para culturas de ciclo curto e/ou longo, em níveis de manejo A – baixo nível tecnológico; B – nível tecnológico razoável; e C – alto nível tecnológico com motomecanização em todas as fases do processo agrícola. Já a Classe 6 – refere-se às terras sem aptidão agrícola, a não ser em casos especiais, indicado para a preservação da flora e da fauna ou para a recreação.

O clima, segundo EPAGRI (2002), a Bacia do Itajaí é caracterizada por temperatura média anual de 20°C. O mês mais frio é Julho com temperatura média de 20°C; o mês mais quente é Janeiro, com temperatura média de 24°C. Na região é observada Umidade Relativa do ar de 85%. A precipitação total média anual é 1.800mm, com média de dias de chuva de 13 dias para o mês mais chuvoso (Janeiro), e 7 dias para o mês menos chuvoso (Junho). O classificação climática, segundo Köeppen é Cfa (clima subtropical mesotérmico).

Vegetação: na bacia hidrográfica do Rio Itajaí são encontradas diversas formações dentre o Domínio da Floresta Ombrófila Densa e alguns núcleos de Floresta Ombrófila Mista no alto Vale do Itajaí e descendo nos vales de alguns rios, como ocorre no vale do Itajaí do Sul (KLEIN, 1978). Nas regiões denominadas Médio e Baixo Itajaí, encontra-se a imponente Floresta Ombrófila Densa Costeira, caracterizada especialmente pela alta densidade e grande riqueza de espécies de árvores, arvoretas e arbustos, além de alta densidade de epífitas e número de lianas relativamente alto. KLEIN (1978) cita que a Floresta Pluvial de Encosta Atlântica era a continuação da Zona das Florestas Costeiras ou das Florestas Orientais do Brasil – hoje denominada de Floresta Ombrófila Densa Sub-montana e das Terras Baixas – era denominada por Martius de *Dryades*, estendendo-se desde o Estado do Rio Grande do Norte até a “Porta de Torres”.

Esta formação florestal é composta por diversos estratos de densos agrupamentos de árvores, em cujos troncos desenvolvem-se inúmeros agrupamentos de Bromeliaceae, Araceae, Orquidaceae, cobrindo os troncos algumas vezes completamente, “assumindo o aspecto de verdadeiros jardins suspensos.” (KLEIN (1978), p. 88).

Devido às serras que acompanham a costa brasileira e que servem de impedimentos orográficos à umidade e aos ventos, a região do Médio e Baixo Vale do Itajaí apresenta alta pluviosidade, imprimindo aspectos das florestas equatoriais, resultando em alta heterogeneidade da vegetação quanto a sua estrutura e a sua composição, além da riqueza da Flora. As árvores atingem 30 – 35m de altura nos vales, e 20 – 30m ao longo das encostas, devido a declividade acentuada. Devido a facilidade de acesso à luz permitido pela exposição escalonada das árvores na encosta, os fustes não são muito altos, mas, grossos e com copas mais frondosas se comparadas com árvores da floresta amazônica (KLEIN, 1978).

Quanto a distribuição das espécies em relação à costa, pode-se dizer que nos fundos de vale e inícios das encostas predominam as espécies higrófitas (adaptadas a ambientes bastante úmidos) acompanhadas de espécies indiferentes à umidade, em segundo lugar. À meia encosta ocorre um maior número de espécies, ou seja há heterogeneidade maior do que no fundo do vale ou no alto da encosta; ali predominam as espécies indiferentes à umidade acompanhadas das espécies seletivas higrófitas (preferem ambientes úmidos) e seletivas xerófitas (preferem ambientes sem umidade), que encontram condições mesofíticas (medianas) para o seu desenvolvimento. No alto das encostas são encontradas as formas mais homogêneas de toda a encosta, onde a dominância de algumas espécies pode ser comum. Ocorre aí, pequeno número de seletivas xerófitas, acompanhadas de algumas outras companheiras (indiferentes) (KLEIN, 1978).

1.1.4 Características Físicas da Bacia do Rio Itajaí

O eixo principal do rio Itajaí apresenta extensão da ordem de 250km e recebe a denominação de Itajaí-Açu (em linguagem indígena Açu significa 'grande') após receber, no município de Rio do Sul, a contribuição dos rios Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste (CELESC, 1984).

A bacia do Itajaí apresenta sete (7) sub-bacias principais de contribuição, quais sejam: Sub-bacia do rio Itajaí do Sul, do rio Itajaí do Norte, do rio Itajaí do Oeste, do rio Itajaí Mirim, do rio Benedito, do rio Luis Alves, do Itajaí-Açu (Médio Itajaí). Na Tabela 1 foram apresentadas as sub-bacias do Itajaí e suas respectivas áreas.

O rio Itajaí do Sul nasce na parte sudoeste do estado a cerca de 1.800m de altitude, o rio Itajaí do Oeste nasce na parte mais a oeste da bacia a cerca de 1.100m de altitude a cerca de 37km a jusante do município de Rio do Sul, o rio Itajaí recebe a contribuição do rio Benedito no município de Indaial.

Segundo CELESC (1984) o leito principal caracteriza-se por declividade irregular do seu perfil longitudinal, que pode ser dividido em três trechos distintos, que sejam: alto vale do Itajaí, com declividade alta, a montante do município de Lontras; médio vale do Itajaí, com declividade classificada entre alta e média, localizado entre Lontras e o município de Blumenau; e o baixo vale do Itajaí, com declividade bastante suave, curso meandrante, localizado entre o município de Blumenau e sua foz no oceano Atlântico, na cidade de Itajaí.

Quanto às características físicas da bacia do Luis Alves, serão apresentados nos resultados deste capítulo.

1.1.5 As Atividades Econômicas na Bacia do Rio Itajaí

Observa-se atividade industrial têxtil, madeireira, agrícola e turística como sendo as principais atividades econômicas do vale do Itajaí, representadas pelos municípios de Blumenau, Brusque, Itajaí, Rio do Sul, Ibirama, Indaial, Ituporanga.

Estes municípios exercem fortes atividades industriais que impulsionam a economia do estado, mas, que por outro lado, são fortes emissoras de poluentes oriundas das indústrias têxteis, pesqueiras, metal-mecânicas, pasta mecânica, frigoríficos, cortumes, fecularias e extração de óleo vegetal. E, há também a emissão de resíduos de agrotóxicos agrícolas e dejetos de suínos que são carregados aos cursos d'água juntamente com sedimentos provenientes dos processos erosivos ocorridos devido ao mau uso do solo, resultando em seu empobrecimento e assoreamento das calhas dos rios, além das emissões de esgotos urbanos sem tratamento, que são altamente poluentes dos cursos d'água (NETO, 1999).

A sub-bacia do Luis Alves concentra parte da rizicultura produzida pelo estado de Santa Catarina, atividade altamente poluidora. Porém, nos últimos anos, é observada crescente atividade de bananicultura, com aumento das áreas desmatadas.

2 OBJETIVOS

São objetivos deste capítulo:

- Levantar as características físicas da bacia do rio Luis Alves.
- Elaborar cartas de uso do solo da bacia do rio Luis Alves dos anos de 1956 e 1978;
- Analisar a dinâmica de ocupação da bacia do rio Luis Alves entre os anos de 1956, 1978 e 2000.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A BACIA HIDROGRÁFICA

A Bacia Hidrográfica, é a área ou conjunto de terras, drenada por um único curso de água ou por um conjunto de rios e seus afluentes e limitada externamente pelos divisores de água que, precipitada, é drenada para estes mesmos rios. Na bacia hidrográfica existe uma única 'saída' para toda a água que nela entra, que é chamada de exutório, ou foz quando deságua em outro rio ou diretamente no mar.

A possibilidade de observação de fenômenos naturais ou antrópicos na bacia hidrográfica, seja a mesma de grande dimensão, sub-bacia ou micro-bacia, segundo SANTOS (2000), faz dela a melhor unidade territorial para a realização de investigações ou pesquisas.

Segundo GUERRA, SILVA & BOTELHO (1999), a bacia hidrográfica é a unidade ideal de análise da superfície terrestre, na qual é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação, sendo dessa forma a melhor unidade de planejamento de uso de terras, levando vantagens em relações a outras unidades delimitadas segundo outros critérios, tais como, climáticos ou políticos, entre outros.

Ainda sobre os conceitos de bacia hidrográfica TUCCI (2000) coloca que a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir para um único ponto de saída, seu exutório, compondo-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único, sendo assim, as vertentes são produtoras e a rede de drenagem é transportadora do fluxo de água, dos sedimentos e dos solutos que se desprendem das vertentes pelos processos de erosão.

Toda bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico no qual a entrada é o volume de água precipitado, e a saída é o volume de água escoado pelo exutório (TUCCI, 1999).

Da Teoria Geral dos Sistemas que parte do pressuposto que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações de equilíbrio

dinâmico, TRICART (1977)¹ apud GUERRA & CUNHA (1996), definiu que, quando os ambientes estão em equilíbrio dinâmico, são estáveis, quando em desequilíbrio, são instáveis.

GUIMARÃES (2000), afirma que as bacias hidrográficas devem ser vistas como um sistema aberto, pois importam matéria e energia na forma de precipitação e radiação e exportam matéria e energia na forma de deflúvio.

Da Teoria Geral dos Sistemas e das observações feitas por Tricart, tomando-se as bacias hidrográficas como sistemas abertos, pode-se afirmar que as mesmas integram uma visão conjunta das atividades nelas desenvolvidas sejam em condições naturais, sejam frutos das atividades humanas, de forma que mudanças significativas em qualquer ponto da bacia hidrográfica podem gerar alterações, efeitos ou impactos a jusante daquele ponto, e nos fluxos energéticos de saída; além de que, dependendo da escala e da intensidade da mudança, podem ser alteradas as formas e tipos dos leitos e dos canais (GUERRA & CUNHA, 1996).

As forças construtivas e destrutivas, de deposição e de erosão, que agem naturalmente nas bacias hidrográficas, fazem com que haja sempre tendência ao equilíbrio, havendo assim, sempre uma relação entre forma e forma (ex. área X comprimento do canal), ou entre forma e processo (ex. área X vazão média) e entre processo e processo (ex. vazão X produção de sedimentos). Se algum evento venha a provocar modificação na entrada ou saída, ou propriamente no sistema, é provável que ocorra uma reação compensatória que devolva a situação de equilíbrio, ou que pelo menos minimize os efeitos da alteração (GUIMARÃES, 2000).

CHIARANDA (2002) citando FERREIRA (1996)² e NAVEH & LIEBERMANN (1993)³, expõe que os sistemas possuem a propriedade de se estabilizarem após sofrerem perturbações temporárias, sendo que os sistemas buscam sempre este estado de estabilidade a medida em que sofrem flutuações dos fluxos de energia e de matéria no ambiente de entrada. Assim, de acordo com o autor, uma forma de ser avaliada a capacidade de um sistema estabilizar-se é através do maior ou menor tempo do mesmo retornar ao estado de equilíbrio e quanto menores forem as flutuações dos fluxos.

¹ TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN. 1977. 97p.

² FERREIRA, A. B. H. *Novo Dicionário Aurélio*. São Paulo: Nova Fronteira, 12996. 1516p.

³ NAVEH, Z. & LIEBERMANN, A. S. *Landscape Ecology: theory and application*. 2. ed. New York: Springer – Verlag, 1993. 338p.

O estudo dos aspectos fisiográficos das bacias hidrográficas revelam o grau de fragilidade que as mesmas apresentam, indicando, por exemplo, a força dos processos erosivos, os riscos de ocorrerem deslizamentos e de inundações. Estes aspectos começaram a ser vistos de forma mais objetiva, segundo CHRISTOFOLETTI (1980), a partir da publicação do trabalho de Robert Horton em 1945, procurando estabelecer leis do desenvolvimento de rios e de suas bacias, embora também, muito se deve a Arthur Strahler nos estudos dessas características das bacias hidrográficas. São considerados aspectos fisiográficos ou físicos das bacias hidrográficas, todos aqueles que podem ser extraídos a partir de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, tais como comprimentos, declividades e coberturas de solo, sendo os mesmos medidos diretamente ou expressos por índices (TUCCI, 1999).

HILLBRICHT-ILKOWSKA et al. (2000), afirmam haver uma relação entre a densidade de rios e as taxas de exportação de fósforo em uma bacia hidrográfica. BELTRAME (1994) cita que a avaliação da densidade de drenagem, permite conhecer-se o potencial da bacia hidrográfica em realizar maior ou menor fluxo da água, representando maior ou menor suscetibilidade aos processos erosivos na esculturação de canais.

3.2 A DINÂMICA DA PAISAGEM

Como já foi dito anteriormente, segundo TRICART (1977)⁴ apud GUERRA & CUNHA (1996), a paisagem está em constante dinâmica, seja em equilíbrio dinâmico quando esta dinâmica ocorre naturalmente, seja em desequilíbrio dinâmico, quando acelerado pelas atividades humanas. Existem muitos exemplos da relação entre a degradação ambiental e a sociedade humana, reflexos de descaso das autoridades competentes para o planejamento das cidades e zonas rurais, ambição por parte da iniciativa privada, entre outros fatores.

GUERRA & CUNHA (1996), afirmam que o manejo inadequado do solo é a principal causa da degradação da paisagem, seja nas áreas rurais, seja na áreas urbanas. Porém a pressão demográfica em busca de recursos naturais, pode resultar em degradação da paisagem. As próprias condições naturais juntamente com o mal uso do solo, podem acelerar os processos de degradação, tais como precipitação em encostas desprovidas de vegetação, entre outros aspectos.

Os sistemas de drenagem têm importância na modelação do relevo, segundo GUERRA & CUNHA (1996), um vez que os cursos de água são importantes modeladores da paisagem. A ocupação desordenada do solo em bacias hidrográficas agravam seus desequilíbrios, acelerando as transformações paisagísticas.

Através da escolha de um elemento da paisagem, torna-se possível averiguar a situação de degradação de um ambiente. Os aspectos naturais e sócio-econômicos cartografados, permitem a contextualização da bacia hidrográfica quanto aos conflitos existentes entre o ideal e o real que representa o evolutivo do uso do solo (SANTOS, 2000).

ORELLANA (1985)⁵ apud SANTOS (2000) propõe o estudo evolutivo da paisagem através de um modelo sistêmico demonstrando a dinâmica espaço-temporal da paisagem, realizado através de mapas de uso do solo de tempos pretéritos. Os quais são obtidos através da interpretação de fotografias aéreas de datas diferentes, analisados de acordo com os aspectos evolutivos da paisagem (MENDONÇA, 1993⁶ apud SANTOS, 2000).

A estrutura da paisagem pode determinar os níveis do sistema de transporte de nutrientes da água, como por exemplo, os modelos espaciais de formas do relevo, o uso do solo (através de áreas lavradas e terra arável), e a cobertura do solo através de diferentes formas de vegetação (HILLBRICHT-ILKOWSKA et al., 2000).

As interferências causadas na paisagem, são citadas por ZALEWSKI (2000), como fatores para garantia da sustentabilidade no uso de água. Citando que não é apenas necessário reduzir ou eliminar emissões de poluentes e realizar controles de inundações, o que é facilmente conseguido através de ações puramente técnicas. Devendo ser considerados a biodiversidade, os valores culturais e estéticos e especialmente, os distúrbios homeostáticos (equilíbrio do plano básico da natureza; manutenção do equilíbrio interno estável, apesar das alterações exteriores (BUENO, 1984)) do ecossistema. ZALEWSKI (2000) menciona ainda que, manejar eficientemente, através de ferramentas potenciais, o excesso de nutrientes e poluentes na paisagem, são eficazes na manutenção dos recursos hídricos.

⁴ TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN. 1977. 97p.

⁵ ORELLANA, M. M. P. *Metodologia Integrada no Estudo do Meio Ambiente*. In: Revista Brasileira de Geografia, 10 (20) 125-148, outubro, 1995.

⁶ MENDONÇA, F. de A. *Diagnóstico Ambiental de Microbacia Hidrográfica – Proposição Metodológica*. Anais: Encontro de Geógrafos da América Latina, 4, Mérida, universidad, 1993.

São citados quatro os componentes da paisagem que determinam os modelos temporais e espaciais da dinâmica hídrica: clima, geomorfologia, dinâmica de cobertura de plantas e da biota e interferências humanas. Estes quatro componentes, se entendidos, a meta de sustentabilidade de recursos hídricos poderá ser alcançada (ZALEWSKI, 2000).

3.3 A FERRAMENTA GEOPROCESSAMENTO

Sensoreamento Remoto é definido como sendo o processo de capturar informação de algo, sem o contato com este algo (remoto), através de sensores que podem ser transportados a bordo de satélites (sensores orbitais) ou aviões (câmaras fotográficas) (CARVALHO et all, 2000).

Geoprocessamento refere-se às tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, com a utilização de programas de computadores. Essas tecnologias podem ser: sensoreamento remoto, digitalização de dados, automação de tarefas cartográficas e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (CARVALHO et all, 2000).

Sistemas de Informações Geográficas são importantes ferramentas de manipulação de informações geográficas. São sistemas de computadores, capazes de armazenar uma grande quantidade de dados, usados para o entendimento de fatos e fenômenos ocorridos no espaço geográfico. Possibilitam os cruzamentos de informações, seleção e busca, análise estatística, confecção de mapas, entre outros (CARVALHO et all, 2000).

A evolução da ocupação desordenada do solo pode causar diversos prejuízos sociais e ambientais, tais como contaminação do solo e da água e vítimas de deslizamentos. Diante disso, o Sensoreamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem ser utilizados para promover medidas mitigatórias e mesmo para a detecção destes problemas.

FORSTER (1994) apud⁷ OLIVEIRA E COSTA (2001) afirma que o sensoreamento remoto surge como uma ferramenta alternativa e bastante técnica para avaliar o processo de crescimento do espaço urbano. Esta técnica, aliada a outras tecnologias, fornece a possibilidade de monitorar além do crescimento

⁷ FORSTER, B. C. An examination of some problems and solutions in urban monitoring from satellite platforms. In: *International Journal of Remote Sensing*, 6(1): pp. 139-151. 1985.

urbano, os problemas ambientais decorrentes do processo de expansão de manchas urbanas.

3.4 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES

O município de Luis Alves (Figura 4) contempla a maior porção da área de estudo, ou seja, a área de influência da estação fluviométrica Luis Alves, dentro da bacia do rio Luis Alves.

A história da colonização do município de Luis Alves, inicia-se em 1870, com a chegada de imigrantes italianos, seguidos pelos imigrantes alemães e açorianos. Antes colônia, Luis Alves transformou-se em município em 18 de julho de 1958 (IBGE, 2003, www.ibge.gov.br).

Com área de 260,3km² (em torno de 44% da área da bacia) e 7.974 habitantes, a município é localizada na altitude de 70m acima do nível do mar, a 130km de Florianópolis. As principais atividades econômicas do município de Luis Alves são a agricultura, bananicultura (com forte expansão nos últimos anos), e produção de aguardente (IBGE, 2003, www.ibge.gov.br).

De acordo com censo do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – de 2000 do total populacional de 7.974 habitantes, 73,37% pertenciam à zona rural, sendo apenas 26,63% urbana. Porém, 95% da população com idade igual ou superior a 10 anos, é alfabetizada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES BÁSICAS

A bacia em estudo localiza-se na articulação de 4 (quatro) cartas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística): Carta Blumenau (SG-22-Z-B-IV-4; MI-2881/4), Carta Gaspar (SG-22-Z-B-V-3; MI-2882/3), Carta Luis Alves (SG-22-Z-B-V-1; MI-2882/1) e a Carta Pomerode (SG-22-Z-B-IV-2; MI-2881/2). Todas essas cartas em escala 1:50.000, foram digitalizadas e os temas curvas de nível e hidrografia foram vetorizados e registrados pelo IPA – Instituto de Pesquisas Ambientais da FURB – Universidade Regional de Blumenau, através de projetos que visam confeccionar um atlas atualizado da região da Bacia do Itajaí. Estes temas digitalizados, vetorizados e registrados foram colocados a disposição para a realização deste estudo, em formato DGN ou seja do software Microstation (Microsoft Cooperation).

Para a confecção de cartas temáticas referentes ao uso do solo, foram utilizadas fotografias aéreas dos anos de 1956 e 1978, em escala 1:25.000, conseguidas através da Secretaria do Mercosul, localizada no município de Florianópolis.

O mapa de uso do solo de 2000 foi obtido através de arquivo digital cedido pelo Prof. Alexander C. Viebrans, como parte do seu trabalho de tese de doutorado em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina.

4.2 PROCESSAMENTO DAS AEROFOTOGRAFIAS

Para o estudo evolutivo do uso do solo foram aplicadas técnicas de fotointerpretação aplicadas às seguintes fotografias aéreas, conforme mostra a Tabela 3.

TABELA 3. LISTA DAS AEROFOTOGRAFIAS UTILIZADAS NO ESTUDO

ANO	FAIXA*	NÚMERO DAS FOTOGRAFIAS	TOTAL
1956	FAIXA 1	2251, 2252, 2253, 2254	37 fotografias aéreas
	FAIXA 2	17104, 17105, 17106, 17107, 17108, 17109, 17110, 17111	
	FAIXA 3	1849, 1748, 1847, 1846, 1845, 1844, 1843, 1883, 1882, 1881, 1880, 1879, 1878	
	FAIXA 4	1931, 1930, 1929, 1928, 1927, 1926, 1925,	
	FAIXA 5	1924	
	FAIXA 6	8553, 8552, 8551, 8550	
1978	FAIXA 1	15901, 15902, 15903, 15904	48 fotografias aéreas
	FAIXA 2	10154, 10153, 10152, 10151, 10150, 10149, 10148, 10147, 10146, 10145	
	FAIXA 3	10122, 10123, 10124, 10125, 10126, 10127, 10128, 10129, 10130, 10131	
	FAIXA 4	17962, 17963, 17964, 17965, 17966, 17967, 17968, 17969, 17970, 17971	
	FAIXA 5	17877, 17878, 17879, 17880, 17881, 17882, 17883, 17884, 17885	
	FAIXA 6	17811, 17812, 17813, 17814, 17815	
TOTAL DE FOTOGRAFIAS			85

NOTA: *Adotada nesta pesquisa

Essas fotografias aéreas foram digitalizadas com o auxílio de *scanner*, em formato TIF, resolução 600 dpi e registradas, ou seja, georreferenciadas no sistema de coordenadas Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) *South America Satum* (SAD) 69, Zona 22 Sul, utilizando os pontos de referência da cartografia-base do IBGE com o auxílio do software Microstation Descartes.

Para registrar as fotografias aéreas digitalizadas, foram georreferenciadas as aerofotografias, utiliza-se como referência uma base que esteja registrada. Assim, foram utilizadas as cartas do IBGE (1:50.000) registradas, citadas no item I.4.1, como georreferência em coordenadas UTM SAD-69.

As aerofotografias digitalizadas com resolução em 600 dpi, foram registradas utilizando-se o software MicroStation SE e MicroStation Descartes® (Microsoft Corporation) da seguinte forma:

- a) Tendo como base as cartas do IBGE escala 1:50.000, previamente registradas e em formato digital, as mesmas foram tomadas como 'referência' no software citado;
- b) Utilizando-se a ferramenta 'Descartes Manager', as fotografias aéreas foram 'abertas' o mais próximo possível de sua real localização geográfica;

- c) Após salvar as fotografias dentro do 'Descartes Manager', na ferramenta register, escolheu-se a opção de função de "6 pontos" para realizar o ajuste das fotografias à referência;
- d) Procedeu-se à escolha de vários pontos coincidentes entre a fotografia aérea e a referência, reconhecendo-os como de iguais localizações geográficas, primeiro escolhia-se o ponto correto da carta de referência e após, o ponto a ser registrado e reconhecido como pertencente à mesma coordenada. Estes pontos escolhidos, na maioria das vezes em número superior a 10 e inferior a 20, foram identificados como cruzamentos em estradas, foz de rio, curvas de rios, curvas de estradas, escolhidos desde que pudessem ser bastante identificados nas cartas-referência e na aerofotografia;
- e) Identificados os pontos coincidentes, procedeu-se com o salvamento destes pontos e a aplicação do ajuste da função à aerofotografia;

Através deste processo, o software busca fazer rotações e ajustes na aerofotografia, fazendo coincidir aqueles pontos que foram identificados como de igual localização entre a aerofotografia e a referência, através de um modelo matemático que utiliza 6 pontos ou mais, para ajustar um polinômio de 2º grau para mover, rotacionar, escalizar e curvar.

Como resultado tem-se uma imagem com as devidas distorções na qual todos os pontos se tornam referenciados geograficamente. Desse modo, torna-se possível formar o mosaico das fotografias ou imagens de satélite, representando a realidade de cobertura do solo de um determinado momento de uma bacia ou região estudada.

Após o processo de georreferenciamento, formava-se o mosaico de uso e cobertura do solo com as fotografias daquele ano. Este mosaico foi exportado para o software Spring (INPE) no qual eram formados os polígonos que contornavam cada tipologia de uso do solo, observados e visualizados no estereoscópio e na fotografia aérea que originou a imagem. Cada polígono gerado era classificado de acordo com o observado na fotografia. Para melhor certeza da tipologia que se referia à imagem, foram utilizadas as lente de maior aumento do estereoscópio (8x) durante todo o processo de fotointerpretação.

O processo de fotointerpretação das cerca de 85 fotografias aéreas, utilizando a metodologia descrita anteriormente, foi bastante moroso, durando em torno de seis meses de trabalho diário.

Todo o processo de fotointerpretação foi realizado no Departamento de Engenharia Florestal da FURB – Universidade Regional de Blumenau, através do apoio dos membros daquele Departamento, em especial às pessoas do então chefe do mesmo Prof. Dr. Marcelo Diniz Vitorino e do atual chefe Prof. M.Sc. Moacir Marcolin, e do Prof. M.Sc. Júlio César Refosco que colocou o seu laboratório e todo o seu conhecimento em Sensoriamento Remoto à disposição.

4.3 AS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO

As tipologias de uso do solo foram determinadas de acordo com os objetivos do trabalho e com as possibilidades de observação nas aerofotografias.

Foram identificadas as seguintes tipologias:

- Floresta Explorada (floexplorada) – refere-se à floresta original da região (Floresta Ombrófila Densa Atlântica), em estágio médio a avançado de desenvolvimento, porém com dossel raleado, denunciando haver sido explorada;
- Floresta Inicial (flona(i)) – representa a floresta original da região (Floresta Ombrófila Densa), em estádios iniciais de desenvolvimento, até 5m de altura, até o estágio de capoeirinha;
- Floresta Média a Avançada (flona(ma)) – é aquela cobertura florestal arbórea (Floresta Ombrófila Densa) apresentada em estágio médio a avançado de desenvolvimento, capoeira, capoeirão e floresta secundárias tardias e iniciais;
- Pastagem, Agricultura e Solo Exposto (past + agri + solo expo) – entendeu-se que, as tipologias pastagem, qualquer forma de agricultura e solo exposto, representavam uma única tipologia, devido a dificuldade de distinguir estas formas de uso do solo nas aerofotografias utilizadas no estudo;
- Reflorestamento (reflorestamento) – refere-se àquela vegetação que apresenta-se na fotografia aérea de forma homogênea, com textura das

copas mais fina. Em alguns casos, é possível identificar as linhas de plantio do reflorestamento.

- Áreas Urbanas e Estradas (urbanas + estradas) – baseado na idéia que, estradas são frutos de urbanização e, que áreas urbanas e estradas apresentam características hidrológicas semelhantes, ou seja, devido ao tráfego ocorrerá praticamente total impermeabilização da sua superfície, dificultando e até mesmo impedindo a infiltração da água precipitada, característica idêntica às áreas urbanas. Vale a pena salientar que, foram mapeadas e inclusas nesta tipologia, apenas as estradas principais da bacia. As demais estradas, as secundárias, foram inclusas na tipologia 'pastagem + agricultura + solo exposto'.

4.4 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS DA BACIA DO RIO LUIS ALVES

Os parâmetros calculados foram baseados em CHRISTOFOLLETI (1980), BELTRAME (1994) e VILLELA & MATOS (1975).

4.4.1 Densidade de Drenagem (Dd)

Este índice é expresso por: $Dd = \frac{Lt}{A}$, onde Dd – é a densidade de drenagem expresso em km/km²; Lt – é o comprimento total dos canais da bacia hidrográfica (km); A – é a área da bacia hidrográfica (km²).

4.4.2 Coeficiente de Compacidade (Kc)

É a relação entre o perímetro da bacia (P), e a circunferência de área (A) igual à área da bacia. A tendência à sofrer enchentes será tanto maior quanto mais próximo de 1,0 for o Kc

É expresso por: $Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$

4.4.3 Fator de Forma (Kf)

É a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica. Uma bacia que apresentar baixo Kf é menos sujeita a enchentes do que outra bacia com maior Kf, devido menor possibilidade de ocorrerem chuvas intensas em todos os pontos de uma bacia comprida e estreita, e também porque numa bacia com tais

características a possibilidade da concentração do deflúvio atingir num mesmo ponto é afastada.

É expresso por: $K_f = A/L^2$, onde A = área da bacia e L = comprimento da bacia

4.4.4 Densidade Hidrográfica (Dh)

É a relação existente entre o número de rios (N) ou segmentos de cursos de água e a área da bacia (A), sendo expresso pela fórmula: $Dh = \frac{N}{A}$.

4.4.5 Declividade Média (Dm)

A declividade média foi obtida a partir dos dados gerados pelo mapa de declividades, sendo utilizada a porcentagem da área total que cada classe de declividade ocupa na bacia e plotados graficamente.

4.4.6 Extensão do Percurso Superficial (Eps)

Representa a distância média percorrida pelo escoamento superficial antes de encontrar um canal permanente, sendo expresso pela fórmula: $Eps = \frac{1}{2Dd}$, onde Dd é a densidade de drenagem.

4.4.7 Sinuosidade do Curso de Água (Sin)

É a relação entre o comprimento do rio principal (L_p) e o comprimento do talvegue (L_{tal}). Talvegue é a linha reta de percurso do rio principal.

É expresso pela seguinte fórmula: $Sin = \frac{L_p}{L_{tal}}$. Este índice é um controlador da velocidade de escoamento.

4.4.8 Ordem do Curso de Água

De acordo com a metodologia proposta Strahler em 1952 apud CHRISTOFOLETTI (1980), os menores canais sem tributários são os de primeira ordem, da confluência de dois canais de primeira ordem, surgem os de segunda ordem, e assim por diante.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA BACIA DO LUIS ALVES

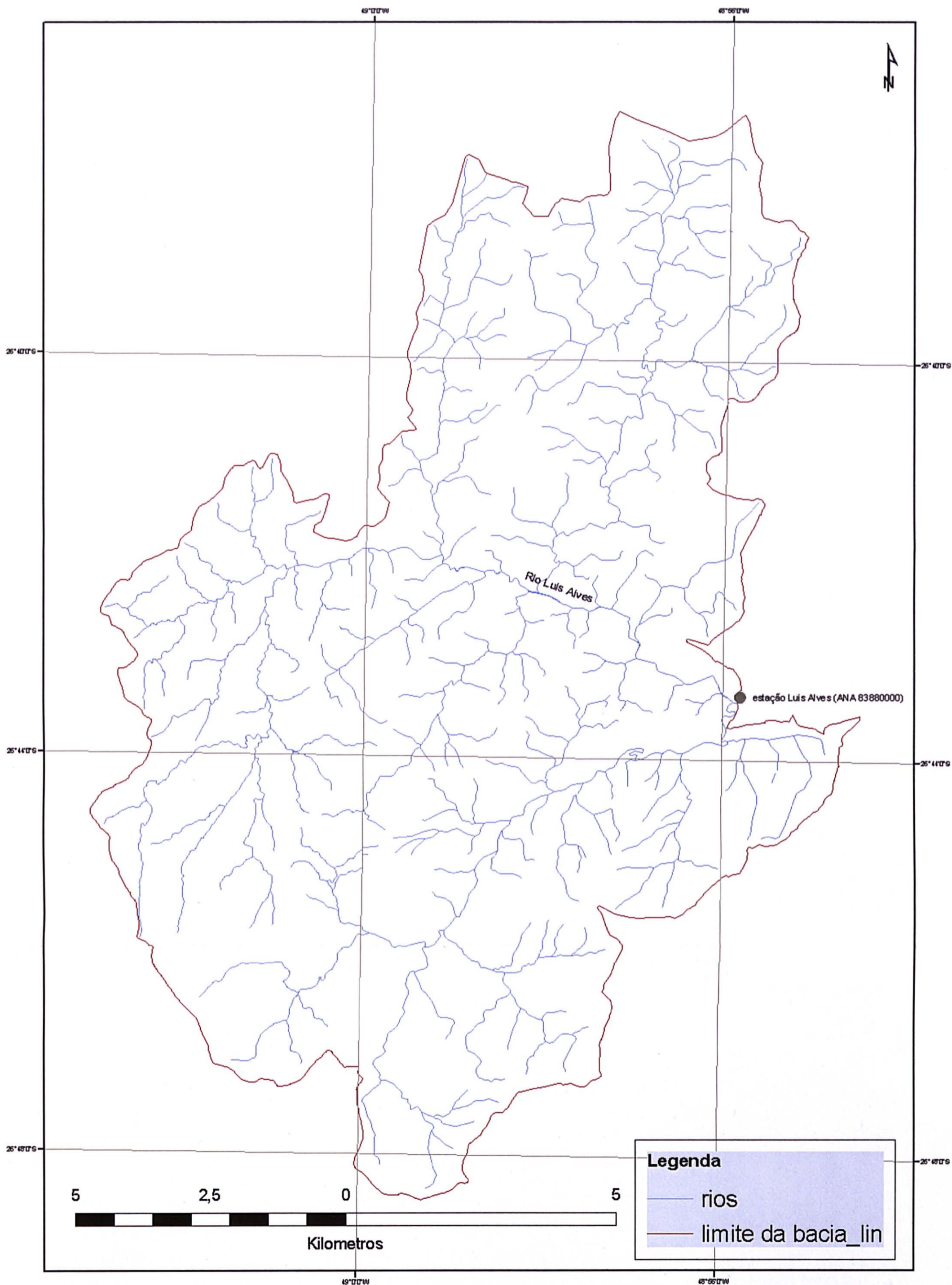
Para os cálculos dos aspectos físicos da bacia hidrográfica, são necessários outros valores tomados a partir do mapeamento da bacia hidrográfica e dos temas divisores de água, hidrografia, curvas de nível. Desses temas e com auxílio do software Arc View, obteve-se os resultados auxiliares abaixo relacionados:

- Área da Bacia (A) – 158,86 km²;
- Comprimento da bacia (L) – 12,1444 km (método da maior distância da foz ao ponto do perímetro mais distante);
- Perímetro da bacia (P) – 75,5424 km;
- Comprimento total dos rios (Lt) – 330,5370 km;
- Comprimento do rio principal (Lp) – 20,79 km;
- Talvegue (Ltal) – 11,86 km, é a linha reta de percurso do rio principal;
- Relevo total (H) é a diferença entre a cota máxima e a mínima – 740 m.
- Comprimento da bacia paralelamente à linha de drenagem (Ld) – 17.138,58m

5.1.1 Densidade de Drenagem (Dd)

Aplicando-se a fórmula : $Dd = \frac{L_t}{A}$, obtém-se o valor da densidade de drenagem 2,08km/km². Pode-se dizer que a bacia hidrográfica do rio Luis Alves tem alta densidade de drenagem. A Figura 5 mostra a rede de drenagem da área de estudo.

Figura 5. Rede Hidrográfica do Rio Luis Alves



A Tabela 4 apresenta a classificação da densidade de drenagem, obtidos através de dados apresentados em VILLELA & MATTOS (1975), GAPLAN (1986) e BELTRAME (1994).

TABELA 4. CLASSIFICAÇÃO DA DENSIDADE DE DRENAGEM

DENSIDADE DE DRENAGEM (km/km ²)	CLASSIFICAÇÃO
menor que 0,50	Baixa
de 0,50 a 2,00	Mediana
de 2,01 a 3,50	Alta
maior que 3,50	muito alta

FONTE: BELTRAME (1994)

O valor representa de fato a realidade encontrada naquela região. Ao ser percorrida, são observados vários pequenos cursos de água, presentes numa região bastante úmida e de relevo bastante encaixado. Os processos erosivos são facilitados num ambiente que apresenta estas características.

A diferença entre as cotas de altitude é 740m, levando-se em consideração que a umidade relativa da região é 85%, e o excedente hídrico é constante em todos os meses do ano, pode-se afirmar que a esculturação da paisagem através da erosão é altamente dinâmica. E, alterações antrópicas drásticas, como uso inadequado do solo podem acelerar os processos erosivos e provocar perdas em qualidade das terras, qualidade da água, entre outros fatores decorrentes disso.

5.1.2 Coeficiente de Compacidade (Kc), Fator de Forma (Kf).

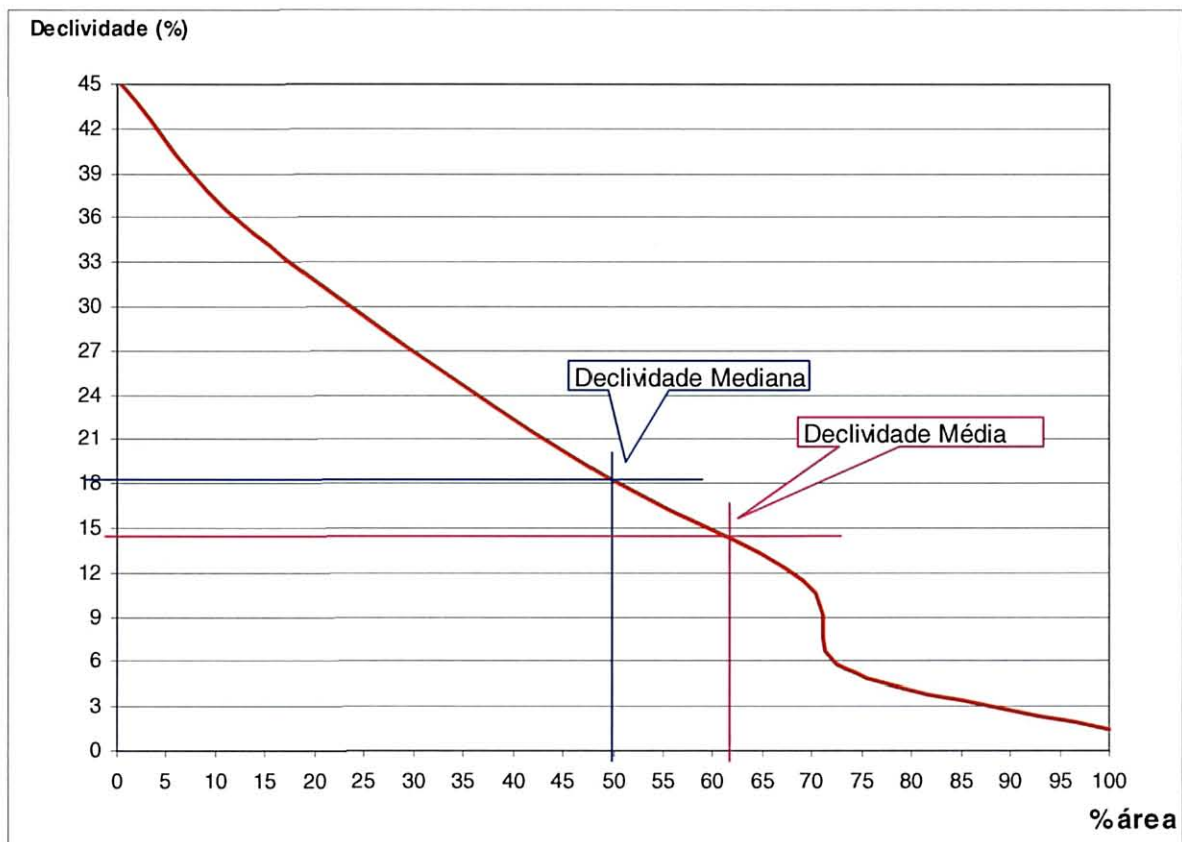
O valor obtido através da fórmula $Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$, foi 1,67, ou seja, esta é uma bacia irregular.

Com a aplicação da fórmula $Kf = A/L^2$, foi obtido o valor 1,07, temos por tanto que esta é uma bacia pouco sujeita a enchentes.

Estes valores indicam que a bacia é bastante irregular geomorfologicamente, pois o rio principal muda a direção de seu curso diversas vezes. Pode ser característica de área com relevo bastante movimentado.

5.1.3 Declividade Média (DM)

GRÁFICO 1. DECLIVIDADE MÉDIA DO RIO LUIS ALVES (ÁREA DA ESTAÇÃO ANA 83880000)



O valor obtido da declividade média é 14,58° ou 32,4%, segundo proposto por BELTRAME (1994), representa relevo forte ondulado. A declividade controla boa parte da velocidade de escoamento, afetando o tempo de concentração da chuva nos leitos dos rios. Do tempo de concentração depende a magnitude dos picos de enchentes e oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão. De acordo com isto, pode-se dizer que a área de estudo apresenta tendência de sofrer erosão.

5.1.4 Densidade Hidrográfica (Dh), Extensão do Percurso Superficial (Eps), Sinuosidade do Curso de Água (Sin), Ordem dos Cursos de Água

A densidade hidrográfica calculado pela fórmula $Dh = \frac{N}{A}$. Obteve-se o valor 2,80 rios ou canais/km².

A Extensão do Percurso Superficial calculada foi o seguinte: $Eps = \frac{1}{2Dd} =$

24,03m de extensão de percurso superficial

Expresso pela fórmula $Sin = \frac{Lp}{Ltal}$, obteve-se o valor igual a 1,75

Segundo a metodologia proposta por Strahler em 1952, citado em CHRISTOFOLETTI (1980), a ordem da bacia é 5.

A densidade de drenagem ($Dd = 2,08 \text{ km/km}^2$) revela uma bacia bem drenadas onde ocorre resposta rápida aos eventos chuvosos, e uma alta elevação do nível dos rios, da concentração dos escoamentos ocorrem as enchentes. Da mesma forma é a interpretação da densidade hidrográfica ($Dh = 2,80$ rios ou canais/ km^2) alta e a ordem da bacia (= 5), representam que a mesma seja bem drenada. Corroborando com esses valores, está a extensão do percurso superficial ($Eps = 24,03\text{m}$), ou seja, a água precipitada percorre um curto trajeto até atingir um curso de água permanente.

Porém, a sinuosidade do rio principal ($Sin = 1,75$) é alta, caracterizando um rio meândrico, de acordo com a classificação apresentada por CHRISTOFOLETTI (1980). Segundo esta classificação, canais que apresentam índice de sinuosidade superior ou igual a 1,5, são considerados meândricos. A sinuosidade alta revela que, nesta bacia, apesar de haver alta drenagem nas vertentes, a água precipitada é mantida no interior da bacia, através dos meandros, sendo dispersada a onda de cheia. Corroborando portanto com o fator de forma da bacia.

5.1.5 O Rio Principal

O rio principal da bacia do rio Luis Alves, sendo considerado até a estação 8388000 da ANA (Figura 5), tem 20.797,42m.

As classes de declividade adotadas neste trabalho, assim como as distâncias e a porcentagem dentro de cada classe e as cotas de altitude são apresentadas na Tabela 5.

De acordo com a Tabela 5 e, como mostra o Gráfico 1, na evolução do relevo ao longo do rio principal, em aproximadamente 50% do seu curso, o rio principal está entre as cotas 170m e 130m.

TABELA 5. O PERCURSO DO RIO PRINCIPAL DISTRIBUÍDO NAS COTAS ALTIMÉTRICAS E NAS CLASSES DE DECLIVIDADE

ALTITUDE (M)	DISTÂNCIA (m)	%
410	51,70	0,25
390	43,04	0,21
370	52,68	0,25
350	85,74	0,41
330	107,29	0,52
310	94,20	0,45
290	304,33	1,46
270	432,78	2,08
250	1143,86	5,50
230	1122,94	5,40
210	176,22	0,85
190	433,54	2,08
170	1134,19	5,45
150	5636,61	27,10
130	4499,69	21,64
110	3508,22	16,87
90	1114,82	5,36
70	855,57	4,11
TOTAL	20.797,42	100
DECLIVIDADE (°)	DISTÂNCIA (m)	%
Classe 1: 0 – 3	17.934,20	86,23
Classe 2: 3 – 8	1.373,06	6,60
Classe 3: 8 – 15	641,01	3,08
Classe 4: 15 – 25	709,22	3,41
Classe 5: 25 – 45	83,36	0,40
Classe 6: > 45	56,57	0,27
TOTAL	20.797,42	100

Quanto à declividade, como observado no Gráfico 2, 86% do percurso do rio principal pertence à classe 1 de declividade, ou seja, 0° – 3°. De acordo com estas características, pode-se dizer que entre as cotas 170m e 130m, a declividade torna-se mais suave, reduzindo a energia do deflúvio. Corroborando com a baixa declividade na maior parte do percurso do rio principal, está a alta sinuosidade do mesmo, caracterizando-o como rio meândrico. Apesar das contradições existentes sobre a sinuosidade, CHRISTOFOLETTI (1980) afirma que de todos os tipos de canais possíveis, o meandro é o mais provável pois reduz a declividade, o cizalhamento e a fricção.

GRÁFICO 2. EVOLUÇÃO DO CURSO DO RIO PRINCIPAL NA COTAS ALTIMÉTRICAS

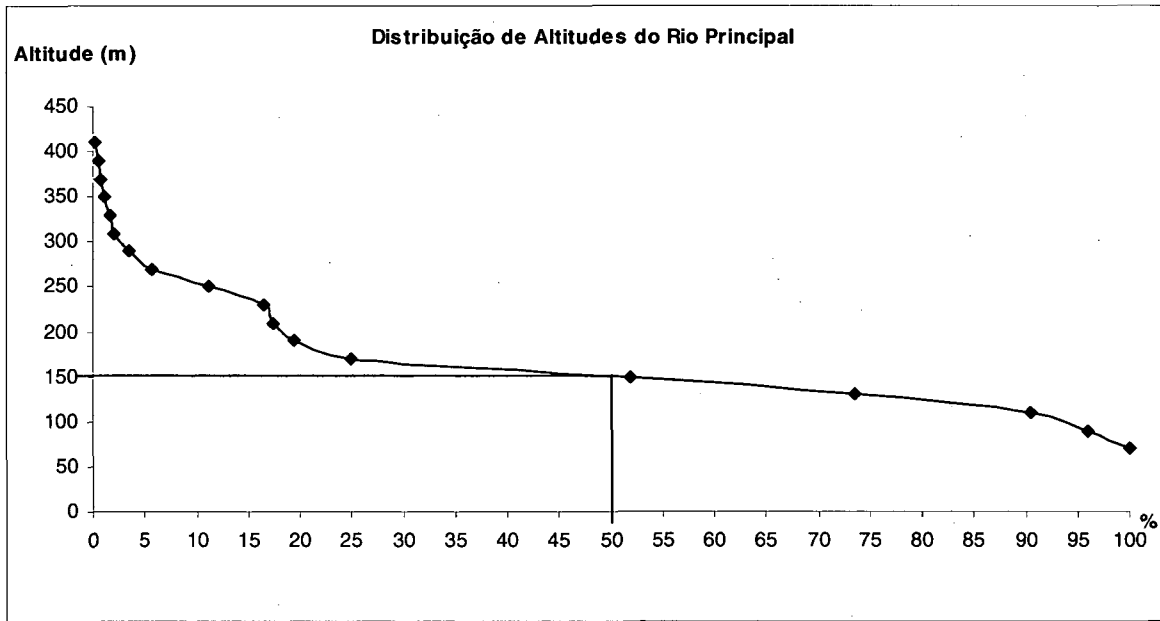
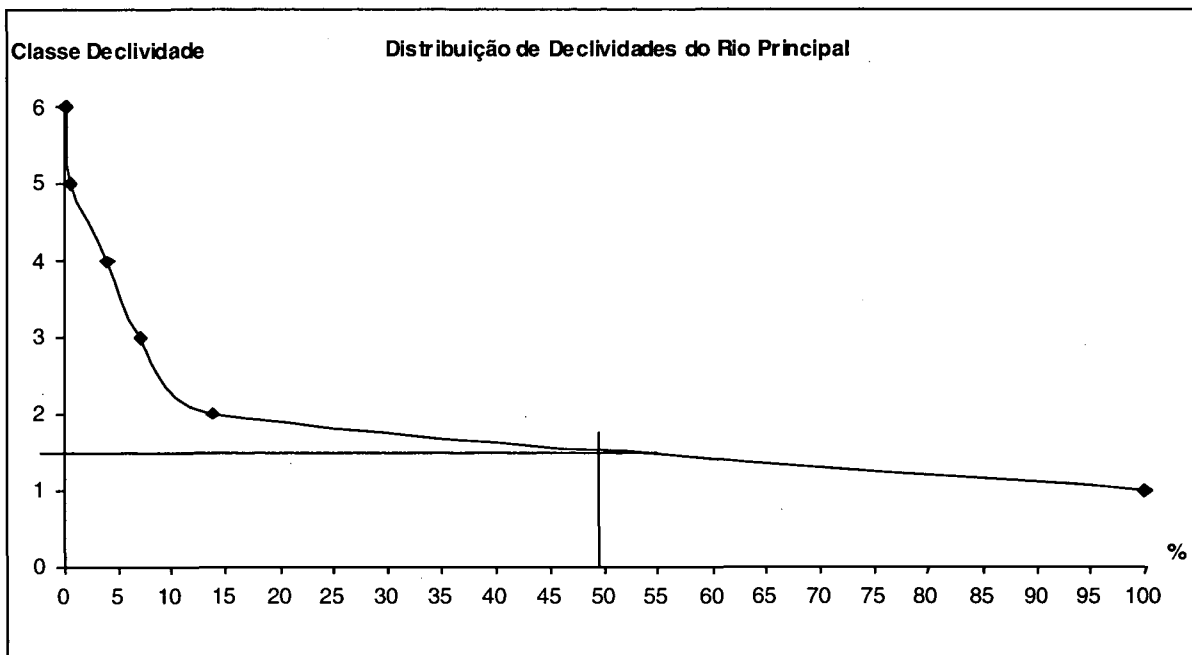


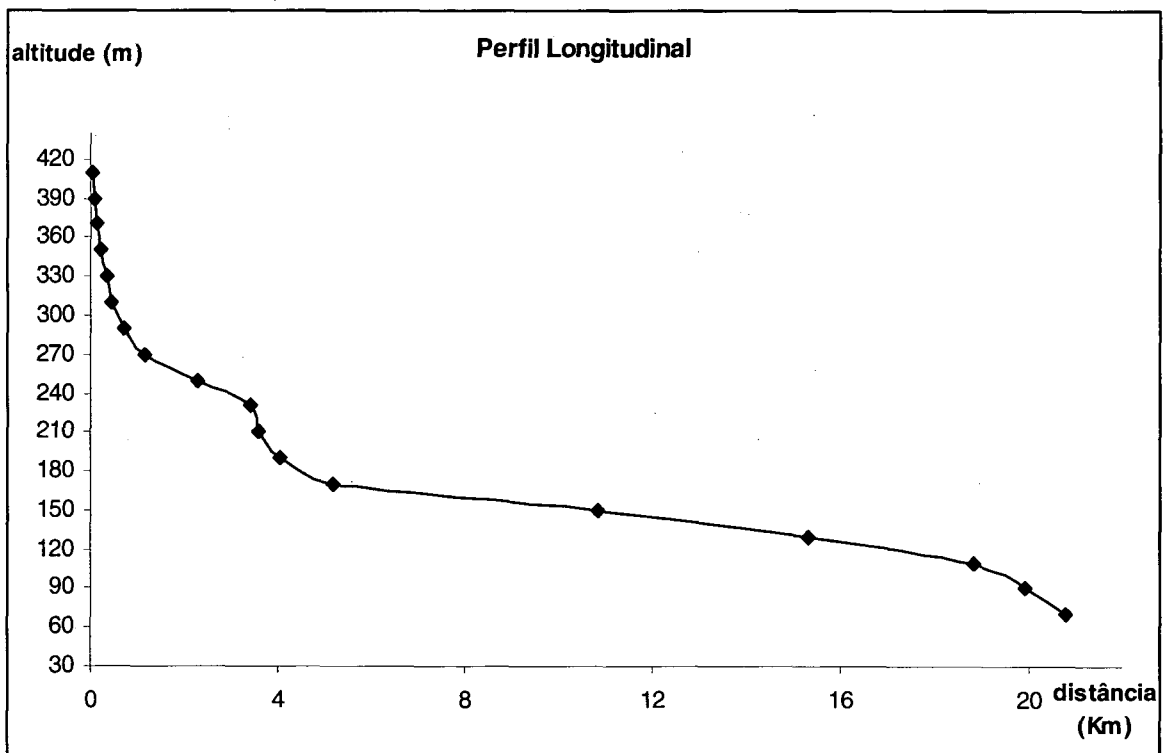
GRÁFICO 3. EVOLUÇÃO DO CURSO DO RIO PRINCIPAL NAS CLASSES DE DECLIVIDADES



Segundo CHRISTOFOLETTI (1980) quando predominam nos canais os materiais mais finos que permanecem mais tempo em suspensão, os canais são

mais estreitos e profundos, apresentando altos índices de sinuosidade em longos trechos de baixa declividade. Este tipo de canal é observado em quase todas planícies de inundação, em qualquer ponto do percurso do canal, não necessariamente presente apenas próximos às fozes dos rios, podendo haver, quebras de relevo em qualquer ponto à montante daquela planície inundável. Ver Gráfico 3.

GRÁFICO 4. PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PRINCIPAL



Conforme observado no perfil longitudinal, o canal nasce em relevo acidentado, percorrendo 250m de altitude em apenas 5,18km, o que representa declividade de aproximadamente $2,65^\circ$, e em seguida o relevo mantém-se num longo trecho com aproximadamente 1° de declividade, aumentando levemente em seguida. Ressalta-se que, o trecho final da representação gráfica e, conseqüentemente deste estudo, não representam a foz daquele rio, uma vez que estudou-se apenas o trecho compreendido na área de influência da estação fluviométrica 83880000. Após este pequeno aumento da declividade, o Rio Luis Alves percorre longa planície de inundação, repetindo a situação do seu trecho intermediário.

Segundo Ab'SABER (2000), para vencerem as baixas declividades de seu perfil longitudinal, os rios são forçados a meandrar.

5.2 O USO DO SOLO DA BACIA DO LUIS ALVES NO ANO DE 1956

Devido aos mapas apresentarem as tipologias de acordo com os usos e formas que coberturas pertencentes a ela, os gráficos também serão apresentados da mesma maneira.

Foram analisadas as fotografias aéreas descritas na metodologia deste capítulo, resultando no resumo apresentado na Tabela 6 e a Figura 6.

TABELA 6. O USO DO SOLO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES NO ANO DE 1956

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	ÁREA (km ²)	ÁREA (ha)	%
	Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparso	14,5420	1454,20	9,15
Tipo I	Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	12,9140	1291,40	8,13
Tipo II	Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	51,5680	5156,80	32,46
Tipo III	Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	78,8840	7888,40	49,65
Tipo IV	Reflorestamento	0,1600	16,00	0,10
Tipo V	Áreas urbanas e Estradas	0,3710	37,10	0,23
Tipo VI	rios	0,4280	42,80	0,27
	TOTAL	158,8670	15886,70	100

Os dados da tabela mostram que, em 1956, quase a metade da área de estudo, 49,65% dela, era coberta por pastagens ou agricultura ou apresentava solo descoberto. Nesta tipologia, conforme descrito na metodologia, foram incluídas as formas de uso e ocupação do solo que apresentassem a menor cobertura do solo e a menor impermeabilização do mesmo. Com o uso constante das lentes de 8x de aumento, foi possível verificar a textura da fotografia e decidir a inclusão de áreas que apresentavam certa vegetação de baixo porte entre agricultura e floresta inicial.

Também foi constatado que apenas 32,46% (51,5680 km²), permaneciam com cobertura florestal média a avançada, e dessa forma, mantinham certa capacidade de infiltração da bacia.

A cobertura vegetal original dessa região é composta por Floresta Ombrófila Densa Sub-montana exuberante, então considerando que apenas 32,46% da área mantinham-se cobertas por florestas mais desenvolvidas, ocorreu drástico desmatamento nessa região até esta década.

Esse dado corresponde com o histórico de ocupação da bacia do Itajaí. Analisando-se a época da chegada dos primeiros colonizadores, em 1870, e levar-se em consideração o tempo necessário para a instalação das colônias e a chegada de outros moradores e também, se for levado em conta que a primeira atividade econômica desenvolvida pelas famílias que lá chegavam foi a exploração florestal para fins madeiráveis diretos, conclui-se que a taxa de desmatamento e conseqüentemente, formação de áreas de agricultura e pastagem foram conseqüentes à colonização.

Segundo GUIMARÃES (2000), manter áreas florestadas em bacias hidrográficas, pode ser considerado uma medida não-estrutural de combate à enchentes, pois aumenta a capacidade de infiltração da bacia e diminui o escoamento superficial, diminuindo assim o aporte de sedimentos aos leitos dos rios, o assoreamento dos canais e melhorando a qualidade da água.

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990)⁸ apud SILVA (2001), estradas não pavimentadas são as maiores fonte de sedimentos em muitas regiões, sendo a causa do início de algumas voçorocas e outras modalidades de erosão.

5.3 O USO DO SOLO DA BACIA DO LUIS ALVES NO ANO DE 1978

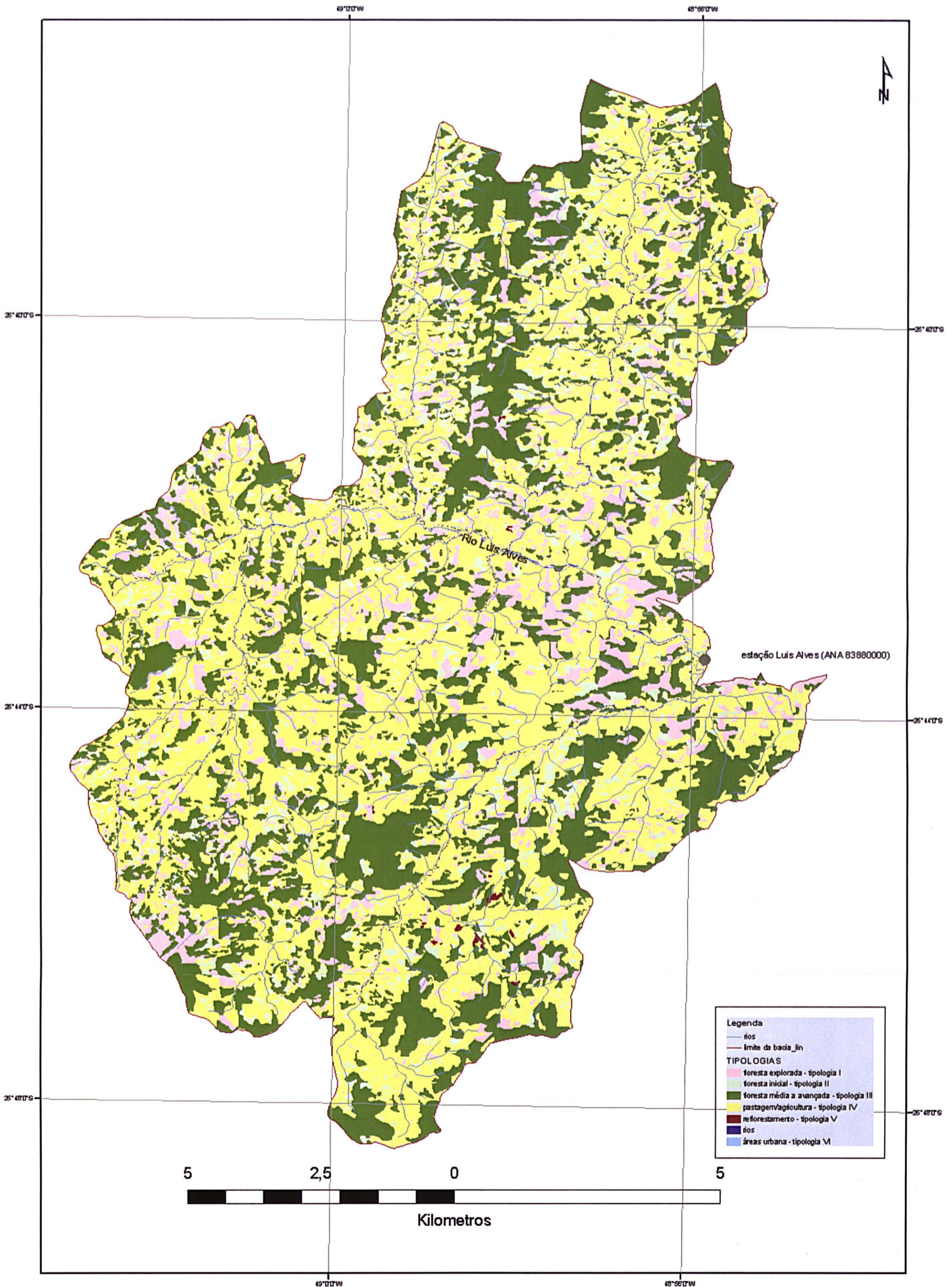
Na Tabela 7 são apresentadas às áreas de ocupação de cada tipologia de uso do solo da área de estudo (Figura 7).

TABELA 7. O USO DO SOLO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES NO ANO DE 1978

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	ÁREA (km ²)	ÁREA (ha)	%
	Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparsos	8,4014	840,14	5,29
Tipo I	Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	11,9586	1195,86	7,53
Tipo II	Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	67,1934	6719,34	42,30
Tipo III	Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	69,3995	6939,95	43,68
Tipo IV	Reflorestamento	0,0450	4,50	0,03
Tipo V	Áreas urbanas e Estradas	1,4411	144,11	0,91
Tipo VI	rios	0,4280	42,80	0,27
	TOTAL	158,8670	15886,70	100

⁸ BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone Editora. 1990. p. (sic)

Figura 6. Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Luis Alves em 1956



Através destes dados é possível verificar que as categorias de uso 'floresta média a avançada' e 'pastagem, agricultura e solo exposto, praticamente empatam em porcentagem, 42,30% (6719,34ha) e 43,68% (6939,95 ha), respectivamente. Dessa forma, 85,98% da área de estudo apresenta-se ocupada por estas duas categorias.

Ocorre também diminuição das áreas de florestas iniciais, de 8,13% (1291,40 ha) em 1956 para 7,53% (1195,86 ha), ou seja, diminuiu 94,54 ha.

No Gráfico 5 pode-se observar a porcentagem de área que cada forma de uso do solo ocupou nos anos de 1956 e 1978.

A análise da dinâmica de uso do solo, permite verificar como se deram os processos de apropriação e transformação da paisagem em foco.

Na Figura 7 é apresentado a mapa de uso do solo de 1978.

Figura 7. Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Luis Alves em 1978

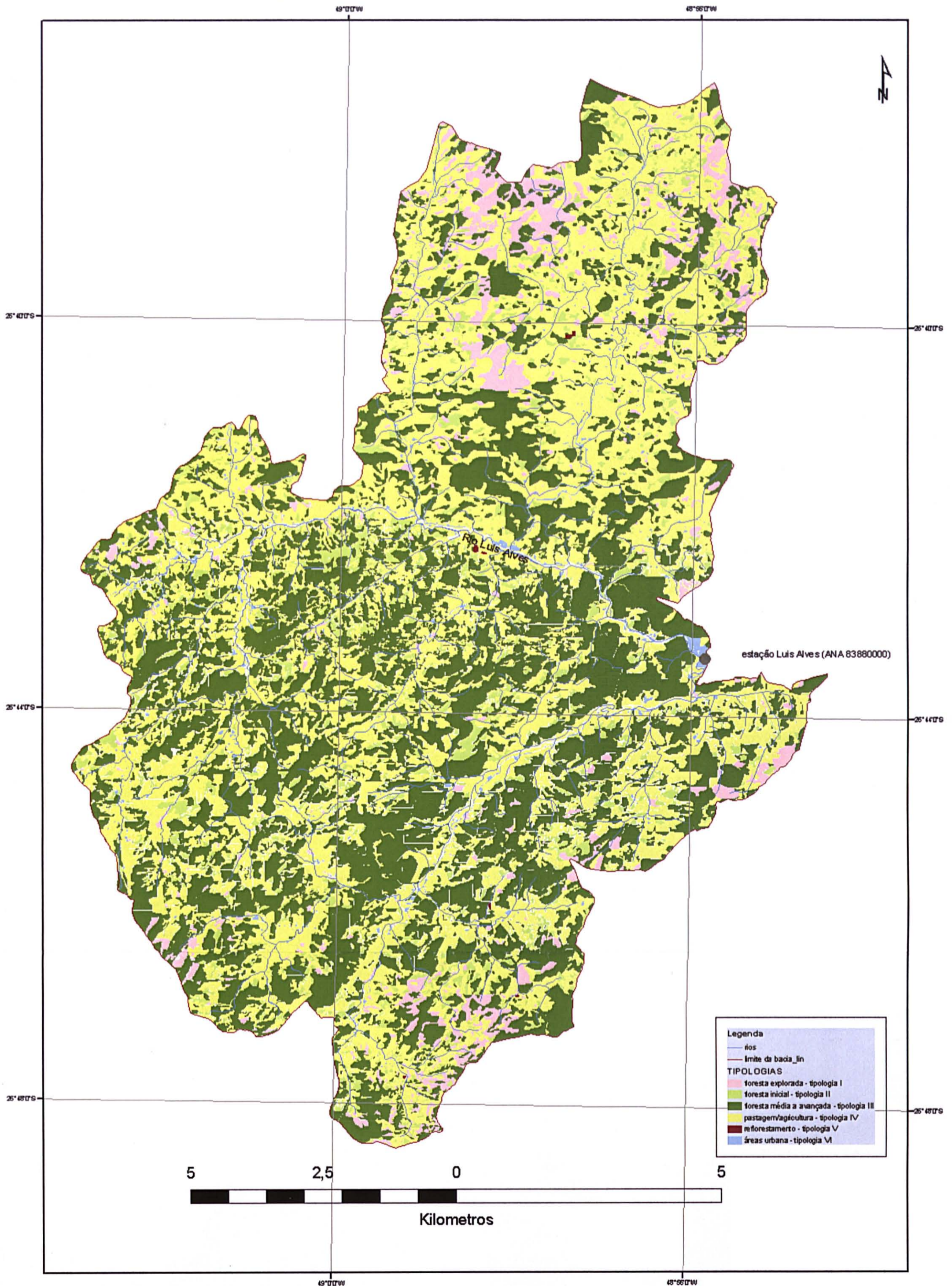
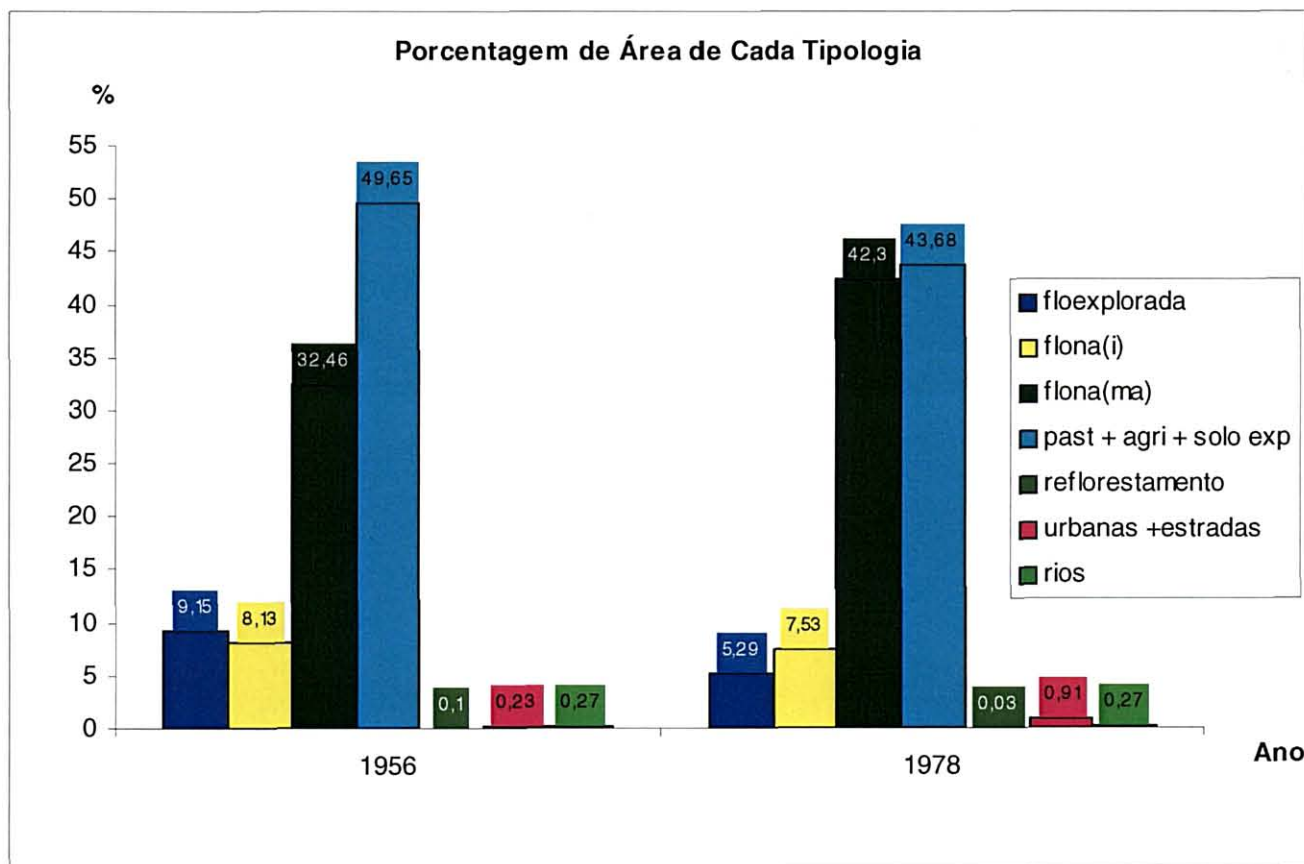


GRÁFICO 5. EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



A diminuição das pastagens + agricultura + solo exposto (de 49,65% para 43,68% da área) e o aumento de das florestas em cerca de 10% da área (de 32,46% para 42,3%), podem indicar que as zonas rurais da região foram abandonadas, permitindo a regeneração natural dessas áreas durante os 22 anos existentes entre 1956 e 1978. Talvez, estes valores revelem mudança na matriz econômica regional. Ou, quem sabe, mudança na consciência ambiental da população.

Porém, não podem ser esquecidos que houve melhoria nas condições ambientais regionais. Embora indiquem que mais da metade da área ainda mantinha usos não-naturais, alguns benefícios podem ser acrescidos à situação ambiental da área, como por exemplo o aumento da interceptação da água da chuva. TUCCI (2000) afirma que a interceptação da precipitação reduz a variação da vazão ao longo do ano, retardando e reduzindo o pico de cheias. Afirma também que chuvas de baixa intensidade podem ser totalmente retidas pelas copas das

árvores da floresta. Citando WIGHAM (1970)⁹ o autor afirma que para regiões úmidas e com florestas, a interceptação anual pode chegar a 250mm.

Em ambos os levantamentos (1956 e 1978) foi observado que a maior parte dos impactos observados na área de estudo localizam-se próximas aos cursos d'água, em locais onde deveriam haver florestas de proteção aos corpos d'água.

A dinâmica da paisagem nos anos de estudo mostram que apesar de haver uma tendência à recuperação ambiental, devido ao aumento das áreas florestadas, ocorreu maior fragmentação das áreas de florestas existentes em 1956. A evolução das florestas iniciais, tornando-se florestas médias a avançadas, ocorreu de forma pulverizada, aumentando a heterogeneidade do mosaico paisagístico.

Se fosse apenas pelo aumento da heterogeneidade paisagística através do aumento das florestas, poder-se-ia dizer que essa evolução foi positiva, porém, as áreas de florestas que existiam em 1956 formavam fragmentos maiores, melhores em estrutura sob o ponto de vista de suporte para a fauna e a flora, em relação a 1978. Observa-se na área de estudo, que as bordas das áreas florestadas foram tendendo ao centro dos fragmentos, diminuindo-os fortemente, e pequenas áreas abandonadas ou que em 1956 eram florestas iniciais isoladas, tornaram-se florestas mais desenvolvidas, sem um padrão previsível, e no total, aumentaram a área de florestas.

Segundo PEREZ-TREJO (1993) as paisagens são parte de sistemas naturais complexos. Estes sistemas são os produtos de processos evolucionários, que exibem a estrutura espacial que eles próprios geram (ao menos em parte), e possuem dinâmicas não-lineares que explicam a natureza imprevisível da resposta aos impactos humanos acumulados. Estes sistemas são produtos de processos evolucionários, e por causa disto, suas dinâmicas seguem trajetórias que estão longe do equilíbrio. Os componentes destes sistemas são portanto o produto de um longo processo de ajustamentos e coevolução mútuos, e são caracterizados por respostas não-lineares às mudanças ambientais, ou como resultado de intervenção humana. A interação entre os processos bióticos, abióticos e humanos é que criam e mantêm a estrutura e os fluxos na paisagem.

⁹ WIGHAM, J. M. 1970. **Interception**. In: GRAY, D. (ed.) Handbook of principles of hydrology. Huntington: Water Informaton Center. Paginação irregular. Section 4.

O impacto de práticas que causam a degradação dos solos pode ser seriamente agravado através de subsídios políticos que fornecem incentivos econômicos que fazem com que práticas mais agressivas de manejo do solo sejam muito mais atraentes (PEREZ-TREJO, 1993).

A má utilização do solo pode provocar diversos danos ambientais e ecológicos. Conforme mostram os gráficos, ocorre uma diminuição das áreas de pastagem e agricultura de 1956 para 1978, porém, ainda entorno de 43% da área está coberta por esta tipologia de uso do solo. VEIGA et al (1994) afirma que a formação de camadas compactadas no solo por pisoteio de animais ou por excessiva compactação através de maquinários agrícolas, impede a infiltração de água no solo, além de favorecer a erosão, devido ao encharcamento das camadas superiores àquela compactada. Esta camada superior tem diminuída a sua porosidade e dessa forma, é prejudicada a emergência de plântulas, e dessa forma a sucessão natural, rumo à recuperação ambiental. Também é mencionada a pulverização do solo devido ao excessivo revolvimento, esta prática desestrutura o solo compactando-o e, assim, diminui a infiltração e prejudica o desenvolvimento de raízes.

5.4 USO DO SOLO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES EM 2000

Foram utilizados dados referentes ao uso do solo de 2000, da área de estudo, obtidos através de interpretação de imagem de satélite LANDSAT-TM. Estes dados foram cedidos pelo Prof. Alexander C. Viebrans – FURB (Universidade Regional de Blumenau), e fazem parte das informações contidas em seu doutoramento, que será concluído no ano de 2003 e de um atlas geográfico atualizado da Bacia do Itajaí (IPA, no prelo). Os dados de 2000 foram cedidos na forma de arquivo digital em formato compatível com o software ARC View 8.1 e referindo-se a toda a bacia do rio Luis Alves (a área total da sétima sub-bacia do Itajaí). Os polígonos que formavam a imagem foram classificados com auxílio do software Envi de acordo com as verificações dos padrões de campo com o uso de GPS.

A imagem foi cruzada com o limite da área de estudo e gerada a tabelas das áreas das tipologias. O resumo gerado do mapeamento está demonstrado na Tabela 8. Estas tipologias foram agrupadas de acordo com a similaridade com as tipologias utilizadas na fotointerpretação, exceto por sombra e área não classificada. Devido ao cruzamento entre o limite da área de estudo e área total da bacia

apresentar pequena diferença de formato, em alguns pontos extremos as áreas não coincidiram totalmente. Dessa forma, ocorreu que essas áreas não coincidentes foram consideradas, automaticamente, áreas não classificadas. E, além disso, os polígonos existentes na linha do limite da área, continuaram com as áreas anteriores ao cruzamento, independente da alteração na forma do polígono correspondente.

Apesar desses pequenos problemas, foi possível verificar a tendência de evolução da paisagem no ano de 2000, agrupado dentro das tipologias da fotointerpretação por similaridade das tipologias, conforme mostra a Tabela 9.

TABELA 8. AS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO DE 2000, CONFORME CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM DE SATÉLITE.

CLASSE	TIPOLOGIA	ÁREA (km²)	ÁREA (há)
0	Não classificada	16,5013	1650,13
1	Estádio inicial	0,6548	65,48
2	Estádio médio	3,5575	355,75
3	Floresta	112,8100	11281,00
4	Corpos d'água	0,1035	10,35
5	Arrozeirais	0,4044	40,44
6	Cidade	1,5972	159,72
7	Eucalipto	2,9545	295,45
8	Pastagem + lavoura	18,4643	1846,43
9	Pinus	1,8046	180,46
TOTAL		158,8521	15885,21

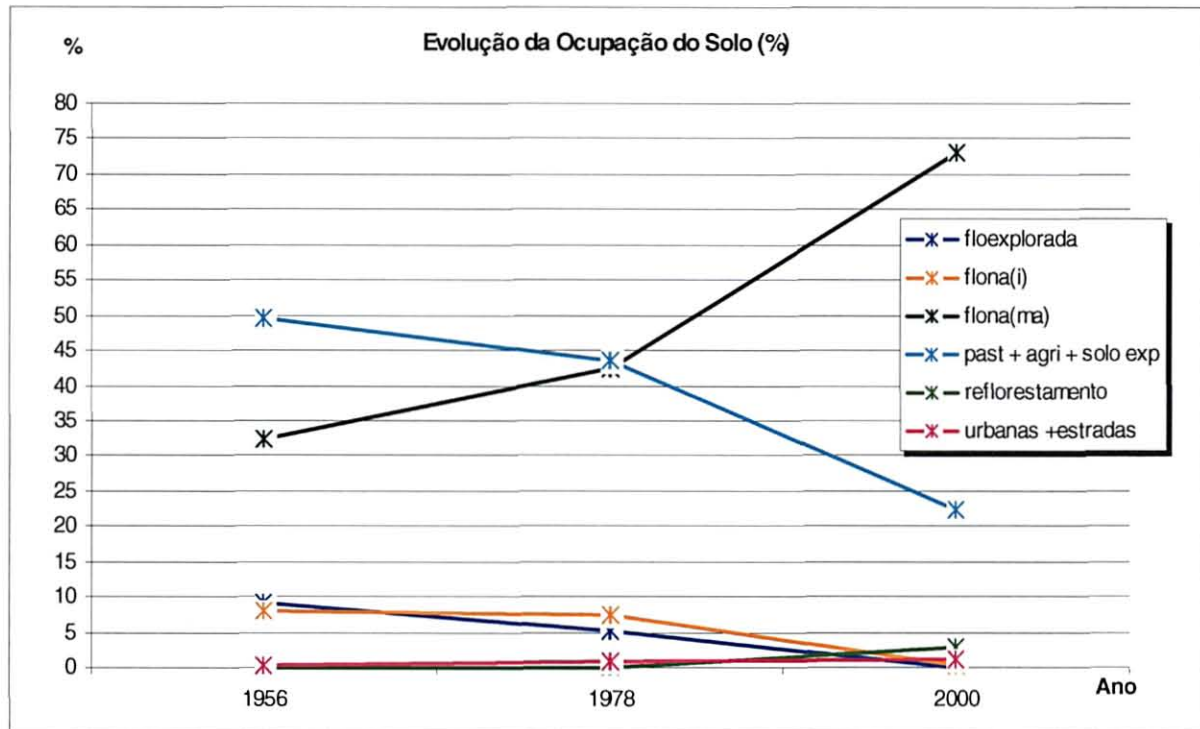
FONTE: dados cedidos por VIEBRANS, 2003 – arquivo digital

TABELA 9. DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DO SOLO ENTRE 1956 E 2000

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	ÁREA (ha e %)					
		1956		1978		2000	
		ha	%	ha	%	ha	%
Tipo I	Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparso	1454,20	9,15	840,14	5,29	0	0
Tipo II	Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	1291,40	8,13	1195,86	7,53	65,48	0,41
Tipo III	Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	5156,80	32,46	6719,34	42,30	11636,75	72,23
Tipo IV	Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	7888,40	49,65	6939,95	43,68	3537,00	21,27
Tipo V	Reflorestamento	16,00	0,10	4,50	0,03	475,91	6,00
Tipo VI	Áreas urbanas e Estradas rios	37,10	0,23	144,11	0,91	159,72	1,00
		42,80	0,27	42,80	0,27	10,35	0,07
TOTAL		15886,70	100	15886,70	100	15885,21	100

No Gráfico 6 é apresentada a evolução do uso do solo dos anos de 1956, 1978 e 2000.

GRÁFICO 6. EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO, NOS ANOS DE 1956, 1978 E 2000.



A sutil evolução da paisagem que era percebida entre os anos de 1956 e 1978, resultando em empate nas áreas de pastagem e similares e floresta média a avançada em 1978, em 2000 torna-se explícita. As áreas com cobertura arbórea em estádios mais desenvolvidos de regeneração passaram de, em torno de 33% da área total em 1956 para 72,23% da área da bacia em 2000, ou seja, houve mais de 100% de aumento (ou 2x) da área dessa tipologia. Ocorreu um aumento real de 64,7995km² da área de dessa tipologia no período de 1956 a 2000. No último período de 1978 a 2000 ocorreu o maior aumento 49,1741km².

A tipologia considerada florestal representa na verdade um componente paisagístico de cobertura arbórea, que embora tenha aumentado nos anos estudados, não se pode dizer que houve evolução florestal na área exceto através de estudos florísticos e fitossociológicos. De fato, as formas florestais existentes em 1956 apresentavam-se em menor ocupação na área de estudo do que em 2000, porém, aqueles remanescentes existentes estavam visivelmente, as vistas das aerofotografias, tinham aspecto de florestas primárias que com a exploração tornaram-se florestas exploradas ou áreas de pastagem e agricultura. Uma vez abandonadas, estas áreas iniciam processo sucessional natural, apresentando

formas de cobertura arbórea em maior presença na área, porém talvez, não tão rica em diversidade e nível de desenvolvimento quanto às florestas primárias de outrora.

Vale ressaltar que, para fins hidrológicos, a recomposição de dosséis arbóreos representa uma evolução na capacidade de absorção da água precipitada, especialmente se essa evolução se dá em áreas de proteção e recarga da bacia, como as áreas de preservação permanente.

A diferença da área de pastagem foi ainda maior. Essa tipologia diminuiu de cerca de 50% de cobertura da área em 1956, para cerca de 22% em 2000, seguindo a tendência natural observada em 1978. Entre 1956 e 1978 a regressão foi de 9,4845km² da ocupação de pastagens, agricultura e solo exposto. Entre 1978 e 2000 a diminuição foi de 34,0295km².

Deve ser mencionada também a evolução na tipologia reflorestamento. Na primeira, houve aumento de 0,10% da área da bacia (16ha) em 1956, para 3,00% (475,91ha) em 2000, forte aumento. Ou seja, entre 1956 e 1978 os reflorestamentos diminuíram 0,1149km², e, entre 1978 e 2000 ao contrário, ocorreu aumento de 4,7140km².

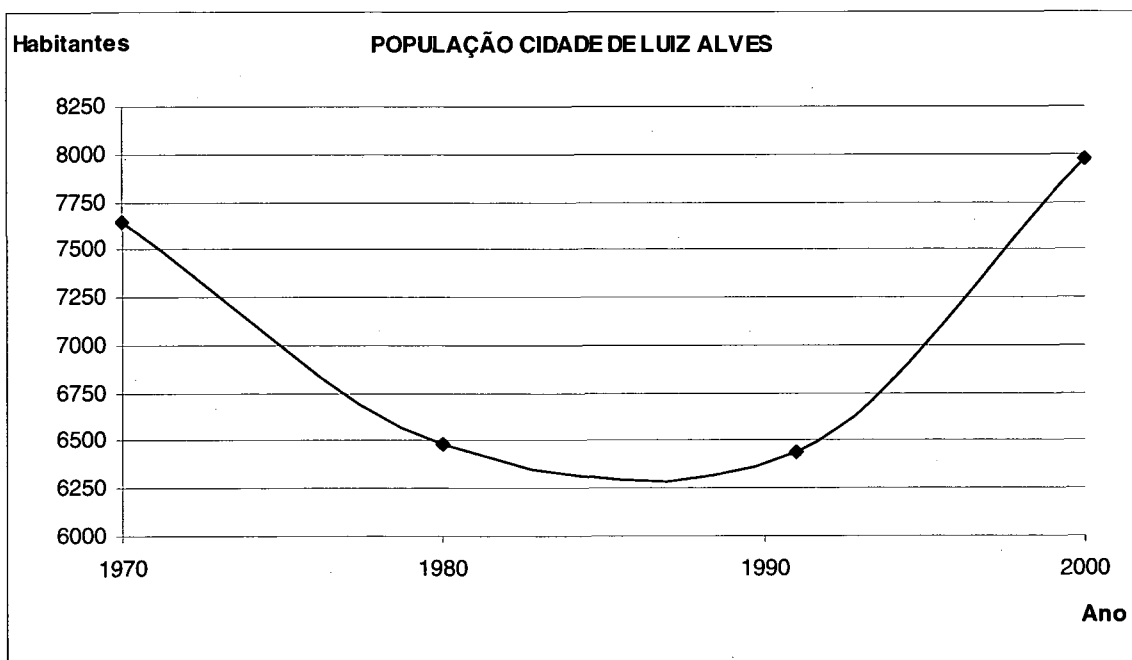
As áreas urbanizadas, passaram de 0,23% da área (37,10 ha), para 1,01% da área (460,26ha) em 2000. Entre 1956 e 1978 estas áreas aumentaram cerca de 1,07km², aumentando novamente, porém em menor escala entre 1978 e 2000 (0,1561km²).

Existe uma diminuição constante nas florestas iniciais de 8% da área (1956), para 7% (1978), para apenas 0,41% (2000), havendo um salto sucessional. A explicação mais provável pela comparação entre os mapas é que menos áreas estejam nesta tipologia de uso do solo vindas da tipologia de pastagem, e as pastagens em parte, cederam espaço para áreas urbanas, para os reflorestamentos e para as florestas médias a avançadas, além de desenvolverem-se a partir das florestas iniciais, tomaram espaços de florestas exploradas. Nota-se que entre 1956 e 1978 as áreas diminuíram 0,9553km², e entre 1978 e 2000 houve diminuição de 11,3038km², pois em 2000, apenas 0,6548km² era coberta por florestas em estágio inicial.

Não houve surpresas na evolução da paisagem. A mesma seguiu a tendência que vinha sendo observada entre 1956 e 1978, havendo porém um aumento na velocidade do processo no último período de estudo.

Segundo os dados censitários fornecidos pelo IBGE, a população do principal município da bacia, em termos de ocupação geográfica, Luis Alves, decresceu de 1970 a 1980, cerca de 1,65% (taxa média geométrica de incremento anual da população residente). Entre os anos de 1980 a 1991, houve mais um decréscimo, dessa vez de 0,04%. De 1991 a 1996, enfim ocorreu aumento na população residente de 2,30%. O Gráfico 7 mostra a curva populacional do município de Luis Alves entre as décadas de 1970 a 2000.

GRÁFICO 7. CURVA POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE LUIS ALVES



Apesar de a população ter aumentado entre 1990 e 2000, observa-se que as florestas mais desenvolvidas passaram a ocupar 73,26% da área de estudo. Possivelmente ocorreu abandono do campo. O trabalho agrícola possivelmente foi substituído pelo trabalho nas indústrias das cidades circunvizinhas de maior porte, tais como Blumenau, Itajaí e Jaraguá do Sul. A evasão do homem do campo, migrante nas cidades circunvizinhas, faz com que melhore a qualidade ambiental localmente, e piore nos centros urbanos.

6 CONCLUSÕES

As conclusões deste capítulo são as seguintes:

- As características físicas da bacia revelam que a mesma possui alta densidade de drenagem acarretando uma resposta rápida aos eventos chuvosos; bacia irregular, pouco sujeita a sofrer enchentes, com tendência a sofrer erosão, e devido a alta sinuosidade dispersa a onda de cheia, não sendo sujeita a enchentes;
- Da dinâmica de ocupação do uso do solo conclui-se que houve um aumento da cobertura arbórea na área de estudo, não podendo ser afirmado no entanto, que este aumento na cobertura arbórea represente melhoria na qualidade ambiental da bacia do rio Luis Alves no trecho de estudo;
- Ocorre uma inversão entre a ocupação das áreas de pastagens, áreas de agricultura e solo exposto e as áreas com florestas médias a avançadas;
- Ocorre maior fragmentação da paisagem de 1956 para 1978, apesar do aumento da área de florestas em relação aos dois anos;
- Os reflorestamentos tiveram aumento em área de ocupação de 1956 para 2000;
- As áreas urbanas passam a ocupar área maior nos anos de estudo;
- Aparentemente, em termos do que sugere a literatura, houve melhoria na capacidade de infiltração da bacia, devido ao aumento da área de florestas e de reflorestamentos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO I

- Ab'SABER, A. N. **O Suporte Geocológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares)**. In: Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. Editores: Ricardo Ribeiro Rodrigues e Hermógenes de Freitas Leitão Filho. São Paulo: Fapesp, 2000. p.15 – 25.
- BELTRAME, A. da V. **Diagnósticos do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: Modelo e Aplicações**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994. 112p.
- BUENO, F. da S. **Dicionário Escolar da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: FAE – Fundação de Assistência ao Estudante, MEC – Ministério da Educação e Cultura, 11ª edição, 1984. 1263p.
- BUTZKE, I. C. **Ocupação de Áreas Inundáveis em Blumenau (SC)**. Rio Claro: UEP. 245p. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, 1995.
- CARVALHO, M. S. et all. **Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde**. Organizadores: M. S. Carvalho; M. F. Pina; S. M. Santos. Brasília: Organização Panamericana da Saúde/ Ministério da Saúde, 2000.
- CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina. **Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu: Estudo de Inventário Hidroenergético**. Relatório Geral. ELETROSUL, 1984. 132p.
- CHIARANDA, R. **Usos da Terra e Avaliação da Capacidade Potencial de Armazenamento de Água da Bacia do Rio Cuiabá – MT**. Curitiba: UFPR. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, 2002. 402p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. **Atlas Climatológico de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri. 2002.
- GAPLAN – Gabinete de Planejamento do Estado de Santa Catarina. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 1986. 173p.
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (organizadores). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372p.

- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. (organizadores) **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- GOMMERSBACH, V. B. **Monitoramento da Qualidade de Água em Rios a partir de Imagens Orbitais. Estudo de caso: Rio Itajaí-açú**. Blumenau: FURB. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, 2000. 107p
- GUIMARÃES, J. L. B. **Relação entre a Ocupação do Solo e o Comportamento Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno – São José dos Pinhais**. Curitiba: UFPR. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. 2000. 205p.
- HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; RYBAK, J. & RZEPECKI, M. Ecohydrological Research of Lake-watershed Relations in Diversified Landscape (Masurian Lakeland, Poland). In: **Ecological Engineering** (on line journal, portal Elsevier Science), Volume 16, Issue 1, outubro 2000. p. 91-98.
- IPA, Instituto de Pesquisas Ambientais. **Atlas Geográfico da Bacia do Itajaí** (título provisório). Blumenau: Editora da FURB, no prelo.
- NETO, J. O. O Impacto do Projeto de Implantação do Canal de Retificação do Rio Itajaí Mirim no Meio Ambiente e na Ocupação Urbana na Cidade de Itajaí. Blumenau: FURB. 90p. Monografia (pós-graduação *latu sensu* em Engenharia Urbana e Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, 1999.
- PEREZ-TREJO, F. **Landscape response units: process-based self-organising systems**. In: *Landscape Ecology and GIS*. Editores: HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D. R.; COUSINS, S. H. London: Taylor & Francis ed. 1993. 159p.
- REFOSCO, J. C., PINHEIRO, A. **Influência da Floresta no Regime Hidrológico de uma Sub-bacia do Rio Itajaí-açú**. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal. v.3. p. 888-893.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Sub-secretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 1991.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de Uso, Manejo e Conservação do Solo e da Água: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas**. 2. Ed. ver., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384p.

- SANTOS, C. D. T. **Microbacia do Rio Vila Formosa, Curitiba – PR: Diagnóstico e Zoneamento Ambiental como Subsídio ao Planejamento.** Curitiba: UFPR. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. 2000. 154p.
- TUCCI, C. E. M. (organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 2ª edição. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos: EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 943p.
- VILLELA, S. M. & MATOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo, Ed. MacGraw-Hill do Brasil, 245p. 1975.
- ZALEWSKI, M. Ecohydrology – The Scientific Background to Use Ecosystem Properties as Management Tools Toward Sustainability of Water Resources. **In: Ecological Engineering** (on line journal, portal Elsevier Science), Volume 16, Issue 1, outubro 2000. p. 1-8.

CAPÍTULO II CONFLITOS DE USO DO SOLO NA BACIA DO RIO LUIS ALVES

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, são apresentados os mapas de áreas de preservação permanente, quais sejam: áreas ciliares, topos de morro e de declividade. Estes mapas foram “cruzados” com os mapas de uso do solo de 1956 e 1978 obtidos através da metodologia descrita no capítulo 1.

Inicialmente foram levantadas as bibliografias referentes ao tema do capítulo, incluindo a legislação. Em seguida, os temas hidrografia e curvas de nível, foram transformados nos temas áreas ciliares, topos de morro e declividade, respectivamente. E, finalmente, esses temas foram cruzados com os mapas de uso do solo. As tabelas com os dados brutos geradas foram transformadas nas informações de interesse.

É de interesse deste capítulo conhecer as formas de ocupação das áreas de preservação permanente e como, ao longo do tempo, aconteceu a dinâmica de ocupação dessas áreas, se é que houve alguma evolução.

As áreas de preservação permanente são protegidas por lei, e a supressão das florestas ou demais formas de vegetação nela encontradas só poderão ser realizadas em casos emergenciais, com prévia autorização do poder público federal, para execução de obras de utilidade pública ou interesse social (LEI FEDERAL 4.771/65), sendo consideradas, as áreas de preservação permanente, instrumentos de relevante interesse ambiental que integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações (BRASIL, 2002).

A precipitação e os ventos, são os mais importantes parâmetros meteorológicos relacionados à erosão (MOLION, 1985). A água da chuva precipitada sobre uma determinada porção de solo, pode seguir diversos caminhos, sendo que parte dela é interceptada e evapora voltando à atmosfera, parte dela infiltra-se e forma os tipos de escoamento internos do solo – dessa infiltração, parte formará os lençóis freáticos, parte será absorvida pelas plantas e parte escoará subsuperficialmente abastecendo os cursos d’água – e, outra parte dessa

precipitação que sobra desses caminhos, formará o escoamento superficial. O escoamento superficial será o veículo responsável pelo transporte e deposição dos sedimentos resultantes dos processos erosivos. Nos topos de morro e nas vertentes, solos desprovidos de cobertura vegetal terão intensificados os processos erosivos, a medida em que as gotas de chuva atingem com força e velocidade o solo, desagregam e desestruturam o mesmo, entupindo os poros e reduzindo as taxas de infiltração, e, dessa forma será aumentado o escoamento superficial que levará consigo os sedimentos produzidos pela desagregação.

A medida em que as vertentes aumentam em declividade e em comprimento, aumentará a velocidade do escoamento carregado de sedimentos e, com isso, a energia e força de transporte, possibilitando o carregamento de sedimentos com peso e tamanho cada vez maiores. Se não houver impedimento ao escoamento, como proporcionam as florestas ciliares, os sedimentos e todos os tipos de partículas transportados, inclusive agrotóxicos, chegarão à rede de drenagem, provocando assoreamento, e degradando a qualidade das águas, que resultarão em danos econômicos e ecológicos.

Além daqueles danos mencionados nos parágrafos anteriores provenientes da chegada de sedimentos aos cursos d'água, as perdas anuais de solo fértil devido a erosão podem resultar em enormes danos econômicos. Na Costa do Marfim em 1956, as perdas de solo passaram de 2,4t/ha enquanto a área estava com cobertura de floresta secundária, para 92,8t/ha quando foi desflorestada e implantado cultivo de mandioca (MOLION, 1985).

Devemos considerar aqui, assim como nos outros temas (declividades e topos de morro), que conflito com a lei só poderia existir efetivamente, após a publicação do Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965), pois foi quando foram consideradas de preservação permanente as áreas ciliares aos curso d'água, os topos de morro e as áreas com declividade superior a 45°. Porém, considera-se em conflito todas aquelas formas de ocupação do solo que estiverem em desacordo com as exigências legais e com a literatura especializada, uma vez que se possa examinar a evolução desse conflitos no tempo, e observar se as correntes conservacionistas existentes nas diferentes épocas tiveram influência sobre as formas de planejamento do uso da terra.

2 OBJETIVOS

São objetivos deste capítulo:

- Elaborar as cartas de áreas de preservação permanente da área de estudo;
- Verificar os conflitos existentes entre os uso do solo da área de estudo e as áreas de preservação permanente;
- Analisar a evolução destes conflitos entre 1956 e 1978.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A DINÂMICA DA PAISAGEM

MENDONÇA (1993)¹⁰ apud SANTOS (2000) cita o uso de fotografias aéreas de datas diferentes para observar o aspecto evolutivo da paisagem.

Os processos que modelam as paisagens tais como a dinâmica não-linear de erosão e sedimentação em leitos de rios, ocorrem como resultados de interações físicas e climáticas geralmente dinâmicas onde as comunidades de vegetais e animais se estabelecem. Nestes processos ocorrem efeitos de concentração e reorganização dos processos físicos do intemperismo, e ocorrem mudanças na natureza física e química dos solos, aumentando as taxas de infiltração e acumulação de matéria orgânica (PEREZ-TREJO, 1993).

Numa bacia hidrográfica, existe constante equilíbrio entre os processos e as formas que deles resultam. As bacias hidrográficas apresentam-se pois, como sistemas em seqüência, formados por sub-sistemas em cadeia, com dimensões geográficas, nos quais a saída de matéria e energia de um subsistema, torna-se a entrada de outro sub-sistema, de modo que, qualquer alteração em apenas um sub-sistema será refletida em todo o sistema morfológico, ocorrendo alterações na forma de todo o sistema, a fim de alcançar um novo equilíbrio. As alterações na forma, por sua vez, alteram a maneira como o processo ocorre, modificando as características das saídas, por exemplo, aumentando a infiltração em determinada área, ocorrendo diminuição no escoamento superficial, diminuindo a densidade de drenagem, na medida em que diminui a declividade das vertentes. Se por sua vez, for diminuída a capacidade de infiltração de uma bacia hidrográfica, ocorrerá o aumento do escoamento superficial, aumentando a densidade de drenagem, aumentando a declividade das vertentes, e assim, diminuindo capacidade de infiltração e aumentando o escoamento superficial. É um ciclo, uma circularidade de ação (CHRITOFOLLETTI, 1980).

O mesmo autor correlaciona o desmatamento dentro de um circuito de retroalimentação positiva. O desmatamento diminui a capacidade de infiltração da

¹⁰ MENDONÇA, F. de A. **Diagnóstico Ambiental de Microbacia Hidrográfica – Proposição Metodológica**. Anais: Encontro de Geógrafos da América Latina, 4, Mérida, universidad, 1993.

bacia, aumentando o escoamento superficial que aumenta a erosão das vertentes, que diminui a capacidade de infiltração.

Porém, quando a paisagem sofre interferência das ações humanas, que interferem nos processos, acelerando-os, a paisagem apresenta estado de *desequilíbrio dinâmico*. As bacias hidrográficas, representam a consolidação deste conceito, pois, uma vez que são sistemas abertos, recebendo matéria e energia e respondendo através do deflúvio, quando houver *desequilíbrio* na forma como as entradas de energia se estabelecerão, ocorrerá compensação deste *desequilíbrio* tendendo a minimizar os efeitos e retomar o estado inicial de equilíbrio.

Em se tratando dos conceitos de equilíbrio dinâmico, as áreas ciliares são consideradas as mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos da hidrologia, como da ecologia e da geomorfologia. É sabido que de uma forma geral, a bacia hidrográfica está em constante transformação, e, sem a interferência antrópica, está em equilíbrio dinâmico (LIMA & ZAKIA, 2000).

3.2 O PROCESSO EROSIVO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Erosão é conceituada como sendo “um processo acelerado de desagregação, transporte e deposição das partículas de solo pela ação da água, vento ou gelo, fortemente influenciado pela ação do homem” (VEIGA et al,1994).

Existem três fenômenos componentes da erosão: 1) desagregação das partículas do solo – é importante para minimizar os efeitos desta fase a cobertura do solo e a estrutura, permitindo boa taxa de infiltração da precipitação e menor encharcamento; 2) transporte das partículas – após o encharcamento, fortemente influenciado pelas características topográficas, conduzido pelo escoamento superficial; 3) deposição – o escoamento superficial, com alto índice de sólidos em suspensão, é conduzido para os canais de drenagem, onde ocorre a precipitação desses sólidos, devido a diminuição da energia e velocidade de transporte, ocasionando o assoreamento dos rios e reservatórios, entre outros.

O impacto das gotas da chuva na superfície do solo desagrega as partículas minerais deixando-as livres para serem transportadas dali e depositadas em outro lugar. Influenciam na fase de desagregação a energia da gota de água, a textura do solo, a cobertura do solo. A fase de transporte é influenciada pelo tamanho das partículas, a tensão de cisalhamento (no caso de erosão hídrica), a topografia do

terreno e a presença de obstáculos que possam reduzir a velocidade de escoamento, como a vegetação. É observado que a vegetação atenua todas as fases do processo erosivo, seja diminuindo o impacto das gotas, seja impedindo que o aumento da velocidade de transporte seja criando obstáculos às margens e às vertentes para a deposição dos materiais arrastados (GALETI, 1973).

Segundo VEIGA et al (1994), na região em que localiza-se a área de estudo, a erosividade total média anual das chuvas é de 140mm a 160mm, sendo esta a área que ocorre a maior diferença entre o percentual mensal do índice médio de erosividade, ocorrendo os maiores índices nos meses de fevereiro, janeiro e março, correspondendo, nestes meses, a 40% do total anual do índice, implicando na necessidade de cuidados extremos com o manejo do solo nesta época. Porém, os mesmos autores afirmam que, devido aos valores apresentados referirem-se a dados médios de vários anos, podem ocorrer chuvas erosivas em qualquer época do ano.

Influencia na deposição do material, o tamanho da partícula; àquelas que são pequenas, requerem menor força de transporte pode carregá-las, pois são levadas em solução. Partículas maiores exigem forças cada vez maiores para transportá-las, portanto, a medida que o agente perde a sua força carrega menores partículas. Porém o processo erosivo causado pela precipitação pode ser iniciado mesmo quando ocorre chuva de baixa intensidade em solo descoberto, pois a estrutura do solo é impactada, deixando-o mais suscetível ao transporte pelo escoamento.

As mudanças nos processos que modelam as paisagens eventualmente alcançam limiares onde as dinâmicas locais geram efeitos globais e produzem uma reestruturação das comunidades, e assim criando novas taxas de erosão e intemperismo ao nível da paisagem (PEREZ-TREJO, 1993), sempre tendendo ao equilíbrio dos processos.

Uma ruptura numa margem de curso d'água pode ser devido as atividades biológicas ou humanas, tais como mudanças climáticas ou desmatamento onde as enormes taxas de sedimentos que são produzidas causam rápida deposição e um aumento no gradiente de assoreamento do canal. Esta deposição forma um plano aluvial criando resposta positiva para mais sedimentos serem depositados, até que este assoreamento alcance nível limite e processo de deposição aluvial comece a

erodir rapidamente através da diminuição das taxas de sedimentos (PEREZ-TREJO, 1993).

Segundo os mesmos autores, as forças físicas de erosão tendem a modelar a paisagem, onde a vegetação e as comunidades animais exploram e colonizam outros sítios que tenham suficiente umidade, ou nutrientes para elas estabelecerem-se.

A cobertura vegetal é bastante importante para minimizar a erosão, SANTA CATARINA (1994) cita que, o impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície do solo descoberto é responsável por 95% da erosão hídrica, os outros 5% são provenientes do escoamento superficial.

Segundo GUERRA & CUNHA (1996), chuvas concentradas associadas aos fortes declives, aos mantos de intemperismo espesso e ao desmatamento, podem criar áreas potenciais de erosão das quais os sedimentos seriam transportados para os leitos de rios.

As perdas de solo por erosão estão associadas à precipitação e à época do ano, relativo ao preparo do solo para o plantio na agricultura. Neste período, ocorrem o descobrimento e o revolvimento do solo, o qual torna-se mais suscetível às forças erosivas.

Influenciam na erosão, segundo GALETI (1973), a intensidade do agente, a topografia do terreno, a cobertura vegetal e o tipo de manejo do solo.

As formas de erosão provocada pela água (erosão hídrica) são a erosão laminar, erosão em sulcos e erosão subterrânea. A erosão laminar, também chamada em lençol ou superficial se processa sem formar sulcos, desgastando uma lâmina igual na superfície do solo; a erosão em sulcos acontece quando as águas do escoamento superficial concentram-se em calhas, que aprofundam-se e alargam-se; a erosão subterrânea acontece quando a água infiltra-se e, encontrando uma camada de impedimento, escoar lateralmente aflorando em vertentes provocando solapamentos e desbarrancamentos (GALETI, 1973).

3.3 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL/FLORESTAL PERTINENTE

Foram consideradas as áreas ciliares para fins deste trabalho, aquelas que, segundo BRASIL (1965) – Lei 4.771/65, Art. 2º – São consideradas preservação

permanente as florestas e demais formas de vegetação natural, aquelas situadas: alínea a) ao longo de rios ou de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto, em faixa marginal cuja largura mínima será: 1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; alínea c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m de largura; alínea d) no topo de morros, montes, montanhas e serras e, alínea e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Além disto, a mesma lei coloca no Art. 10 a proibição de derrubada de florestas situadas em áreas de inclinação entre 25 e 45 graus, sendo apenas permitida a retirada de toras quando da utilização racional sustentável.

O mesmo Código Florestal (BRASIL, 1965) – Lei 4.771/65 – cita no Art. 16, alínea b), que as áreas que não sejam de preservação permanente, são suscetíveis de exploração desde que, nas regiões Leste Meridional, Sul e Centro-Oeste, nas áreas já desbravadas e previamente delimitadas pelas autoridades competentes, ficam proibidas as derrubadas de florestas primitivas, quando feitas para ocupação do solo com culturas e pastagens, permitindo-se nestes casos, apenas a extração de árvores para a produção de madeira, e, em áreas ainda sem culturas, as derrubadas de florestas para instalação de novas propriedades agrícolas só serão permitidas em até 30% da propriedade.

A Resolução CONAMA 303/02 (BRASIL, 2002), estabelece os limites das áreas de preservação permanente e traz definições para o melhor entendimento das mesmas. Define então, como morro a elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre cinquenta e trezentos metros. Apresenta também a definição de nascente ou olho d'água, como sendo o local onde aflora naturalmente, mesmo que intermitentemente, a água subterrânea. Também é apresentada a definição de nível mais alto, importante, para a definição da largura de um curso de água. Nível mais alto, refere-se ao nível alcançado por ocasião das cheias sazonais daquele curso d'água, seja perene ou intermitente.

No Art. 3º da mesma resolução são definidas as áreas de preservação permanentes: I – as áreas situadas em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de: a) trinta metros, para os cursos d'água com menos de dez metros de largura;...II – ao redor de nascentes ou olho

d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso a bacia hidrográfica contribuinte;... V – nos topos de morro e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;...VII – nas encostas ou parte destas, com declividade superior a 100% ou a 45° na linha de maior aclave.

3.4 CLASSES DE DECLIVIDADE

Para SILVA (2001) numa bacia hidrográfica, a vertente (talude, rampa, encosta) é um dos fatores mais importantes que deveria ser considerados para determinar suas normas de uso ou para a observação de suscetibilidade natural da bacia hidrográfica iniciar e desenvolver muitos tipos de impactos ambientais.

Segundo FERNANDES & AMARAL (1996), os deslizamentos das encostas são os maiores responsáveis pelos movimentos de massa, devido a relação do homem com as encostas, da complexidade de causas e mecanismos, da grande variação de escala, e da heterogeneidade de materiais envolvidos.

PUNDEK (1994) cita 5 classes de suscetibilidade à erosão, de acordo com várias características, sendo as principais a declividade e as propriedades físicas do solo. São elas:

- Nula: terras não suscetíveis à erosão, ocorrem em relevo de 0 – 3%, apresentando boa permeabilidade. Quando utilizadas com lavouras por muito tempo, podem apresentar erosão aparente, porém podem ser controladas com práticas conservacionistas simples. Em alguns casos, pode haver voçorocas nestas áreas
- Ligeira: apresentam pouca suscetibilidade à erosão e boas propriedades físicas; encontram-se em relevo com declividade entre 3 – 8%. Se forem utilizadas lavouras por período muito longo, podem perder até 25% do horizonte A.;
- Moderada: encontram-se em relevo ondulado, com declives entre 8 – 20%, mas, de acordo com as características físicas, terras com declividades inferiores a 8° também podem enquadrar-se nesta classe. As características físicas mais limitantes são: horizonte A. moderado ou A. fraco, consistência firme a muito firme. Podem perder de 25 a 75% do horizonte A, se não forem utilizadas práticas conservacionistas;

- Forte: terras que apresentam grande grau de suscetibilidade à erosão, encontrando-se em declives normalmente entre 20 e 45%, variáveis conforme as propriedades físicas do solo;
- Muito Forte: aquelas terras com declividade superior a 45% apresentam grave suscetibilidade a erosão. Nestas condições, a cobertura vegetal deve estar permanente no solo.

A preservação de áreas declivosas é de necessidade especial, pois, segundo GALETI (1973), num terreno com declividade de 1%, a velocidade de escoamento é pequena, então a água demora-se mais sobre o solo e tem a possibilidade de infiltrar-se; já num terreno com declividade de 20% a água desce mais rapidamente, sem infiltrar-se, então, quanto maior o declive, maior será a velocidade de escoamento, e maior será o volume da enxurrada. A erosão depende diretamente do volume de enxurrada.

PUNDEK (1994) e SALOMÃO (1999) citam que para solos encontrados na área de estudo, Cambissolos e Podzólicos Vermelho-Amarelo, a classe de erodibilidade é I e II, respectivamente, ou seja, solos extremamente suscetíveis a erosão e muito suscetíveis.

Segundo MOLCHANOV (1963, página 248) “a intensidade de erosão depende diretamente da inclinação da encosta e da distância do cume ao sopé”. Quanto maior a distância existente entre o cume e a base de uma encosta, maior será a turbidez da água. Mesmo que o solo exposto esteja a distâncias curtas de uma área florestada, é observada erosão. Deste modo, confirma MOLCHANOV (1963), ...”em terrenos montanhosos não são tolerados cortes finais em áreas extensas, especialmente se o declive for acentuado.

3.5 O PAPEL DAS ÁREAS CILIARES

As áreas ciliares são também chamadas de zonas ripárias. Porém, o conceito de zonas ripárias é muito mais abrangente do que aquele proposto pela legislação brasileira, que define limites fixos em torno de rios, dependendo de sua largura (conforme o item II.3.3).

A importância da área ciliar, considerando-a de área de preservação permanente, proposta pela legislação federal, porém, não é descartável. Reconhecer estas áreas como de interesse para o desenvolvimento sustentável é

bastante digno. É dessa forma que as áreas ciliares serão tratadas neste trabalho, de acordo com o que estabelece esta legislação. Porém, os limites destas áreas são bem mais complexos do que pretende a lei.

As áreas ciliares, ou zonas ripárias, atualmente sendo denominadas de ambientes ripários, variam de acordo com padrões temporais de fenômenos chuvosos, ampliando-se lateralmente e à montante, a medida em que ocorram períodos muito chuvosos. Esta variação afeta todo o sistema, refletindo em áreas de micro-sítios criados a partir dos processos fluviomórficos que causam a deposição de sedimentos em certos locais e a erosão em outros locais e, lateralmente, a medida em que diminui a umidade devido a distância do canal (LIMA & ZAKIA, 2000).

LIMA & ZAKIA (2000) colocam as funções das zonas ripárias resumidas nos seguintes itens:

- Geração do escoamento direto em microbacias, são as áreas que, de fato, contribuem para a formação do deflúvio, contrariamente ao conceito hortoniano de que o escoamento direto é produzido pelo escoamento superficial, toda vez que a chuva exceda a capacidade de infiltração do solo, e que este escoamento superficial é produzido em todas as parte da bacia hidrográfica;
- Quantidade de água, a área ciliar contribui para o armazenamento de água na bacia, alimentando a vazão mesmo na estação seca;
- Qualidade da água, pois, filtra sedimentos, diminui a concentração de agrotóxicos, retém nutrientes carregados pela solução do solo;
- Corredor de fluxo gênico ao longo da paisagem;
- Ciclagem geoquímica de nutrientes;
- Interação direta com o ecossistema aquático, proporcionada pela estabilização das margens e pelo oferecimento de ambientes heterogêneos através da rugosidade, do fluxo constante de nutrientes, atenuação da radiação solar.

Em anos com baixa e média precipitação, não foram observados nos estudos de MOLCHANOV (1963), qualquer erosão do solo nas áreas em que as margens da rede hidrográfica se encontravam florestadas.

Nos termos de estrutura da paisagem, referindo-se ao mosaico formado por corredores, fragmentos e matriz, as áreas ciliares compõem importantes corredores ecológicos, para o movimento faunísticos e para a dispersão de diásporos.

3.6 OS TOPOS DE MORROS

A erosão é mais efetiva, onde a água não pode ser infiltrada (MAFRA, 1999). A erosão não é tão forte na parte superior da encosta, mas observa-se moderada erosão no topo das encostas. As partes médias das encostas florestadas conseguem interceptar as águas superficiais e transformá-las em infiltração, mesmo em áreas desmatadas com 1.000m de largura acima dessas partes médias (MOLCHANOV, 1963). Uma vez que os valores de precipitação aumentam em direção às montanhas (GUERRA & CUNHA, 1996), a importância de se preservar a cobertura florestal original nestes lugares torna-se imprescindíveis a fim de ser evitada a criação de zonas potenciais de erosão. Além disso, as áreas de topos de morro representam áreas de recarga da bacia hidrográfica. LIMA (1986)¹¹ apud GUIMARÃES (2000) afirma que são as cabeceiras das encostas as áreas onde ocorrem as máximas manifestações dos processos hidrológicos que aportam a maior quantidade de água para os rios e canais. São as chamadas zonas de recarga da bacia.

¹¹ Duas referências citadas com o mesmo autor e ano: LIMA, W. P. **Princípios de Hidrologia Florestal para o Manejo de Bacia Hidrográficas**. Esalq/ds, Piracicaba, 250p. 1986; LIMA, W. **O Papel Hidrológico da Floresta na Proteção dos Recursos Hídricos**. Anais Cong. Florestal Bras. 1986. Olinda – PE.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 AS INFORMAÇÕES BÁSICAS

Foram utilizadas cartas planialtimétricas e de hidrografia digitalizadas e registradas pelo IPA (Instituto de Pesquisas Ambientais) da FURB, além dos mapas de uso do solo resultantes da interpretação das fotografias aéreas, conforme descreve o capítulo I.

4.2 ELABORAÇÃO DAS FEIÇÕES: ÁREAS CILIARES, TOPOS DE MORRO, DECLIVIDADES.

Também foram utilizadas as cartas vetorizadas de rede hidrográfica e curvas de nível para a geração dos temas de interesse, inclusive os limites da bacia, já obtidos anteriormente.

A legislação ambiental/florestal foi também essencial para o bom desenvolvimento deste capítulo, resalte-se a LEI FEDERAL 4.771/65 – Código Florestal Brasileiro, RESOLUÇÃO CONAMA 303/02, que explicitam as regras de preservação destas áreas, as definições e os limites das mesmas.

Carta de Declividades: através das curvas de nível e utilizando o software Arc View 8.1, foi realizado o Modelo Numérico do Terreno para gerar uma grade TIN que através do módulo 3D Analyst, opção *Surface Analysts – slope* gerou a carta de declividades. As classes de declividade foram agrupadas da seguinte maneira:

- 0° – 3°: plana, considerada na literatura como sendo terras pouco suscetíveis a erosão, apresentam boa permeabilidade;
- 3° – 8°: são suave-onduladas, com pouca suscetibilidade a erosão e boas propriedades físicas;
- 8° – 15°: onduladas, apresentam moderada suscetibilidade a erosão;
- 15° – 25°: são terras que apresentam média tendência de sofrer erosão;
- 25° – 45°: terras montanhosas que apresentam forte suscetibilidade a erosão;

- > 45°: terras escarpadas, onde as florestas devem ser preservadas a fim de evitar a exposição do solo, uma vez que têm tendência muito forte de sofrer erosão.

São apresentados mapas com a superposição entre as classes de declividade e o uso do solo de 1956 e 1978 (Figuras 9.1 e 9.2). As tabelas são o resumo das informações obtidas destas superposições e os gráficos a representação visual dos dados das tabelas.

Considerou-se em conflito toda a forma de ocupação de solo que estivesse em desacordo com a legislação vigente no país, Lei Federal 4.771/65 – Código Florestal Brasileiro – (BRASIL 1965), e Resolução Conama 303/02 (BRASIL 2002) no que se refere as áreas de preservação por classes de declividade. Assim, serão tratadas como áreas em conflito de uso aquelas que, acima de 45° apresentarem tipologias de ocupação diferentes da tipologia I – floresta em estágio médio a avançado de regeneração; e, entre 25 e 45°, apresentarem tipologias de ocupação diferentes das tipologias I, II e III.

Carta de Áreas Ciliares: a partir do tema hidrografia, com auxílio da ferramenta *Buffer Wizard* do software ARC View 8.1, foi construída ao longo de cada rio da bacia, em ambos os lados, uma margem com 30m de espessura. E, cada nascente foi representada por um ponto de espessura mínima, ao redor deste ponto, utilizando a mesma ferramenta – *Buffer Wizard* – foi construído um círculo com 50m de raio. Desta forma, obteve-se a carta de áreas ciliares aos cursos de água.

A escolha dos trinta (30) metros de largura para a área ciliar baseou-se na proposta feita pela legislação ambiental/florestal, que considera esta a medida mínima de proteção dos cursos d'água. Foi considerada área em conflito, toda aquela que apresentasse formas de uso do solo diferente de florestas.

Carta de Topos de Morro: com a utilização do tema referente às curvas de nível, com auxílio do software Microstation Descartes SE, foram selecionados os morros ou elevações que pertencem ao traçado dos divisores de água da bacia. À cada um desses morros, foi observada sua altitude e dividida nos três terços da encosta: inferior, médio e superior. A curva de nível que mais próxima estivesse do terço superior deste morro, era selecionada e representava a partir daquele

momento o topo daquele morro. Estes polígonos foram exportados para o software ARC View 8.1.

Os temas Declividade, Áreas Ciliares e Topos de Morro, foram cruzados com as cartas de uso do solo de 1956 e 1978, e deste cruzamento foram obtidas as tabelas que revelam os conflitos. Estas tabelas foram resumidas e as informações obtidas foram relacionadas à dinâmica de ocupação e aos dados históricos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conflitos de uso do solo serão abordados neste capítulo como os conflitos existentes entre as áreas de preservação permanente mencionados na legislação e o uso e cobertura do solo da área de estudo: a área de influência da estação 83880000 – estação fluviométrica Luis Alves.

5.1 CONFLITOS DAS CLASSES DE DECLIVIDADE

De acordo com as características dos solos encontrados na área de estudo, ou seja, Cambissolos e Podzólicos vermelho-amarelo, SALOMÃO (1999) afirma que estes tipos de solo pertencem às classes de erodibilidade I a II, respectivamente, solos extremamente suscetíveis a erosão e solos muito suscetíveis.

Na Tabela 10 são apresentadas as correspondências entre porcentagem (%) e graus (°) de declividade.

Na Tabela 10 abaixo, apresenta-se a distribuição das classes de declividade na área de estudo. Na Figura 8 é apresentado o mapa de declividades da área de estudo.

TABELA 10. DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE

CLASSE	GRAUS	% DECLIVIDADE	ÁREA (km ²)	% ÁREA
1	0 – 3	0 – 6	42,2466	26,66
2	3 – 8	6 – 17	6,4945	4,10
3	8 – 15	17 – 33	37,4615	23,64
4	15 – 25	33 – 55	50,3167	31,76
5	25 – 45	55 – 100	21,2234	13,4
6	> 45	> 100	0,6963	0,44
TOTAL	-	-	158,439*	100

*NOTA: Sem considerar a área de rio, igual a 0,428 km².

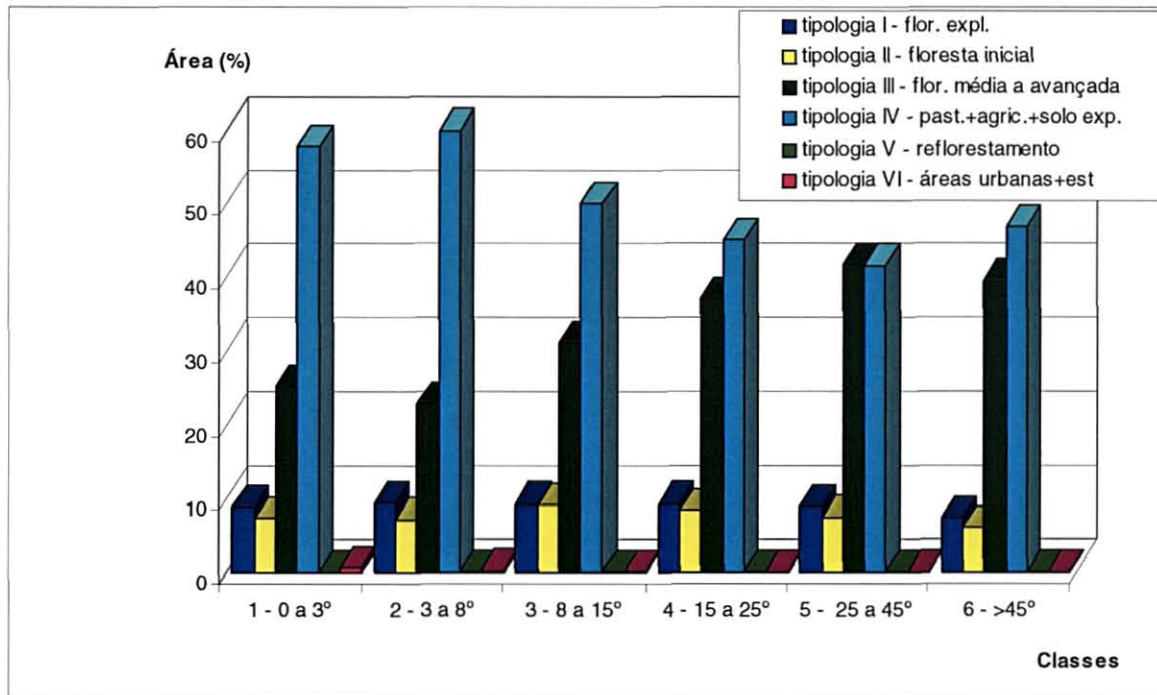
Observa-se que a classe de declividade que ocupa a maior parte da área de estudo (31,76%), é a classe 4 (15° a 25°). Ocupando a segunda maior parte da área (26,66%) está a classe 1, de declividades entre 0° e 3°, seguida pela classe 3, ocupando 23,64% da área com declividades entre 8° e 15°. As demais classes distribuem-se em 17,94% da área de estudo.

De acordo com o proposto por SALOMÃO (1999), solos erodíveis como os encontrados nesta área de estudo, conforme descritos na literatura e em declividades acima de 12% ou maiores de 5° aproximadamente, como ocorre na maioria da área de estudo, devem ser mantidas com cobertura de floresta nativa de preservação permanente.

5.1.1 Conflito das Classes de Declividade em 1956

Observa-se no Gráfico 8 a ocupação do solo em 1956 e os conflitos com as classes de declividade. Ver Figura 9.1.

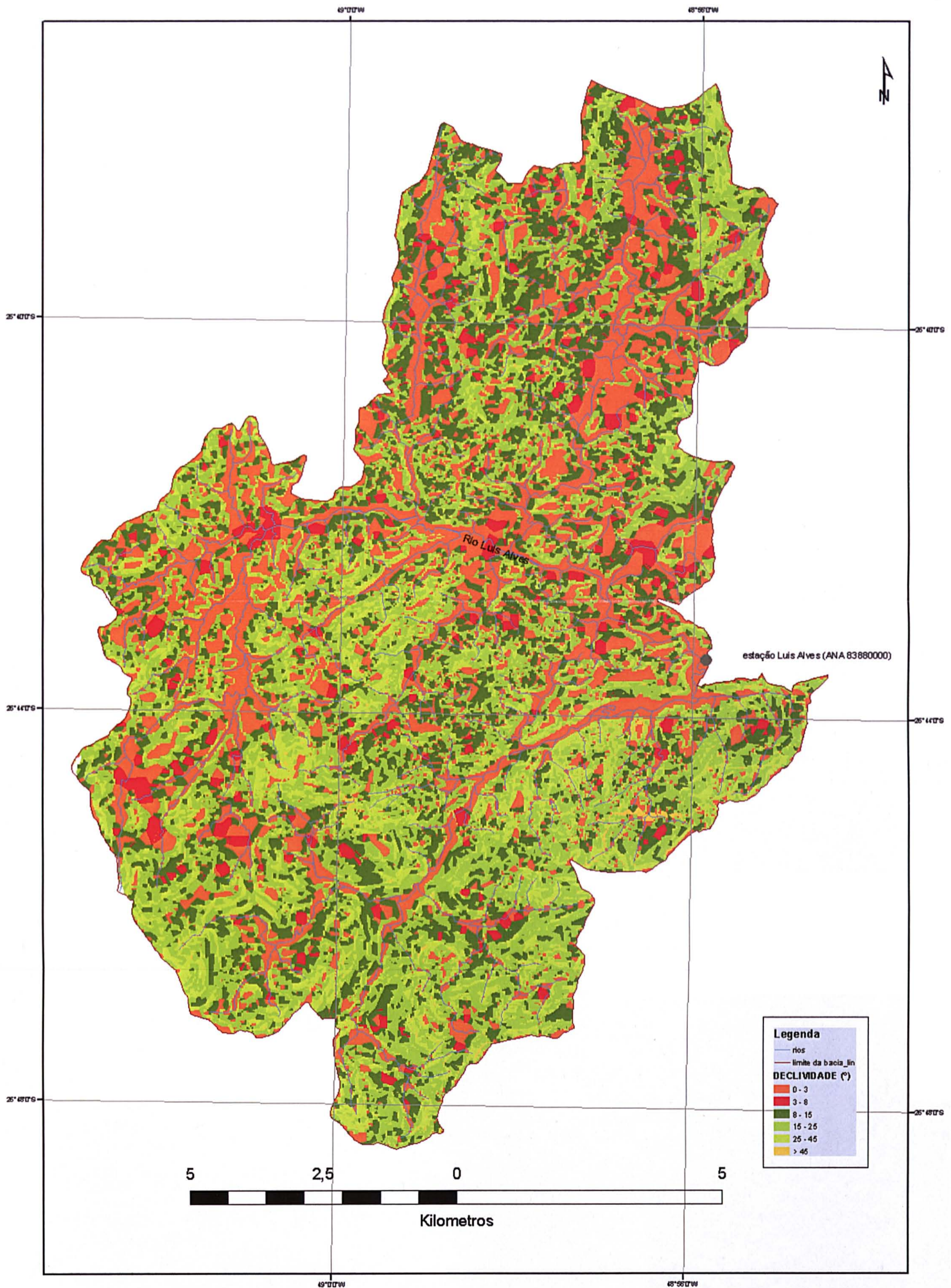
GRÁFICO 8. DISTRIBUIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO DE 1956 NAS CLASSES DE DECLIVIDADE



De acordo com a metodologia proposta pela legislação florestal, tem-se que 41,81% da área com a declividade entre 25 a 45° (classe 5) estão em conflito com o uso apropriado e recomendado para esta classe. Sendo ocupadas por pastagens, agricultura e solo exposto (tipologia IV), reflorestamento (tipologia V) e áreas urbanas e estradas (tipologia VI).

É observado que a maior ocupação desta classe de declividade pertence a tipologia III – florestas em estádios médio a avançado de desenvolvimento, pois ocupa 41,73% da área. Porém, igualmente representativa está a tipologia IV – pastagens, agricultura e solo exposto, ocupando 41,65% da área.

Figura 8. Distribuição das Classes de Declividade na Área de Estudo



Em relação às demais classes de declividade, na classe 5, percebe-se que diminui a ocupação por pastagens e agricultura e aumenta a ocupação por florestas. Essas tipologias de uso empatam em 41% da ocupação do solo, entre 25° e 45° de declividade. Representando ainda um alto grau de conflito, uma vez que essas são áreas extremamente suscetíveis à erosão. Nesta classe de declividade, apenas florestas exploradas (tipologia I), floresta inicial (tipologia II) e floresta média a avançada (tipologia III) dão condições de uso ideais. Assim, 8,87km² pertencente a esta classe de declividade está em conflito de uso. Esta área representa do total da área de estudo 5,59%.

Na classe 6, áreas que apresentam mais de 45° de declividade, apesar de parecer absurdo, ainda 46,86% são ocupadas por pastagens e agricultura e apenas 39,58% são ocupadas por florestas. Ou seja, 60,42% (0,42km²) está em conflito de uso, pois nestas áreas a preservação de florestas é considerada exigência legal. Representando 0,26% da área total.

Observa-se um aumento das áreas de florestas nativas média a avançada a medida em que a declividade aumenta, porém, em nenhuma classe, nem nas mais suscetíveis a erosão foi encontrada 100% de cobertura florestal. A área total em conflito de uso em 1956 foi de 9,29km², ou 5,85% da área total.

Pode-se relacionar estas informações ao excesso hídrico, sendo observado na região 1.266,11mm de excesso hídrico anual (diminuindo da precipitação a evapotranspiração). Assim, pode-se concluir que, de acordo com estas características, a área apresentava alto potencial erosivo em 1956.

Figura 9.1. Classes de Declividade X Uso do Solo na Bacia do Rio Luis Alves em 1958

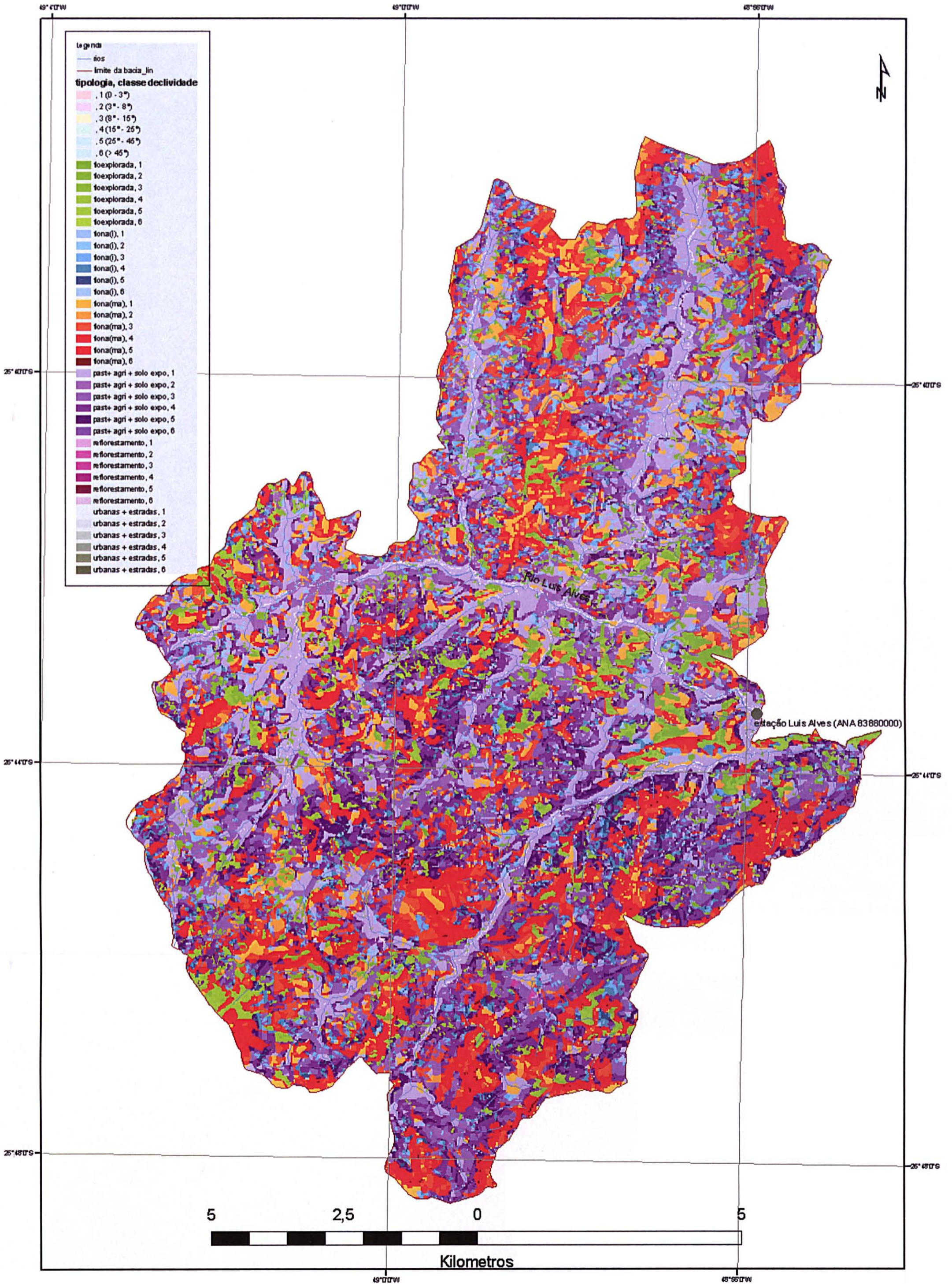
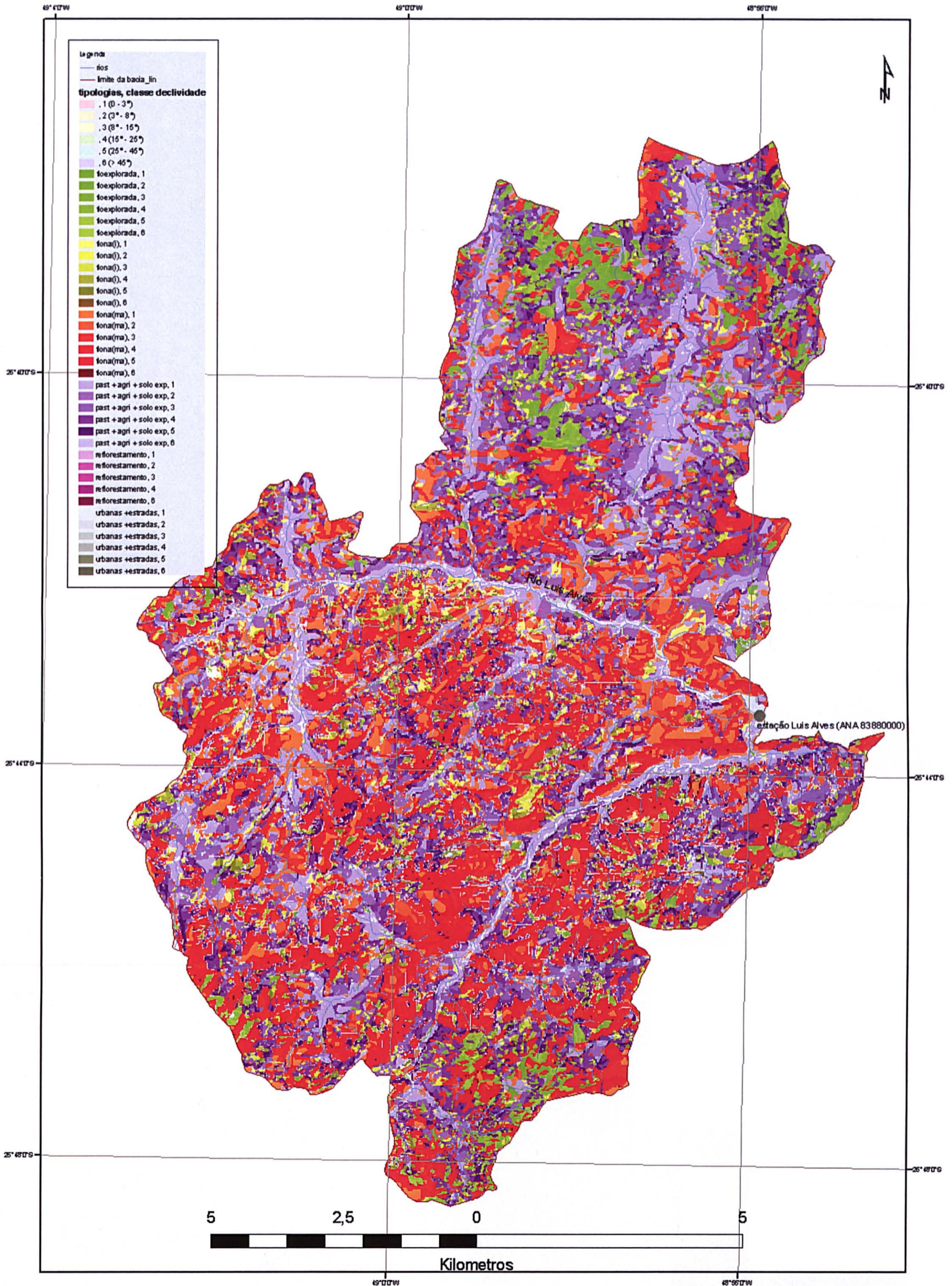


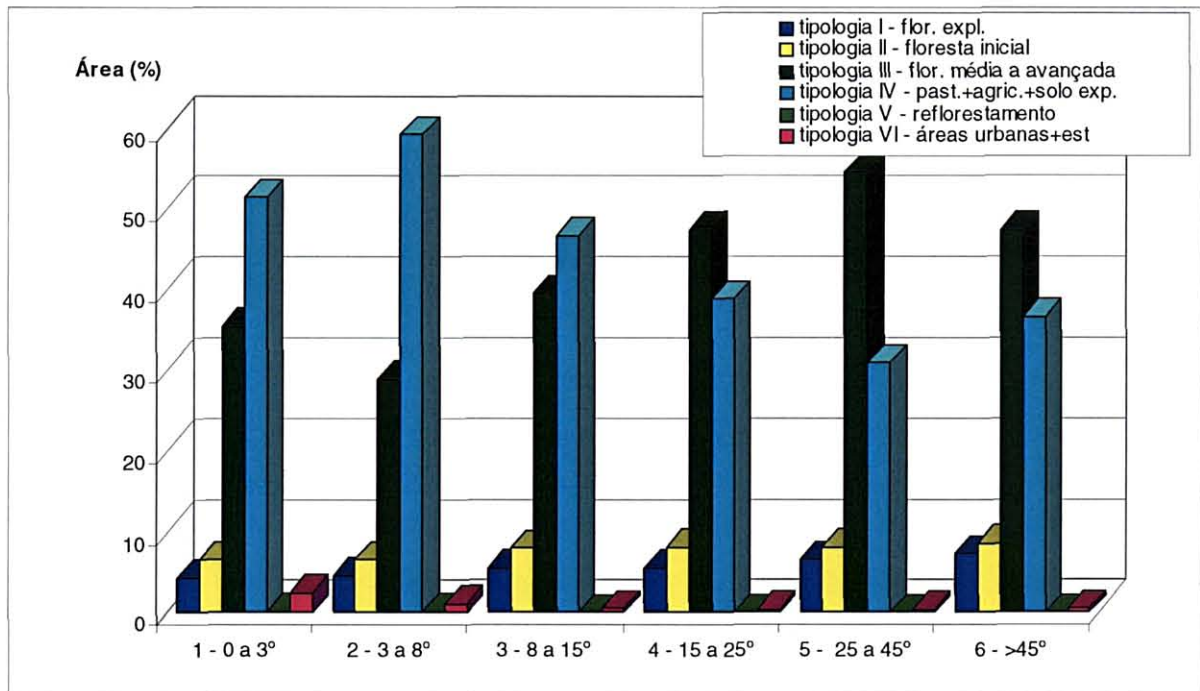
Figura 9.2. Classes de Declividade X Uso do Solo na Bacia do Rio Luis Alves em 1978



5.1.2 Conflito das Classes de Declividade em 1978

São apresentados no Gráfico 9 o uso do solo de 1978 relacionado às classes de declividade. Ver Figura 9.2.

GRÁFICO 9. A DISTRIBUIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO DE 1978 NAS CLASSES DE DECLIVIDADE



Em relação às áreas existentes na classe 5 (25° – 45°), as florestas passam a ocupar área maior, em relação às demais classes de declividade, 54,42% das encostas. E as áreas de pastagem e agricultura (e solo exposto) ocupam o segundo lugar, com 30,81%. Ainda assim, pode ser considerado que 31,08% da classe continua em conflito de uso, uma vez que apenas as áreas de floresta média a avançada (tipologia III), as florestas exploradas (tipologia I), e as florestas iniciais (tipologia II) são admitidas nestes locais. Esta porcentagem representa 6,52km² ou seja, 4,10% do total da área.

Na classe 6 (áreas com mais de 45°, ou 100% de declividade) as áreas de florestas, da mesma forma que na classe 5, estão em maior parte na área, 47,29%, em comparação com as pastagens que ocupam 36,54% da área. Porém, a diferença é menor do que aquela apresentada na classe 5, e, o conflito de uso é

maior do que na classe 5, sendo de 52,72% da classe, representando 0,23% do total da área de estudo (0,36km²).

Levando-se em consideração as características de declividade das encostas e as características do solo, relacionando-os com fatores climáticos e com o uso e cobertura das áreas, determina-se a disponibilidade ou suscetibilidade da áreas a apresentarem erosão laminar.

No geral, estão em conflito com a indicação de uso para as classes de declividade 5 (25 a 45°) e 6 (>45°), 4,33% da área, ou 6,88km². Relacionando às características climáticas de excesso hídrico, considera-se que em 1978 a área de estudo apresentava alto potencial erosivo.

5.1.3 Dinâmica entre o Conflito de Uso do Solo e a Declividade em 1956 e em 1978

Em relação à ocupação de todas as classes de declividade, houve média de aumento de 9,12% da área de ocupação de florestas médias a avançadas. A maior diferença entre os anos e as classes de declividade ocorreu na classe 5 (25° – 45°), em que houve aumento de 41,73% de ocupação da área da classe em 1956 para 54,42% de ocupação em 1978 (12,69%), seguido pela classe 4 (15° – 25°), que passou de 37,09% em 1956 para 47,29% em 1978 (10,20%).

As pastagens, áreas de agricultura e áreas de solo exposto, diminuíram média 6,45%. Dessa diminuição, a maior observada foi de 10,84% na classe 5 (de 41,65% em 1956 para 30,81% em 1978), seguida pela classe 6 (> 45°) que passou de 46,86% em 1978 para 36,54% em 1956 (10,32%). Em todas as classes ocorreu diminuição de ocupação desta tipologia de uso do solo.

Dessa forma, pode-se dizer que as áreas de maior declividade (classe 4, 5 e 6) apresentaram a maior dinâmica de ocupação do solo, ocorrendo diminuição nas áreas de usos menos protetores ao solo e aumento daqueles mais protetores (florestas).

Também observa-se que as áreas de florestas iniciais aumentaram apenas nas classes 5 e 6. Nas demais classes as florestas iniciais diminuíram. Pode-se considerar que nestas áreas ocorre uma tendência de abandono das áreas de pastagem, agricultura e solo exposto, com a recuperação de características mais avançadas das florestas, através do início da sucessão natural.

Quanto às áreas de florestas exploradas, em todas as classes de declividade diminuíram. Pode-se observar a partir disso, a existência de uma tendência de diminuição da exploração de produtos madeiráveis, sendo que as florestas puderam se recuperar dessa exploração.

Em todas as classes de declividade ocorreu diminuição das pastagens (tipologia IV). Porém a maior diminuição da área desta tipologia ocorreu nas classes 5 e 6 de declividade ($>25^\circ$). Nestas classes e também na classe 4 (15 – 25°) ocorreu a maior dinâmica de ocupação do solo, havendo diminuição de usos menos protetores e aumento de usos mais protetores e com maior capacidade de infiltração (ANJOS et al, 1994). Na classe 4, ocorre uma inversão entre a ocupação das pastagens (tipologia IV) e das florestas ou componente arbóreo (tipologia III), que passaram a representar a maior ocupação desta classe.

Em 1956, em todas as classes de declividade, as pastagens (tipologia IV) representavam a maior ocupação da área, porém, em 1978 nas classes de declividade 4, 5 e 6 (ou seja acima de 15°), as pastagens deixam de ser a tipologia dominante e dão lugar às florestas. Dessa forma, diminui o conflito e ocorre a melhoria das condições hidrológicas potenciais. A interceptação de água através da cobertura arbórea do solo favorece a infiltração especialmente em locais de altas declividades onde a energia de escoamento superficial é maior.

5.2 OS CONFLITOS DAS ÁREAS CILIARES

As áreas ciliares ocupam 12,02% do total da área de estudo, ou seja, 19,13km². Nestes locais, a manutenção das florestas originais é obrigação legal prevista no Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965) e regulamentada pelos Decretos n.º 302 e 303 de 2002 (BRASIL, 2002).

Estas áreas são de extrema importância para o equilíbrio ecológico dos sistemas hídricos, impedindo as entradas das cargas de sedimentos e de agrotóxicos provenientes da vertente da bacia, e dessa forma, controlando e mantendo a qualidade de água da rede de drenagem.

Optou-se por considerar a largura mínima exigida na legislação (30m), independente da largura dos rios, uma vez que percorrendo a área observou-se que são poucos os locais em que esta medida mínima é respeitada e, como utilizou-se a cartografia básica do IBGE em escala 1:50.000, a identificação de cursos d'água

com largura superior a 10m é dificultada. Além disso, exceto talvez, em alguns pontos de maior alargamento das margens do rio principal, na área de estudo, todos os cursos d'água apresentam até 10m de largura.

5.2.1 Conflito entre Áreas Ciliares e Uso do Solo em 1956

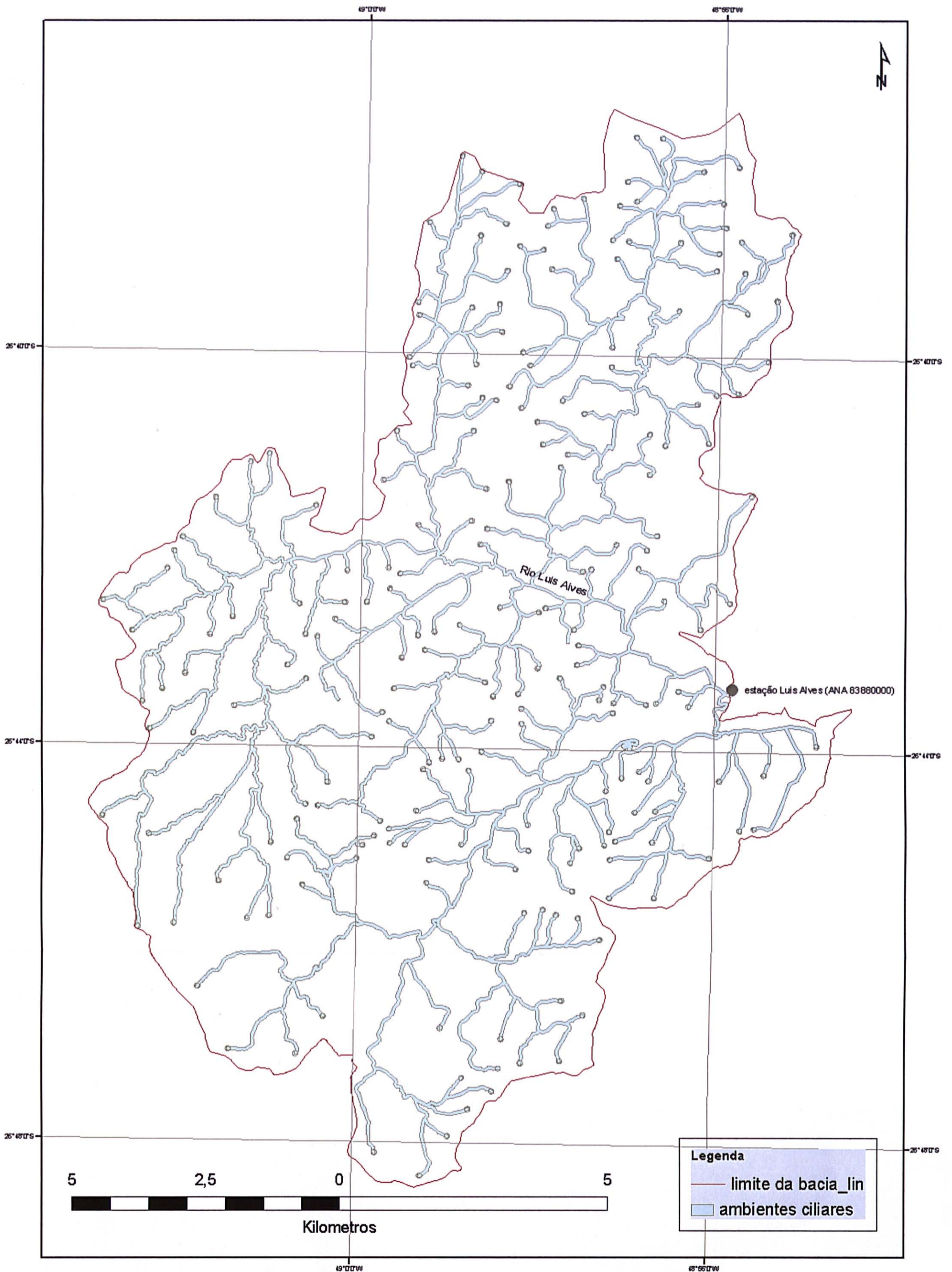
A Tabela 11 mostra a ocupação das áreas ciliares aos cursos d'água em 1956. Ver na Figura 11.1.

TABELA 11. RELAÇÃO DOS USOS DO SOLO NAS ÁREAS CILIARES AOS CURSOS D'ÁGUA EM 1956

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	Área (km²)	% das áreas ciliares	% da área total da bacia	% do total da classe
Tipo I	Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparsos	1,5160	7,93	0,95	10,42
Tipo II	Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	1,4127	7,39	0,89	10,94
Tipo III	Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	3,8644	20,20	2,43	7,49
Tipo IV	Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	12,1689	63,61	7,66	15,43
Tipo V	Reflorestamento	0,0392	0,20	0,02	24,5
Tipo VI	Áreas urbanas e Estradas	0,1280	0,67	0,08	34,5
TOTAL	---	19,1292	100	12,03	—

Nas áreas ciliares aos corpos d'água no ano de 1956, observou-se que 15,2648km² estão em conflito com o uso recomendado (preservação de florestas), ou seja, 79,80% da área. Ver Figura 11.1.

Figura 10. Os Ambientes Ciliares da Bacia do Rio Luis Alves



Observa-se que 63,61 % da área era utilizada como pastagens, agricultura, ou solo exposto. Em termos ecológicos, a utilização desses locais para cultivo agrícola favorece a contaminação por agrotóxicos das águas superficiais e sub-superficiais, uma vez que o lençol freático é pouco profundo. A utilização de máquinas e implementos agrícolas, por sua vez favorecem a desestruturação dos solos e sua compactação. A pouca cobertura vegetal não evita que a precipitação atinja o solo com violência, favorecendo o selamento e a impermeabilização do mesmo e, conseqüentemente, a erosão laminar.

Quando as áreas ciliares aos cursos d'água são utilizados como áreas de pastagem, a compactação e impermeabilização do solo ocorrem, contribuindo assim para o escoamento superficial e para a erosão laminar.

Outro dado curioso é a ocorrência de 34,5% de todas as áreas urbanas ocorrerem dentro das áreas ciliares, sendo que estas representam apenas 12,03% da área total de estudo.

As pastagens, agricultura e solo exposto, ocupam 63,61% da área de estudo, representando que 15,43% de toda área desta tipologia de uso estão localizadas nas áreas ciliares. É sabível que nos ambientes ciliares, os solos são mais férteis, uma vez que todos os nutrientes carreados de outros pontos das encostas vão depositar-se aí, e por isso, são alvo de agricultores para implantarem seus cultivos. Outro fator de significativo valor é que, nestes locais, os terrenos são menos declivosos, o que facilita o trabalho com a terra. Em regiões com topografia acidentada, as áreas de leitos secundários dos rios, são muitas vezes a única possibilidade de cultivo da terra.

Certamente, existem técnicas mais sofisticadas de plantio em encostas íngremes, já conhecidas a milhares de anos em alguns países do oriente e mesmo em regiões de civilizações pré-colombianas da América. Porém, no Brasil de 1956, estas técnicas eram desconhecidas, e, será diferente agora?

Infelizmente, viemos de uma cultura de mínimo, assim, as áreas ciliares estavam ali, férteis, planas, próximas à água sendo uma mais difícil utilizar para o cultivo, áreas mais afastadas do rio, onde as enchentes não chegariam, onde os peixes não morreriam intoxicados, onde as barrancas não fossem danificadas e erodidas, onde a saúde daquele corpo vivo (rio) estivesse protegida.

As florestas médias a avançadas representam 20,20% desses locais (3,8644km²). Ou seja, em apenas 20% das áreas ciliares, são mantidas as características mínimas necessárias de cobertura florestal e proteção ao cursos d'água. Falamos em mínimas necessárias, pois não é sabido se estas áreas ocupam toda a largura dos 30m, ou se são apenas pequenos e dispersos pontos ao longo dos 19,1295km² de áreas ciliares da área de estudo.

Vale dizer que, apenas 7,49% de todas as florestas da área de estudo estavam presentes nas áreas ciliares, mas, 15,43% de toda a agricultura, pastos e solos esperando por serem cultivados, e 34,50% de todas as áreas urbanas e estradas, encontravam-se ali.

5.2.2 Conflito entre Áreas Ciliares e Uso do Solo em 1978

São apresentados na Tabela 12, as áreas ocupadas pelos diversos uso do solo em 1978. Ver na Figura 11.2.

TABELA 12. RELAÇÃO DOS USOS DO SOLO NAS ÁREAS CILIARES AOS CURSOS D'ÁGUA EM 1978

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	Área (km ²)	% das áreas ciliares	% da área total da bacia	% do total da classe
Tipo I	Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparso	0,8097	4,23	0,51	9,64
Tipo II	Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	1,4672	7,67	0,92	12,27
Tipo III	Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	5,6842	29,71	3,58	8,46
Tipo IV	Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	10,7564	56,23	6,77	15,50
Tipo V	Reflorestamento	0,0048	0,03	0,003*	10,67
Tipo VI	Áreas urbanas e Estradas	0,4069	2,13	0,26	28,24
TOTAL	---	19,1292	100	12,03	---

NOTA: * valor muito próximo a 0 (zero).

Considerando apenas as florestas como cobertura ideal para as áreas ciliares, em 1978, é observado que ocorre conflito de uso em 13,4450km² das áreas ciliares, ou seja, em 70,29% das mesmas possuem usos em desacordo com a proposta de preservação legalmente exigida.

As áreas de pastagem, solo exposto e agricultura são as que mais contribuem para este valor. Em 56,23% das áreas ciliares apresentam esta forma de uso do solo. Este valor indica que 15,50% desta tipologia está presente num ambiente da bacia que representa apenas 12,03% de sua área total.

As áreas urbanas e estradas ocupam apenas 2,13% da área de estudo, porém, 28,24% de toda a distribuição da tipologia encontra-se neste ambientes, corroborando com a idéia de que sendo estas as áreas mais planas, são as ideais para implantação de cidades e de estradas.

É uma (infeliz) característica geral do Vale do Itajaí: as encostas íngremes, os vales estreitos, os difíceis acessos por terra, resultaram em exploração indiscriminada das margens dos cursos d'água. São nelas que as cidades se desenvolveram, que a terra foi cultivada; através delas houve a expansão rumo ao interior e para cima; delas se extraiu a madeira para as casas, para a lenha. Foram para elas que direcionamos os esgotos de nossas produtivas e ricas fábricas. É delas que sentimos falta hoje.

Figura 11.1. Ambientes Ciliares X Uso do Solo na Bacia do Rio Luis Alves em 1956

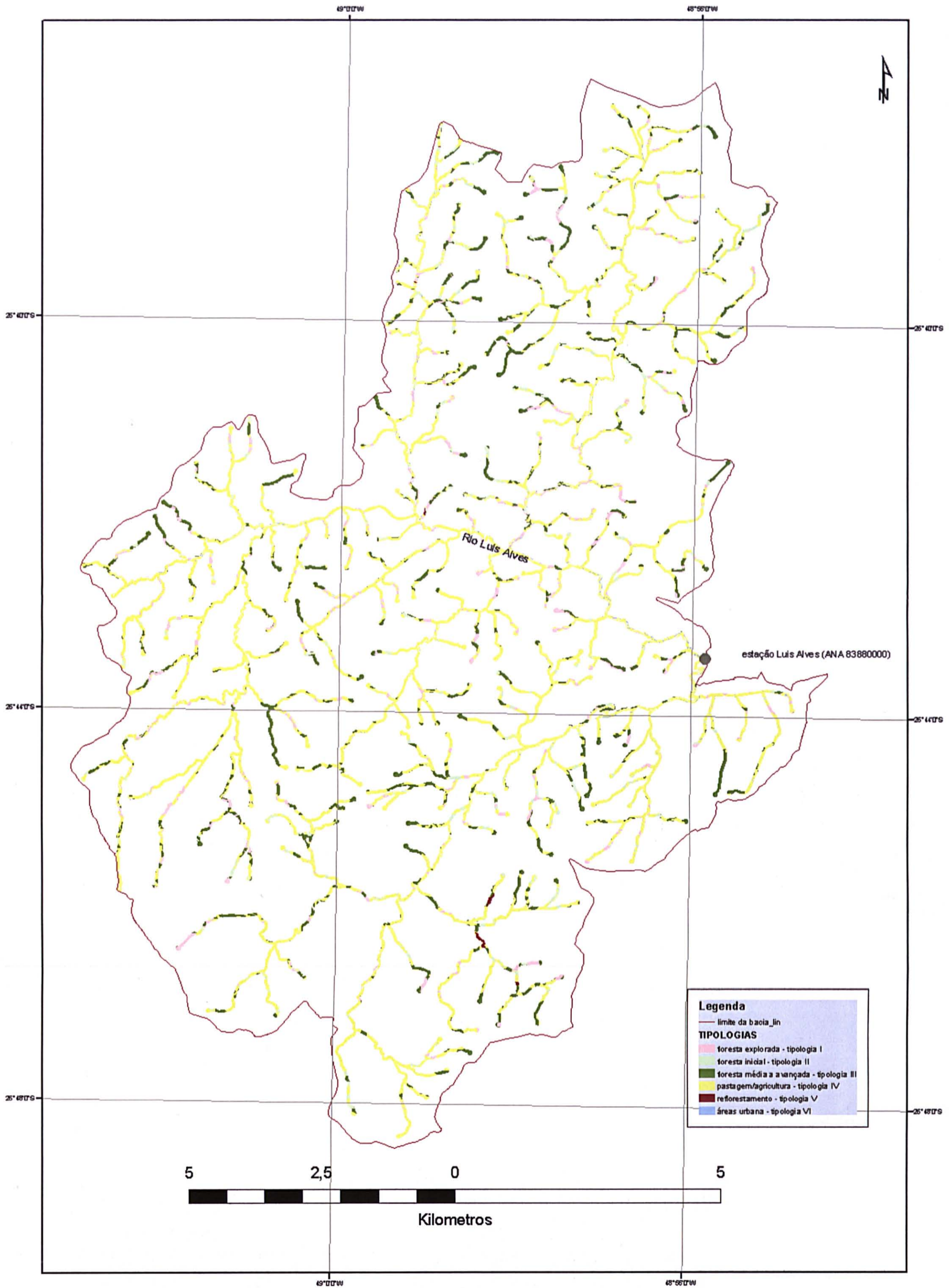
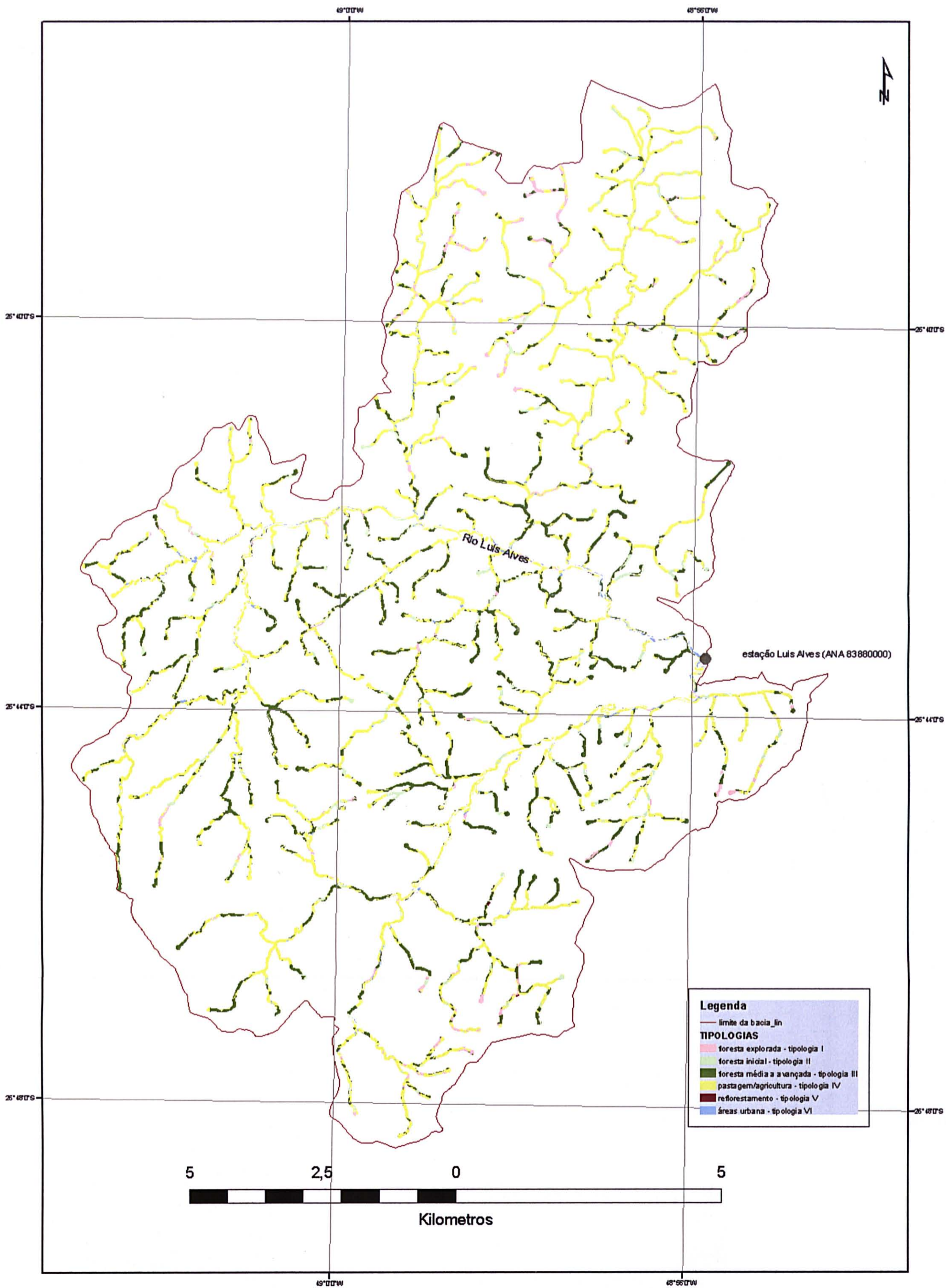


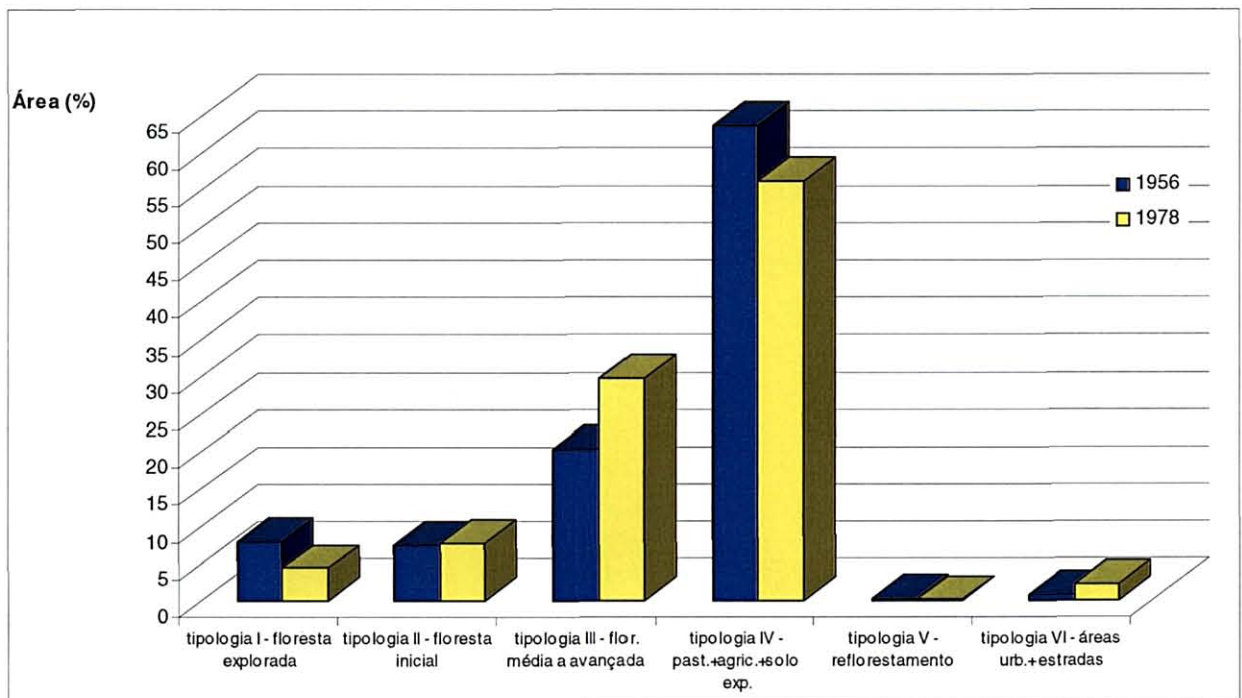
Figura 11.2. Ambientes Ciliares X Uso do Solo na Bacia do Rio Luis Alves em 1978



5.2.3 Evolução do Conflito entre o Uso do Solo e as Áreas Ciliares de 1956 - 1978

De acordo com os dados já comentados, é apresentado o Gráfico 10, a evolução do uso do solo entre os anos de 1956 e 1978, nas áreas que margeiam os cursos d'água. Ver Figuras 11.1 e 11.2.

GRÁFICO 10. EVOLUÇÃO DO CONFLITO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁREAS CILIARES ENTRE 1956 E 1978.



É verificado que as áreas de florestas exploradas ao longo dos cursos d'água reduziram, passando de 1,5160km² para 0,8097km², ou seja, foram não exploradas cerca de 0,7063km² de florestas. Este valor acompanha a evolução das florestas exploradas na área toda, pois, as áreas ciliares representam 12,03% da área, e a área que deixou de ser explorada nas áreas ciliares representa 11,50% daquela que deixou de ser explorada em toda a área de estudo.

As florestas iniciais praticamente mantiveram-se na ocupação da mesma quantidade de área, ou seja, em 1956 ocupavam 7,39% das áreas ciliares, e em 1978, ocupavam 7,67%. Ocorrendo um pequeno aumento. Porém, ocorreu uma curiosa inversão na dinâmica de ocupação das florestas iniciais, pois nas áreas

ciliares houve aumento de 5,45ha (0,28% das áreas ciliares), e no restante da área de estudo ocorreu diminuição das florestas iniciais de 95,54ha (0,60% da área toda).

Ocorreu forte regressão dos reflorestamentos nas áreas ciliares de 1956 para 1978, pois, a diminuição dos reflorestamentos que ocorreu nas áreas ciliares, representam 30% daquela que ocorreu na área toda. 3,44ha de reflorestamentos foram reduzidos nas áreas ciliares, enquanto que em toda a bacia 11,50ha de reflorestamentos diminuíram.

As áreas urbanas aumentaram em toda a bacia 107,01ha e, desse aumento, 26,06% aumentaram só nas áreas ciliares. Pode-se considerar que este foi uma forte aumento das áreas urbanas e estradas nas áreas ciliares, pois as mesmas representam apenas 12,03% da área total, ou seja, nas áreas ciliares as áreas urbanas e estradas aumentaram mais que o dobro do que aumentaram em toda a bacia.

As áreas de agricultura, pastos e solo exposto, passaram de 12,1689km², ou 63,61% da área, para 10,7564km² (56,23% da área). O decréscimo das áreas de pastagens, agricultura e solo exposto nas áreas ciliares representam 14,89% daquele que ocorreu em toda a área. Assim, pode-se afirmar que, esta forma de ocupação do solo regrediu quase homogeneamente em toda a bacia, ocorrendo leve regressão maior nas áreas ciliares.

As florestas médias a avançadas aumentaram a área de ocupação das áreas ciliares, passando de 20,20% (386,44ha) em 1956, para 29,71% (568,42ha). Este aumento foi homogêneo em toda a área de estudo em relação às áreas ciliares.

As florestas iniciais surgiram ali, apesar de terem diminuído em toda a bacia. Já que muitos reflorestamentos deixaram de existir, possivelmente estas áreas reflorestadas foram exploradas e, abandonadas, a regeneração natural encarregou-se de cumprir sua tarefa de iniciar florestas.

Pode-se dizer que houve uma melhoria nas condições ambientais ao longo dos cursos d'água. Florestas renovaram-se, deixaram de ser exploradas, nasceram onde não existiam. Porém, mais de a metade dos ambientes ciliares permaneceram com usos que são altamente agressivos ao sistema ripário, como a agricultura, por exemplo.

Sendo que parte dessa bacia é utilizada para o cultivo de arroz irrigado, não é de se estranhar este fato. Se analisada a área a jusante da área de estudos, ver-se-á que a agressão é ainda maior, uma vez que os terrenos tornam-se cada vez menos íngremes e com planícies de inundação cada vez mais extensa, favorecendo a utilização dessas áreas que são de extrema fragilidade.

Na bacia do Luis Alves tem sido avaliada a sua condição de manancial de abastecimento para algumas cidades do litoral de Santa Catarina, especialmente os balneários próximos a foz do Rio Itajaí (comunicação pessoal Casan). Alguns desses balneários, nas temporadas de verão, chegam a receber cerca de 800.000 pessoas que, por não possuírem fontes de abastecimento (rios ou nascentes) próprias capazes de corresponder a demanda de água, obrigam às empresas de saneamento que captem recursos hídricos de áreas mais interioranas, como o caso de Luis Alves.

5.3 OS CONFLITOS NOS TOPOS DE MORRO

Foi utilizada a metodologia descrita para a elaboração da carta dos topos de morro, que foi cruzada às cartas de uso do solo de 1956 e 1978. Deste cruzamento obteve-se como resultados então, quais as formas de uso e ocupação do solo eram freqüentes nestes ambientes.

Os topos de morro têm importância no controle dos processos erosivos, e, dessa forma, necessitam de preservação integral das florestas. Essa proteção é prevista no Código Florestal Brasileiro.

De acordo com a metodologia aplicada para selecionar as áreas de topos de morro, as áreas de topos de morro representam 11,82% da área total da bacia, ou seja, 18,7714km².

5.3.1 Conflitos entre as Áreas de Topos de Morro e o Uso do Solo em 1956

Foram observados em 1956, de acordo com a legislação exige, que 44,41% das área de topos de morro apresentavam cobertura em desacordo com o ideal (as florestas). São considerados como usos inadequados aqui, todas as tipologias de uso consideradas neste estudo, exceto as florestas médias a avançadas. Na tabela 13 são apresentados os valores encontrados em relação aos usos das áreas de topos de morro. Ver Figura 12.1.

Observa-se que a maior área é ocupada por florestas (10,4356km²), representando 55,59% de cobertura de toda a área dos topos de morro. Das florestas médias a avançadas de toda a bacia 20,24% estão nos topos de morro.

TABELA 13. RELAÇÃO DO USO DOS TOPOS DE MORRO EM 1956

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	Área (km ²)	% dos topos	% à área total da bacia	% do total da classe geral
Tipo I	Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparso	2,2272	11,86	1,4019	15,316
Tipo II	Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	1,3659	7,28	0,8598	10,577
Tipo III	Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	10,4356	55,59	6,5688	20,237
Tipo IV	Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	4,7302	25,20	2,9775	5,996
Tipo V	Reflorestamento	0,0114	0,06	0,0072	7,125
Tipo VI	Áreas urbanas e Estradas	0,0011	0,01	0,0007	0,296
TOTAL	—	18,7714	100	11,8159	—

Em relação à área total da bacia, as florestas encontradas nos topos dos morros representam cerca de 6,57% dela.

As pastagens cobrem 25,20% dos topos de morro. E, dessa tipologia, aproximadamente 6% encontram-se nos topos de morro.

Em terceiro lugar, estão as florestas exploradas, que ocupam área de 2,2272km² na bacia, ou seja, 11,86% dos topos de morro apresentam este tipo de cobertura. Em relação a distribuição desta tipologia ao longo de toda a bacia, pode-se dizer que 15,316% de toda a floresta explorada estão nos topos de morro.

As demais tipologias apresentam valores não representativos, porém os reflorestamentos apesar da pequena área 0,0114km², que representa apenas 0,06% de cobertura dos topos de morro, responde por 7,125% de toda a tipologia encontrada ali.

Os valores sugerem que os topos de morro em 1956 parcialmente apresentem problemas com erosão laminar, uma vez que existem usos inapropriados àquelas condições de solo, clima e capacidade de infiltração. Os topos de morro devem ter preservadas as florestas para minimizar os efeitos da erosão laminar.

5.3.2 Conflitos entre as Áreas de Topos de Morro e o Uso do Solo em 1978

Os conflitos de uso encontrados nos topos de morro em 1978 somam área de 8,148km², ou 43,41% da área (Ver Tabela 14 e Figura 12.2). Incluindo, novamente neste valor, todas as tipologias exceto das florestas médias a avançadas. Este valor

ainda é bastante elevado tendo-se em vista que, estas áreas estão, sujeitas a erosão a cada evento de precipitação.

Porém, a tipologia que apresenta a maior cobertura dos topos é florestas médias a avançadas, com 10,6234km² ou a cobertura de 56,59% dos mesmos.

TABELA 14. RELAÇÃO DO USO DOS TOPOS DE MORRO EM 1978

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	Área (km ²)	% dos topos	% à área total da bacia	% do total da classe
Tipo I	Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparso	1,9390	10,33	1,2205	23,079
Tipo II	Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	1,2417	6,61	0,7816	10,383
Tipo III	Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	10,6234	56,59	6,687	15,81
Tipo IV	Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	4,9625	26,44	3,1237	7,151
Tipo V	Reflorestamento	0	0	0	0
Tipo VI	Áreas urbanas e Estradas	0,0048	0,03	0,003	0,333
TOTAL	---	18,7714	100	11,8158	---

Os reflorestamentos inexistem nos topos de morro em 1978. Da mesma forma as áreas urbanas e estradas praticamente inexistem também em 1978, pois ocupam apenas 0,03% destes locais.

As pastagens ocupam 4,9625km², ou 26,44% das áreas de topos de morro, o que equivale a 7,151% de toda esta tipologia.

Curioso é que as florestas exploradas ocupam apenas 10,33% dos topos de morro (1,9390km²), porém, 23,079% de toda esta tipologia encontra-se nestes locais.

As florestas iniciais apesar de apresentarem área pequena 1,2417km², ocupando apenas 6,61%, esta área representa 10,383% de toda a distribuição desta tipologia na área de estudo.

Da mesma forma que em 1956, em 1978 as áreas também mantêm características que sugerem tendência a apresentar quadros erosivos, uma vez que são ocupados em grande parte por formas de uso inapropriados àquelas condições de clima, características de solo e capacidade de erosão.

Figura 12.1. Topos de Morro X Uso do Solo na Bacia do Rio Luis Alves em 1956

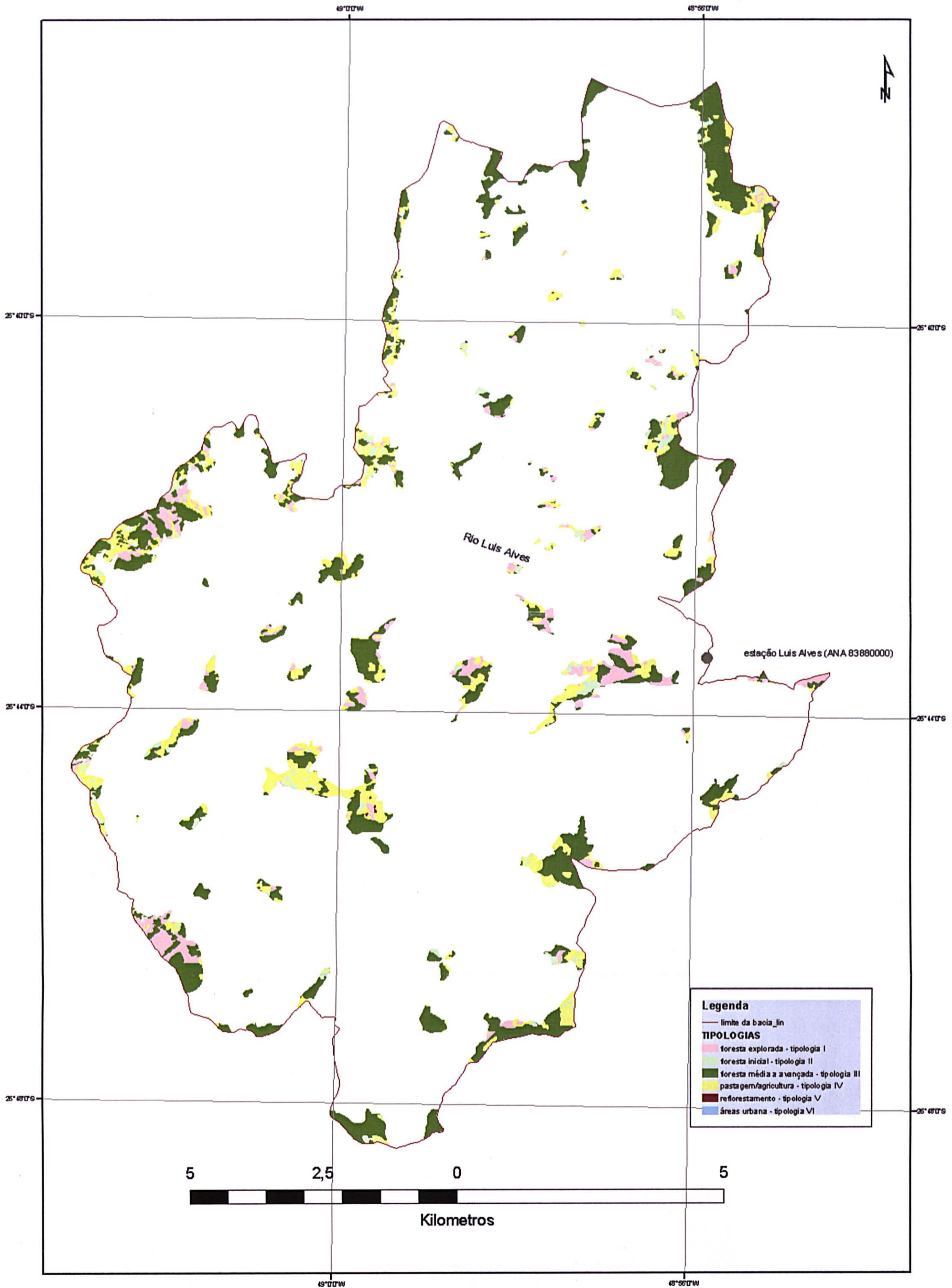
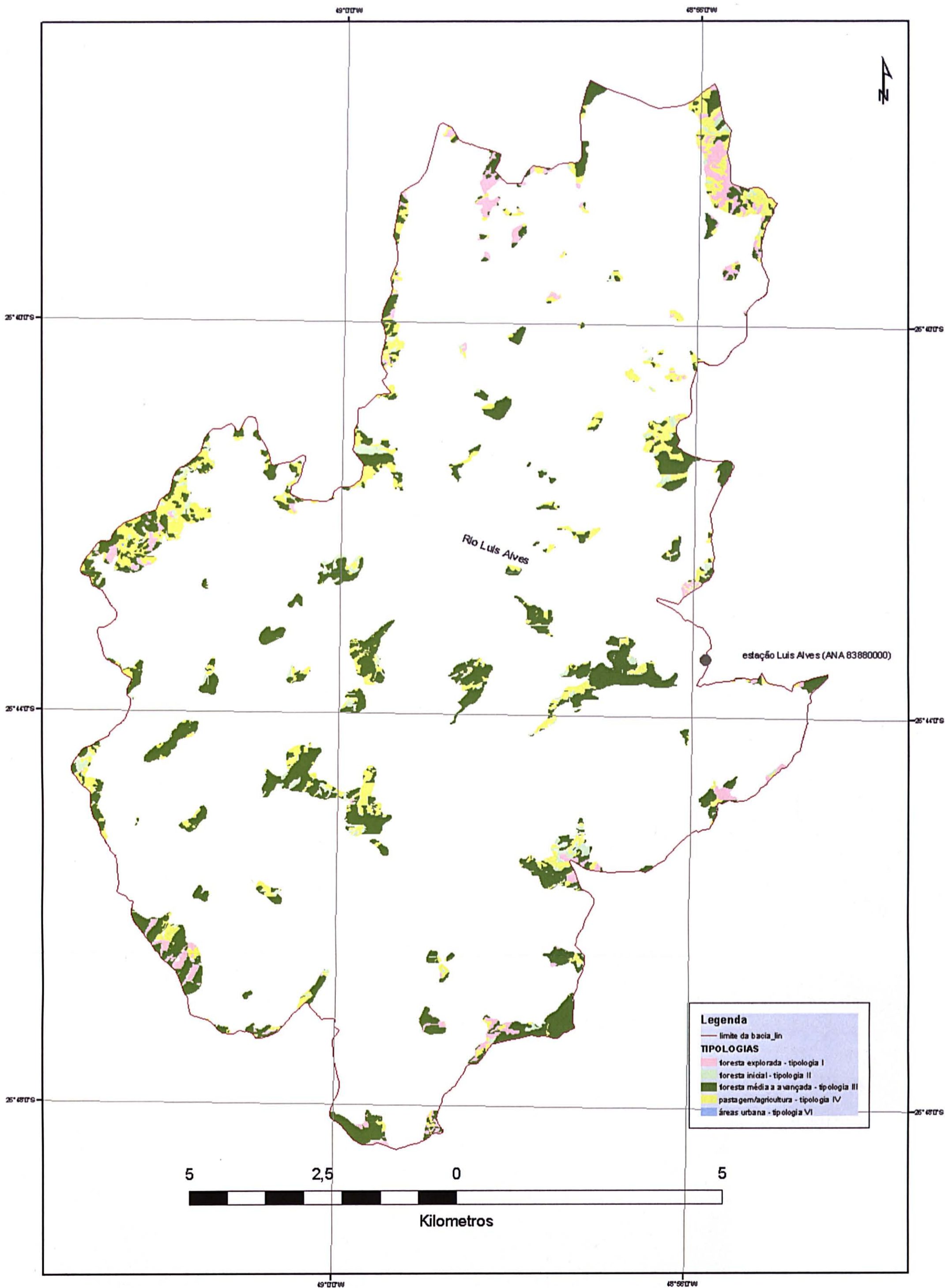


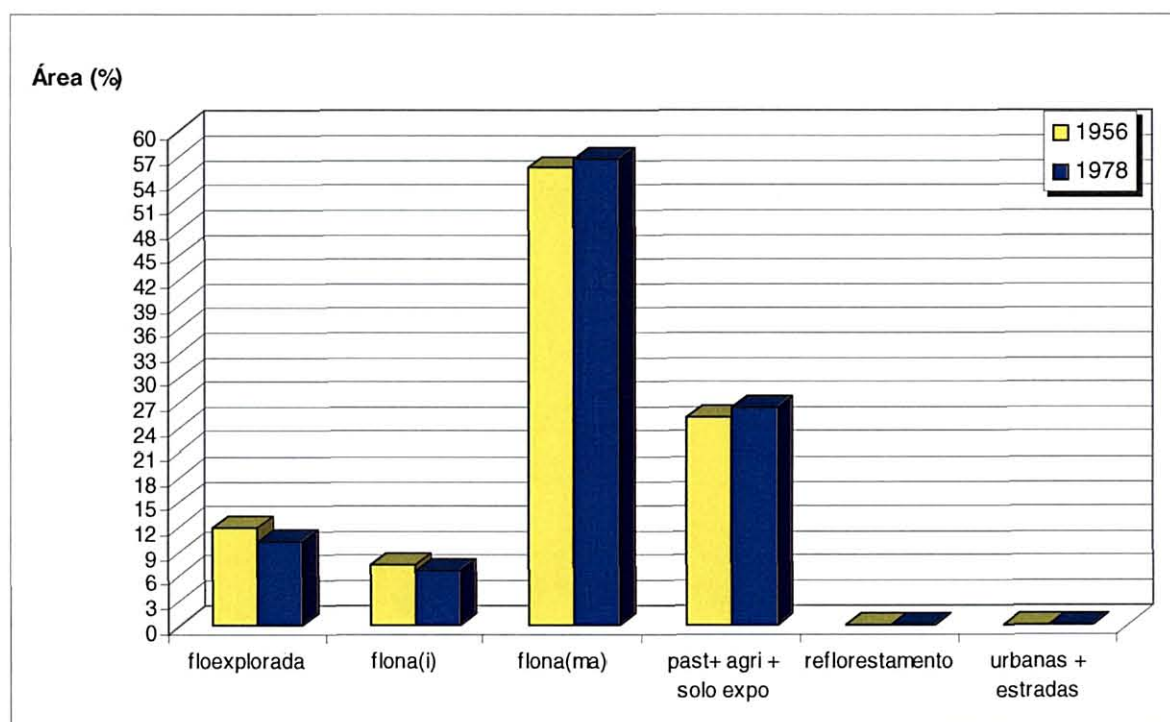
Figura 12.2. Topos de Morro X Uso do Solo na Bacia do Rio Luis Alves em 1978



5.3.3 Evolução do Conflito entre o Uso do Solo e os Topos de Morro de 1956 – 1978

No Gráfico 11 é apresentada a evolução do uso dos topos de morro no período estudado.

GRÁFICO 11. DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DOS TOPOS DE MORRO ENTRE 1956 E 1978



As florestas exploradas passaram a ocupar área menor nos topos de morro em 1978, havendo diminuição de 28,82ha de ocupação daqueles locais, assim como em toda a área de estudo, também ocorreu redução de 614,06ha. Porém, mesmo apesar desta redução na área de ocupação desta tipologia, houve aumento da proporção destas áreas em relação à distribuição da tipologia. Dessa forma, pode-se concluir que, nas áreas de topos de morro, as florestas não foram exploradas como em outros locais da área de estudo.

Em relação as florestas iniciais, houve uma redução de 12,42ha, esta diminuição acompanha àquela que ocorreu em toda a área de estudo, sendo que representa 13% desta última. Assim, pode-se dizer que as florestas iniciais diminuíram suas áreas igualmente no geral da área de estudo como dos topos.

Os reflorestamentos reduziram a sua área em 1,14ha (não ocorrem áreas com reflorestamentos nos topos de morro em 1978). Esta redução representa 9,91% daquela que ocorreu em toda a bacia, ou seja, pode-se sugerir que, sendo que os topos de morro representam aproximadamente 12% da área total da bacia, os reflorestamentos não foram implantados homoganeamente em toda a área de estudo.

Foi observado um aumento de 0,37ha das áreas urbanas e estradas nos topos de morro e de 107,01ha em toda a área de estudo, ou seja, em relação à área total, o aumento foi de 0,36% na área. Isso quer dizer que as áreas urbanas e estradas expandiram-se preferencialmente, e principalmente, para outras regiões da área.

Curiosamente, as pastagens nos topos de morro aumentaram 23,23ha, 1,24% da área de aumento, em contrapartida na área total houve redução de 948,45ha, 6% de redução na área desta tipologia de uso do solo.

As florestas médias a avançadas aumentaram a área de ocorrência nos topos em 18,78ha, e no todo, aumentaram 1562,54ha. Este aumento representa 1,20% daquele que ocorreu em toda a área.

Numa área com alta densidade de drenagem, como é o caso da área de estudo, o fato de haver conflitos entre o uso recomendado e o efetivo ser alto para as classes de declividade 5 e 6 (9,29km² em 1956 e 6,88km² em 1978) da área é bastante preocupante, especialmente porque na área de estudo as chuvas têm alto poder erosivo, especialmente nos meses de fevereiro, janeiro e março, de acordo com VEIGA et al (1994).

A melhoria da qualidade ambiental da bacia entre os anos de 1956 e 1978 foi discreta, sendo positiva em alguns aspectos e negativa em outros. As observações visuais e informações de técnicos de órgãos de fiscalização ambiental do Estado de Santa Catarina, revelam que, atualmente houve uma crescente exploração de práticas de agricultura bastante agressoras ao meio ambiente, como a rizicultura a jusante da área de estudo, e a bananicultura inclusive na área de estudo. Estas atividades impõem sérios danos ao meio ambiente uma vez que usam agrotóxicos bastante agressores.

6 CONCLUSÕES

É observado que a medida que aumenta a declividade na área de estudo, as formas de uso que favorecem a maior proteção ao solo também vão aumentando. No entanto, nenhuma delas apresenta 100% de recobrimento de florestas médias a avançadas, mesmo a classe 6 ($> 45^\circ$).

As áreas de maior declividade (classe 4, 5 e 6) apresentaram a maior dinâmica de ocupação do solo, ocorrendo diminuição nos usos menos protetores ao solo e a água, e aumento daqueles mais protetores (florestas).

No geral, e como era de se esperar tendo em vista o aumento na área de ocupação de florestas em toda a área de estudo, nas classes de declividade o conflito de uso do solo diminuiu. Nas classes 5 e 6 de declividade, ao contrário de toda a bacia, as florestas em estágio inicial de desenvolvimento aumentaram. Possivelmente devido ao abandono do campo.

As áreas ciliares representam o maior conflito entre o uso permitido e o uso efetivo desses ambientes. Em 1956 quase 80% de todas as áreas ciliares estavam em conflito, e em 1978 cerca de 70% mantêm-se em conflito.

É observada a tendência de que as áreas ciliares aos cursos d'água sejam as preferidas para o cultivo agrícola e de pastagens. Esta é a tendência de todo o Vale do Itajaí.

Salienta-se que em toda a área de estudo as florestas iniciais reduzem-se, porém, nas áreas ciliares ocorre aumento dessa tipologia entre os anos de 1956 e 1978. Provavelmente, e da mesma forma que nas classes de declividade 5 e 6, devido ao abandono do campo.

O desenvolvimento de núcleos urbanos deu-se preferencialmente nas áreas ciliares. Revelando a teoria de que o homem ainda vê nos rios seu meio e referência para o desenvolvimento econômico, apesar da mudança na matriz econômica (do campo para as cidades).

Pode-se dizer que a dinâmica de ocupação das florestas médias a avançadas nos topos de morro, não acompanhou a dinâmica de toda a área de estudo, sendo dispersada em outros locais da bacia.

As áreas de pastagens, agricultura e solo exposto em contradição às demais áreas da bacia, aumentaram nos topos de morro.

As características físicas da área de estudo não apontam problemas com inundações (realidade observada a jusante da área), mas mostram que as preocupações com processos erosivos deveriam ser considerados em qualquer empreendimento. Daí a necessidade de serem observadas propostas de qualidade ambiental sugeridas pela legislação vigente no que se refere a capacidade de uso dos solo e áreas de preservação permanente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO II

- BRASIL. 1965. Lei Federal n.º 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal.
- BRASIL. 2002. Decreto n.º 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.
- FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. **Movimentos de Massa: uma Abordagem Geológico-geomorfológica**. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Editores: Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 123 – 194.
- GALETI, P. A. **Conservação do Solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2ª edição, 1973. 286p.
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (organizadores). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372p.
- LIMA, W. P. & ZÁKIA, M. J. B. **Hidrologia de Matas Ciliares**. In: Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. Editores: Ricardo Ribeiro Rodrigues e Hermógenes de Freitas Leitão Filho. São Paulo: Fapesp, 2000. p. 33 – 44.
- MAFRA, N. M. C. **Erosão e Planificação do Uso do Solo**. In: Erosão e Conservação do Solo: Conceitos, Temas e Aplicações / Antônio José Guerra, Antônio Soares da Silva e Rosângela Garrido Machado Guerra (organizadores). – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.301 – 322.
- MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963. 419p.
- MOLION, L. C. B. **Influência da Floresta no Ciclo Hidrológico**. In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 1 – 7.
- PEREZ-TREJO, F. **Landscape response units: process-based self-organising systems**. In: Landscape Ecology and GIS. Editores: HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D. R.; COUSINS, S. H. London: Taylor & Francis ed. 1993. 159p.
- PUNDEK, M. **Levantamento e Planejamento Conservacionista de Propriedades Rurais em Microbacias**. In: Manual de Uso, Manejo e Conservação do Solo e da Água: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos

- Naturais em Microbacias Hidrográficas. 2. Ed. ver., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384p.
- SALOMÃO, F. X. de T. **Controle e Prevenção dos Processos Erosivos.** In: Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações/ Antônio José Teixeira Guerra, Antônio Soares da Silva, Rosângela Machado Botelho (organizadores). – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229 – 267.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de Uso , Manejo e Conservação do Solo e da Água:** Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. 2. Ed. ver., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384p.
- SANTOS, C. D. T. **Microbacia do Rio Vila Formosa Curitiba – PR:** Diagnóstico e Zoneamento Ambiental como Subsídio ao Planejamento. Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Dissertação (Mestrado). 154p. 2000.
- SILVA, A. M. da. Conflicts of Land Use/ Land Cover with Relation to Slope Occurring on Água Fria Watershed (Palmas – TO, Brazil). In: Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, Volume 3, n. 1, janeiro-abril 2001. p. 111-119.
- VEIGA, M.; BASSI, L; ROSSO, A. de. **Degradação do Solo e da Água.** In: Manual de Uso , Manejo e Conservação do Solo e da Água: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. 2. Ed. ver., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384p.

CAPÍTULO III ANÁLISE DAS SÉRIES HISTÓRICAS DAS VARIÁVEIS HIDRO-CLIMATOLÓGICAS

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão investigadas as variáveis hidro-climatológicas vazão e precipitação, quanto a sua evolução ao longo do tempo.

É objetivo desta etapa do trabalho, fazer análise da estacionariedade e de tendências das séries históricas de vazão (estação fluviométrica ANA 83880000) e de precipitação (estação pluviométrica ANA 2648002) presentes na área de influência da estação fluviométrica localizada no município de Luis Alves.

Inicialmente, foi analisada a bibliografia pertinente ao assunto, em seguida, aplicou-se métodos estatísticos de análise das séries históricas das variáveis pluvio e fluviométricas e, finalmente, em relação aos resultados apresentados pelas análises estatísticas pôde-se concluir a cerca das tendências de evolução de cada série.

2 OBJETIVOS

É objetivo deste capítulo analisar a ocorrência ou não de diferenças nas médias estatísticas e nas variâncias, das séries de vazões mínimas, médias e máximas (médias e absolutas) mensais e anuais, registradas na estação 83880000, em diferentes períodos (de 1929 a 1967 e 1978 a 2000; de 1956 a 1967 e 1978 a 2000).

Do mesmo modo, analisar a série de precipitação registrada na estação 2648002, a partir de 1941.

E, estimar a magnitude das vazões máximas esperadas para determinados tempos de retorno em subperíodos da série histórica e, dessa forma, verificar a ocorrência ou não de vazões maiores relacionados a determinados períodos de tempo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 BALANÇO HÍDRICO

Balanço hídrico diz respeito aos percentuais de água que circulam no planeta. Segundo RIGHETTO (1998), da água que é evaporada e que circula pela Terra, 86% é evaporada dos oceanos, sendo que desta, 80% precipita sobre e 20% é precipitada sobre os continentes, sendo que 14% desta retornará à atmosfera através da evapotranspiração e 6% retornará ao oceano através dos escoamentos superficiais e subterrâneos.

A água em circulação que está disponível em cada meio, compondo as reservas do planeta são (TUCCI, 2000): oceano – $1.350 \times 10^{15} \text{ m}^3$; geleiras – $25 \times 10^{15} \text{ m}^3$; águas subterrâneas – $8,4 \times 10^{15} \text{ m}^3$; rios e lagos – $0,2 \times 10^{15} \text{ m}^3$; biosfera – $0,0006 \times 10^{15} \text{ m}^3$; atmosfera – $0,0130 \times 10^{15} \text{ m}^3$.

Em diferentes graus de influência, estas reservas destinarão água para compor o ciclo da água, ou ciclo hidrológico, através das mudanças de estado físico que a água sofre impulsionada pela energia solar associada à gravidade e à rotação da Terra (RIGHETTO, 1998; TUCCI, 2000; GUIMARÃES, 2000).

3.2 O CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico deve ser considerado como um fator formador e controlador do clima por duas razões básicas: a primeira razão é que o ciclo hidrológico é produto do clima e também da paisagem biogeográfica, e a segunda razão é que o ciclo hidrológico exerce influência sobre o clima (MOLION, 1985).

Este ciclo, impulsionado pela energia solar, é responsável pela retirada da água dos oceanos, através da evaporação da superfície do mar, assim como as superfícies terrestres, sendo que, anualmente cerca de $5,5 \times 10^5 \text{ km}^3$ de água são evaporados, o que utiliza em torno de 36% de toda a energia solar que a Terra absorve (TUCCI & CLARKE, 1997).

CASTRO (1985) cita que o ciclo hidrológico inclui os processos associados ao armazenamento e movimento da água nos seus três estados.

HEWLETT (1982)¹² apud CASTRO (1985) afirma que é através do ciclo hidrológico que o movimento da água estabelece o nível básico da produtividade da terra. O homem, ao utilizar os recursos naturais, deveria conhecer a influência da atividade no ciclo hidrológico, e a interferência da mesma no sistema complexo e de interligações naturais que é o ciclo hidrológico.

Conhecer o ciclo hidrológico é importante para o entendimento de problemas tais como, erosão, déficit hídrico e enchentes.

Os processos que compõe o ciclo hidrológico são (TUCCI, 2000; GUIMARÃES, 2000; LIMA, 1993; RIGHETTO, 1998; MOLCHANOV, 1963):

Precipitação: é toda a água que atinge a superfície terrestre, vinda da atmosfera, sob diferentes formas tais como, neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve – no Brasil, o maior volume de precipitação dá-se sob a forma de chuva. No ciclo hidrológico, a precipitação é *input* principal, sendo a fonte primária de quase toda a água doce terrestre.

A precipitação se forma a partir do vapor de água que se condensa ao encontrar uma massa fria de ar ou quando atingem altitudes em que o ar é mais frio. A aglutinação das gotículas se dá até que atinjam um volume não suportável pela gravidade, então ocorre a precipitação das mesmas.

O conhecimento da frequência, intensidade e distribuição espaço-temporal da precipitação ao longo do ano, é importante para o planejamento da agricultura, controle de erosão e de inundações e zoneamento do solo.

Interceptação: A precipitação é interceptada pela copa da floresta, sendo retida temporariamente até que parte dela escoe pelos galhos e troncos, e parte dela retorna a atmosfera através da evaporação.

A interceptação é influenciada pela densidade das copas das árvores e a abundância da folhagem nas copas das árvores. As florestas fechadas interceptam mais do que as menos densas. A exploração de florestas podem afetar o regime hídrico e reduzir a interceptação da chuva pelas copas.

Com a interceptação, a variação da vazão dos rios ao longo do ano pode ser reduzida, assim como o pico das cheias pode ser retardado e reduzido.

¹² HEWLETT, J. D. **Principles of Forest Hydrology**. Athens, University of Georgia Press, 1982. 183p.

Precipitações menos intensas podem ser totalmente interceptadas por copas de florestas bastante densas.

Infiltração: da parte da água precipitada que chega ao solo, uma parcela passa ao interior do mesmo. Este processo depende da água disponível, das características do solo, do estado da superfície do mesmo, das chuvas anteriores.

O perfil do solo absorve esta água até que haja saturação do mesmo. O teor de umidade decresce com a profundidade. Parte da água que é infiltrada, caminha no sentido da profundidade, e parte no sentido horizontal das camadas do solo.

Escoamento Superficial: quando a camada superficial do solo está saturada, a água que continua chegando a esta camada, não podendo infiltrar-se, esco lateralmente sob o solo, escorrendo inicialmente através de filetes de drenagem, e a medida que o processo continua, forma uma micro-rede de drenagem efêmera que conduzirá a água ao canal de drenagem mais próximo.

Escoamento Sub-superficial: refere-se a parcela da água do solo que, uma vez infiltrada, esco paralelamente à declividade do mesmo. Este escoamento poderá acontecer em meio saturado, quando o solo atingir a capacidade de campo, ou em meio insaturado, quando a movimentação da água se dá por efeito das forças de capilaridade.

Escoamento de Base: acontece na zona de saturação do solo (quando todos os espaços vazios estão preenchidos por água), sendo alimentado principalmente pelo lençol freático, e também pela água proveniente da percolação da zona de aeração do solo.

Percolação: chama-se percolação o movimento vertical da água dentro do perfil do solo. Está relacionado à condutividade hidráulica do solo e às forças formadas pela gravidade e pela tensão de umidade.

Evapotranspiração: é a conversão da água em vapor, voltando então para a atmosfera. A evapotranspiração é composta por dois processos: a evaporação da água através do solo e de superfícies molhadas (como lagos e oceano), e da água que é retida pelas copas; e a transpiração das plantas. Condicionantes climáticas e as formas e grau de desenvolvimento da vegetação, interferem na evapotranspiração.

Devido a interferência destas condicionantes, são considerados dois tipos de evapotranspiração: Evapotranspiração Potencial, na qual a superfície do solo está coberta por vegetação e com quantidade ideal de água, em condições ambientais conhecidas; Evapotranspiração Real, aquela que acontece em condições ambientais reais, atmosféricas e de solo.

Escoamento dos Canais: é a fração de água que escorre pelo canais de drenagem, formando rios e voltando ao oceano. Esta água provém dos escoamentos superficial, sub-superficial, de base e da precipitação direta sobre os canais. As características do escoamento depende da forma da topografia, das características do solo e climáticas das bacias hidrográficas.

3.3 ESTATÍSTICA E OS ESTUDOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Dos estudos em hidrologia, o mais comum atualmente, segundo GUIMARÃES (2000), são aqueles realizados em uma única bacia hidrográfica, os quais são, geralmente, análises das variações das variáveis hidro-climatológicas ao longo do tempo, em comparações às mudanças da cobertura do solo.

Ainda, segundo GUIMARÃES (2000), os estudos clássicos deste tipo de análise hidrológica foram aqueles realizados no Laboratório Hidrológico de Coweeta, na Carolina do Norte, os quais tiveram grande importância em estudos subseqüentes. Naqueles estudos puderam ser relacionados os impactos causados pelo corte de florestas e outras mudanças na cobertura no solo no escoamento da bacia, na produção de sedimentos e na freqüência de enchentes.

Antes de serem analisadas as variáveis hidro-climatológicas comparativamente às mudanças de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica, faz-se necessário o estudo estatístico das variáveis de interesse, tais como vazão e precipitação, por período de tempo estatisticamente viável (GUIMARÃES, 2000).

Através do tempo, os métodos estatísticos de análise das variáveis hidrológicas e climatológicas foram evoluindo. Segundo TUCCI (2000), os primeiros trabalhos em hidrologia quantitativa foram feitos por Scherman em 1932, o qual apresentou o hidrograma unitário para o escoamento superficial. Em seguida, Horton em 1933 apresentou a fórmula empírica para o cálculo da infiltração e assim determinou a precipitação efetiva. A partir daí, até a década de 50 as pesquisas hidrológicas fundamentavam-se apenas em indicadores estatísticos dos processos

evolutivos. Daí por diante, os modelos matemáticos foram evoluindo e, com a inserção dos conhecimentos de diferentes processos na bacia hidrográfica (como escoamento subterrâneo, fluxo em rios etc.), e a evolução da capacidade dos computadores, as simulações matemáticas tornaram-se cada vez melhores.

A Hidrologia Estatística é a parte da hidrologia que estuda as séries temporais das variáveis, surgindo através da análise da frequência das cheias, e evoluindo dentro de dois aspectos: o determinístico e o estocástico. O primeiro refere-se aos fenômenos físicos descritos por equações diferenciais. O último diz respeito aos aspectos probabilísticos das variáveis.

Sendo aleatórias e contínuas espaço-temporalmente, as variáveis hidrológicas (como por exemplo a chuva, a temperatura, a insolação, a velocidade e o sentido dos ventos e a vazão), são representadas através de sua *discretização*, ou seja, são tratados a partir de valores obtidos em instantes ou períodos sucessivos de tempo, ou em pontos geográficos definidos no espaço, como por exemplo as leituras de níveis de estações sem linígrafos, obtidas em dois instantes do dia, sejam às 7 e às 17 horas, nestes casos, são realizadas as médias diárias entre estas duas leituras (TUCCI, 2000).

RIGUETTO (1998) cita que quando se dispõe de dados seqüenciais, o regime de vazão pode ser analisado sob forma da análise da série temporal dos valores observados. Seja a série temporal uma seqüência de valores numéricos ordenados cronologicamente. Os componentes principais que uma série temporal pode apresentar são: componente de tendência; de periodicidade; e, aleatório. O componente de tendência descreve qualquer aumento ou diminuição dos valores de vazão com o tempo.

Histograma de frequência é a representação gráfica da frequência de ocorrência de um dado valor da variável aleatória de interesse. Dentro dessa definição, é muito utilizada a análise de tendência central que está relacionada com a parte central do hidrograma de frequência.

A análise de tendência central é representada por parâmetros estatísticos (TUCCI, 2000) tais como, média aritmética – é a regularização total da variável, ou seja, o valor que representa a constância da variável; moda – é o intervalo de classe onde a frequência de ocorrência da variável é máxima; variância (s^2) – que é a diferença entre a média dos quadrados da variável e o quadrado da média; desvio

padrão – sendo a raiz quadrada da variância (s), representa que quanto maiores forem o desvio padrão e a variância, maior será a flutuação em torno da média; entre outros parâmetros.

O interesse em ser estudado o histograma de frequência é a possibilidade de serem efetuadas projeções futuras da variável estudada.

A análise de frequência, segundo VIESSMAN & LEWIS (1995), é a investigação de dados médios da população para estimar a recorrência ou probabilidades de magnitude de variáveis hidrológicas.

Através da análise da distribuição de frequência das vazões máximas anuais pode-se estimar a vazão máxima de um período de retorno determinado (RIGHETTO, 1998; TUCCI, 2000; VIESSMANN & LEWIS, 1995).

3.4 A VARIÁVEL FLUVIOLÓGICA (VAZÃO)

As vazões, segundo RIGHETTO (1998), são variáveis aleatórias de um processo estocástico, pois, os valores da vazão em um determinado instante dependem de valores de variáveis aleatórias e variáveis determinísticas que influem no processo de gerações das vazões.

VEISSMANN & LEWIS (1995) afirmam que as vazões são geradas, quando em períodos de chuva, pela precipitação e pela entrada da água do solo nos canais, e, em períodos de seca, a vazão é sustentada apenas pelas descargas da água do solo.

A qualidade e a quantidade de fluxo de vazão gerados em bacias de drenagens são afetados pelas características física, de cobertura vegetal e de clima (VEISSMANN & LEWIS, 1995). Devido a complexidade envolvida nas análises de vazões, os mesmos autores afirmam que o hidrólogo (ou hidrologista), deverá ter um bom entendimento de solo, rochas, plantas, topografia, modelos de uso do solo, e outras características da bacia de drenagem. Dentre estas características, e, embora todas influenciem a quantidade e qualidade da vazão, os autores afirmam que, em muitos casos, especialmente nas bacias de drenagem com interferência antrópica, as formas de uso do solo criadas pelo homem, podem ser dominantes a estas características.

Para o controle de enchentes, em projetos de obras hidráulicas, dimensionamento de irrigação, entre outros, são necessários estudos das vazões máximas (TUCCI, 2000).

O autor cita que a vazão máxima de um rio pode ser entendida como sendo o valor observado que pode ser igualado ou superado em determinado período de tempo. Ela pode ser estimada através de três formas: a) no ajuste de uma distribuição estatística; b) na regionalização de vazões; c) dos modelos de transformação da precipitação em vazão. De acordo com a possibilidade e disponibilidade de dados de séries históricas, utiliza-se as formas de determinação da vazão mais conveniente.

CHIARANDA (2002) cita vários estudos, nos Estados Unidos, nos quais as análises de séries temporais de 33 a 114 anos mostram evidências de aumento dos valores de vazões mensais em todo o país em resposta, a primeira vista, ao aumento da precipitação.

Citando ainda CHIARANDA (2002), os mesmos estudos nos Estados Unidos sugerem que dentre as variáveis que afetam a produção de água em uma bacia hidrográfica, a precipitação é a mais importante, e que os resultados quantitativos são bastante variáveis em função da localização geográfica da área de estudos (apud DOUGLAS, VOGEL & KROLL, 2000¹³), das características fisiográficas (apud LETTENMAIER et al., 1999¹⁴) e das características dos fluxos (apud BOORMAN & SEFTON, 1997¹⁵). Além de que, o aumento da vazão tende a ser temporalmente localizado em virtude do regime sazonal das chuvas, uma vez que ocorre alta correlação entre a precipitação e o deflúvio (apud STONEFELT, FONTAINE & HOTCHKISS, 2000¹⁶)

Em estudos realizados no rio Amazonas, RICHEY, NOBRE & DESSER (1989)¹⁷ apud CHIARANDA (2002) concluíram ser difícil identificar efeitos do

¹³ DOUGLAS, E. M.; VOGEL, R. M. & KROLL, C. N. Trends in flood and lowflows in the United States: impact of spatial correlation. **Journal of Hydrology**, Amsterda, 240(1): 90 – 105, 2000.

¹⁴ LETTENMAIER, D. P.; WOOD, E. F. & WALLIS, J. R. Hydro-climatological trends in the continental United States, 1948 – 1988. **Journal of Climatology**, 7: 586 – 589, 1994.

¹⁵ BOORMAN, G. B. & SEFTON, C. E. M. Recognizing the uncertainty in the quantification of the effects of climate change on hydrological response. **Climatic Change**, Cambridge, 35: 415 – 434, 1937.

¹⁶ STONEFELT, M. D.; FONTAINE, T. A. & HOTCHKISS, R. H. Impacts of climate changes on water basin in the upper wind river basin. **Journal of the American Water Resources Research**, Washington, 36(2): 321 – 336, 2000.

¹⁷ RICHEY, J. R.; NOBRE, C. A.; DESER, C. Amazon river discharge and climate variability:b1903 tob1985. **Science**, Washington, 246: 101-103, 1989.

desmatamento no regime de descarga do rio, uma vez que foi apresentada tendência linear não significativa da hidrografia e tendências para oscilações regulares nas cotas em escala de tempo de 2 a 3 anos, após desazonalização, sendo mais fácil identificar interações dos efeitos da circulação atmosférica com a Bacia Amazônica.

Outros estudos também relatados por CHIARANDA (2002) mostram uma ausência de tendências das séries de vazões. Porém o autor chega a conclusão sobre os estudos efetuados na América do Sul, de que a tendência de alteração nas vazões existe, sendo porém não significativas. As flutuações encontradas interanualmente são correlacionados mais fortemente aos mecanismos de circulação da atmosfera e a anomalias atmosféricas (ex. Oscilação Sul). No entanto, segundo o autor, embora difíceis de serem detectados e de serem separados dos efeitos climáticos, os efeitos dos usos da terra sobre o regime hídrico, “não é excluída a possibilidade de os mesmos estarem efetivos em níveis menores que a diferença mínima detectável”.

Para MOLCHANOV (1963)¹⁸ apud GUIMARÃES (2000), é consenso entre os hidrologistas que as florestas contribuem para regularizar o regime dos rios, pelo fato de diminuírem o escoamento superficial que além de provocar erosão, acaba por provocar uma descarga de água brusca para os rios. Além de armazenarem mais água no solo e liberar uma parte desse volume paulatinamente para os cursos d'água (via fluxos sub-superficiais, percolação e escoamento de base), amenizando assim, os períodos de torrencialidade e reduzindo os períodos de seca.

REFOSCO & PINHEIRO (1999) afirmam que a floresta facilita a infiltração da água no solo, baseado em três argumentos: 1) as propriedades do solo são alteradas pelos vegetais; 2) praticamente não há escoamento superficial numa encosta florestada; 3) a floresta mantém as fontes e os cursos de água sempre perenes.

Para LIMA (1986)¹⁹ apud GUIMARÃES (2000), a literatura é algumas vezes contraditória quanto à influência das florestas sobre a umidade do solo, que representa o déficit ou excesso de água disponível para os escoamentos, o que pode indicar a influência de maior número de fatores quando se fala que as florestas

¹⁸ MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal**. Ed. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 1963

¹⁹ LIMA, W. P. **O Papel Hidrológico da Floresta na Proteção dos Recursos Hídricos**. Anais do Congresso Florestal Brasileiro – 1986 (Olinda – PE): sem paginação visível. 1986

aumentam ou diminuem a umidade do solo. E o mesmo autor afirma também que a floresta está associada à redução da produção anual de água em uma bacia hidrográfica, devido a maior evapotranspiração, porém estudos de correlação mostram haver correlação positiva entre a porcentagem de cobertura florestal e o deflúvio, o que pode levar a conclusão contrária aos vários resultados experimentais obtidos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ORIGEM DOS DADOS ANALISADOS

Balanço hídrico da área de estudo foi realizado através dos dados disponíveis em EPAGRI (2002). O atlas referenciado construiu isoietas de precipitação, evapotranspiração, temperatura e insolação para todo o estado de Santa Catarina.

A estação pluviométrica Luis Alves (código ANA 2648002), situa-se nas coordenadas 26°43'00" de latitude, e 48°56'56" de longitude. Esta estação opera desde Janeiro de 1941.

A estação fluviométrica Luis Alves (código ANA 83880000), situa-se nas coordenadas 26°43'17" de latitude, e 49°55'54" de longitude. Está em operação desde de 1924.

4.2 AS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

4.2.1 A Ferramenta Computacional

Para a realização de todas as análises estatísticas descritas neste capítulo, foi utilizado o software Excell® (Microsoft Corporation). Através da opção Ferramentas – Análise de Dados.

4.2.2 Balanço Hídrico

O balanço anual em uma bacia hidrográfica é expresso: $P - Q - ET = 0$. Onde P = precipitação; Q = deflúvio; ET = evapotranspiração. O balanço hídrico foi calculado com base nos dados apresentados por EPAGRI (2002), padronizando-se que a água retida no solo seja de 200mm.

Em EPAGRI (2002) (CD-Rom) são apresentadas várias cartas com os dados climatológicos de toda Santa Catarina, em forma de isolinhas.

4.2.3 Análise de Tendência Central

Segundo TUCCI (2000), a análise de tendência central busca analisar a parte central de um histograma de frequência, pois existe, às vezes, segundo o autor, uma tendência de que exista maior número de ocorrência da variável nesta parte central.

Dentre os parâmetros calculados para análise de tendência central, foram escolhidos aqueles que os testes estatísticos de hipóteses, calculados neste trabalho, tais como Análise de Variância (ANOVA), Teste – F, Teste – t, adotam como parâmetros, são eles:

Média Aritmética – Este parâmetro tem, segundo TUCCI (2000), significado importante em hidrologia especialmente em estudos de regularização de vazões para cálculos de reservatórios.

A média aritmética é calculada por:

$$\bar{x} = \sum_{j=1}^n \frac{x_j}{n}$$

A média aritmética representa um valor fixo calculado baseando-se na série de dados disponível da variável analisada. Torna-se importante conhecer em hidrologia o quanto oscilam os dados em torno desta média aritmética calculada, como uma forma de ter-se segurança quanto a representatividade da média em relação a série. Para isso os testes estatísticos de hipótese utilizam a variância e o desvio padrão.

Variância –

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n} = \overline{x_i^2} - \bar{x}^2$$

Assim, a variância é a diferença entre a média dos quadrados da variável e o quadrado da média.

O desvio padrão (s), da mesma forma, nos remete a análise de quanto é a oscilação dos dados em torno da média da variável da série analisada. É a raiz quadrada da variância (s²).

4.2.4 Coeficiente de Correlação

Representa a relação entre duas variáveis. Quando o valor máximo +1, é alcançado, significa que ocorre um perfeito ajuste da relação a uma tendência retilínea crescente (TUCCI, 2000). Quando o valor mínimo –1 for alcançado, também ocorrerá tendência retilínea, porém, dessa vez será decrescente. Quanto

mais próximo de zero (0) for o valor absoluto do coeficiente de correlação, pior será o ajuste a uma tendência retilínea entre as variáveis, ou, pior é correlação entre elas.

4.2.5 Testes de Hipóteses

Foram realizados testes de hipóteses para verificar se ocorre diferença entre as médias das variáveis vazão e precipitação em diferentes períodos, e assim, detectar possível alteração na série.

Por exemplo, a série de vazões máximas pode ter apresentado aumento significativo na média, o que pode ser interpretado como influência do aumento na média da série de precipitação, ou, se esta se manteve constante, como influência do impacto do uso do solo.

Os testes adotados no trabalho basearam-se na seguinte estratégia: 1) dividia-se a série em dois períodos de interesse (os períodos serão descritos em seguida); 2) através da ANOVA – Análise de Variância, observava-se a possibilidade de haver diferença significativa entre as médias aritméticas dos dois períodos da série em questão; 3) calculava-se o teste – F para verificar possíveis diferenças nas variâncias dos dois períodos da variável; 4) realiza-se o teste – t com a finalidade de confirmar a diferença ou não entre as médias das variáveis para os dois períodos.

O nível de significância adotado para os cálculos dos testes foi 0,05.

A seguir são apresentadas as formulações dos testes:

ANOVA (*Analysis Of Variance*) – Análise de Variância: foi realizado teste F ANOVA: Fator Único para Diferenças nas Médias Aritméticas c, com a finalidade de se obter as diferenças entre as médias dos dois períodos que as séries foram separadas.

Baseia-se nos seguintes pressupostos:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_r$
- H_1 : nem todos os μ 's são iguais

TABELA 15. TABELA DA ANOVA

Fonte de variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Razão
Entre Médias	$(r-1) * S_1^2 = \sum_{i=1}^r n_i * (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$r - 1$	S_1^2
Resíduo	$(n - r) * S_2^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} n_i * (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$	$n - r$	S_2^2
TOTAL	$(n - 1) * S^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} n_i * (x_{ij} - \bar{x})^2$	$n - 1$	S^2

A estatística de decisão é: $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$, se F calculado \leq F tabelado (encontrado

através do nível de significância e o número de graus de liberdade), aceita-se H_0 . Ou seja, não existe diferença significativa entre as médias das variáveis. Caso contrário, aceita-se H_1 .

Teste – F para diferenças em duas variâncias: testa a igualdade entre variâncias de duas populações independentes, através da razão existente entre as variâncias de duas amostras.

Ou seja, a estatística do teste – F é:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Neste teste, aceitamos $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$, do mesmo modo, rejeitamos $H_0: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$.

A regra de decisão do teste (adotado certo nível de significância e com determinado número de graus de liberdade) será:

Rejeitar H_0 se $F_{\text{tabelado}} > F_{\text{superior}}(n_1-1, (n_2-1))$, ou se $F_{\text{tabelado}} < F_{\text{inferior}}(n_1-1, (n_2-1))$, caso contrário, não rejeitar H_0 (LEVINE et all, 2000).

Teste – t de variância combinada para diferenças entre duas médias aritméticas: testa se ocorre diferença entre as médias aritméticas da amostra $(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$, de duas populações independentes (LEVINE, et all, 2000).

Se existir diferença significativa entre as variâncias das populações, utiliza-se a opção teste – t: Duas Amostras Presumindo Variâncias Diferentes (Microsoft Excel). Do contrário, se não houver diferenças significativa entre as variâncias das populações, utiliza-se para o teste a opção teste – t: Duas Amostras Presumindo Variâncias Equivalentes.

As hipóteses nula e alternativa são, respectivamente:

$$H0: \mu_1 = \mu_2 \text{ ou } \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ ou } \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

A regra de decisão será:

Rejeitar H_0 se $t_{\text{tabelado}} > t_{\text{calculado}} (n_1+n_2-2)$, ou se $t_{\text{tabelado}} < t_{\text{calculado}} (n_1+n_2-2)$, caso contrário, não rejeitar H_0 .

4.2.6 Os Períodos e Subperíodos das Variáveis Submetidos às Análises Estatísticas

A estação fluviométrica presente na área de estudo – estação 83880000 – começou a ser observada a partir de 1929, fornecendo dados diários de vazão (m^3/s) do rio Luis Alves, havendo no entanto uma interrupção nas coletas de dados entre os anos 1967 e 1978, exclusive.

Da mesma forma, a série de precipitação da estação 2648002, com início de operação no ano de 1941, fornece dados diários de precipitação (mm), havendo porém uma interrupção entre 1965 e 1977, voltando a ser observada em 1978.

Os dados disponíveis em banco de dados (Microsoft Access®) são apresentados em dados diários, média, mínimo e máximo mensal.

Para ser testada a possibilidade de haver diferença entre as médias das vazões no período disponível de dados, partindo-se do pressuposto de que a dinâmica do uso do solo interfere nas vazões mínimas e máximas, realizou-se testes estatísticos de hipótese através dos parâmetros de tendência central. Dessa maneira, buscou-se verificar significância entre as médias e as variâncias das variáveis nas séries de vazão média, mínima e máxima subdivididas da seguinte maneira:

Série de Precipitação dividida no subperíodo: 1) de 1941 a 1967; 2) 1978 a 2000:

- Precipitação Total Mensal;
- Precipitação Total Anual.

A análise da série de precipitação total, teve como justificativa para a subdivisão nesses períodos a interrupção na coleta de dados da estação pluviométrica, ocorrida entre 1967 e 1978, da mesma forma que na estação fluviométrica. Analisou-se toda a série disponível.

Precipitação Acumulada. Períodos: 1) de 1941 a 1964; 2) de 1978 a 2000:

- Precipitação Acumulada nos Seis Dias Anteriores a Vazão Máxima (somada à precipitação do dia da vazão máxima).

Eliminou-se nas séries de precipitação e de vazão máxima, aqueles em que haviam meses incompletos (sem registro). Desse modo, as séries se completavam nos intervalos entre 1941 a 1964, e de 1978 a 2000.

Série de Vazões Médias dividida nos subperíodos: 1) 1956 a 1967; 2) 1978 a 2000:

- Vazão Média Média Anual, ou seja, a média entre as vazões médias de cada mês do ano;
- Vazão Mínima Média Anual, ou seja, a média das vazões mínimas de cada mês daquele ano;
- Vazão Máxima Média Anual, ou seja, a média das vazões máximas de cada mês do referido ano.

Através das subdivisões das séries nestes dois períodos, buscou-se fazer relação entre as médias das vazões com as datas das aerofotografias que geraram os mapas de uso e ocupação do solo, aproveitando a interrupção da série de 1967 a 1978.

Série de Vazões Absolutas dividida nos subperíodos: 1) de 1956 a 1967; 2) de 1978 a 2000:

- Vazão Mínima Anual;
- Vazão Máxima Anual.

Da mesma maneira que as médias das séries de vazões, buscou-se, ao subdividir as vazões absolutas nestes dois períodos, relacioná-las às três

interferências mensuradas e conhecidas nas formas de uso e ocupação do solo daquela área.

Série de Vazões Absolutas dividida nos subperíodos: 1) de 1929 a 1967; 2) de 1978 a 2002:

- Vazão Máxima Anual;
- Vazão Mínima Anual;
- Vazão Máxima Mensal;
- Vazão Mínima Mensal.

Buscou-se nestas subdivisões conhecer as vazões absolutas de todo o período de coleta de dados, aproveitando, da mesma forma, a interrupção nas coletas como limites entre os subperíodos.

4.2.7 Correlação entre a Precipitação Acumulada e a Vazão Máxima

Também foi realizada análise de correlação entre a vazão máxima mensal e a precipitação acumulada dos seis dias anteriores a vazão máxima, eliminado-se os meses com falha nos dados, em ambas as séries (de vazão e de precipitação).

Através desta análise busca-se fazer uma relação entre possíveis mudanças nas vazões máximas através de alterações no regime pluviométrico (GUIMARÃES, 2000).

4.2.8 Distribuição de Gumbel

Através da série de vazões máximas anuais aplicou-se a distribuição de Gumbel (função cumulativa de probabilidades), a fim de se descobrir se a estimativa de vazão máxima para determinados períodos de recorrência aumentou (GUIMARÃES, 2000; TUCCI, 2000).

Segundo TUCCI (2000), a distribuição de Gumbel tem grande aplicação em hidrologia no ajuste de vazões máximas. Nesta distribuição, a estimativa dos parâmetros da equação se dá com base na média e no desvio padrão dos valores da série. Aplica-se a equação:

$P(Q \geq Q_0) = 1 - e^{-e^{-y}}$, ou seja, é a probabilidade da vazão Q ser maior ou igual a Q_0 . Sendo: $y = (Q - \mu) / \alpha$, e, sendo α e μ os parâmetros da distribuição estimados da seguinte maneira: $\alpha = 0,78 * s$, e $\mu = \bar{x} - 0,5772 * \alpha$.

A vazão máxima (y) é estimada de acordo com um determinado tempo de recorrência (TR) e a probabilidade de P ($Q \geq Q_0$). Calcula-se da seguinte maneira:

$$TR = \frac{1}{1-P} = \frac{1}{1-e^{-e^{-\alpha(y-\mu)}}}$$

por transformações, chegamos a seguinte fórmula:

$$-\alpha(y-\mu) = -\ln(-\ln(1 - \frac{1}{TR})),$$

isolando y (vazão estimada) temos:

$$y = \mu - (\frac{1}{\alpha}) * \ln(-\ln(1 - \frac{1}{TR}))$$

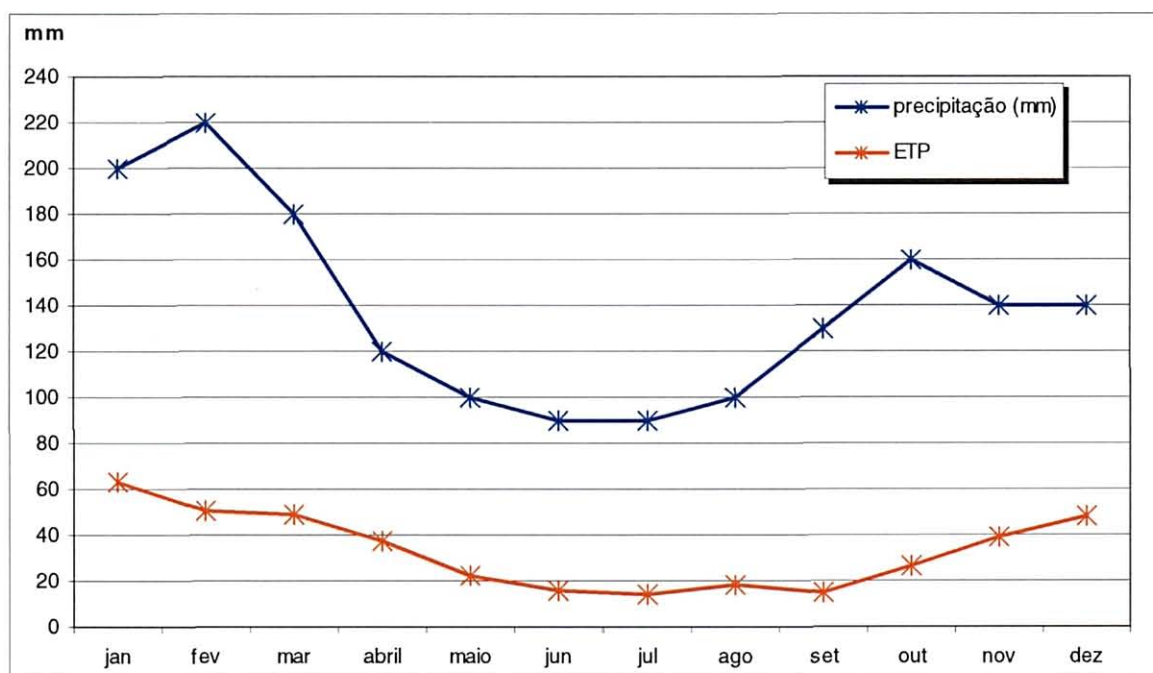
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 BALANÇO HÍDRICO SIMPLIFICADO

De acordo com os dados fornecidos por EPAGRI (2000), considerando que a reserva de água no solo considerada foi de 200mm, e o valor anual da Evapotranspiração corrigida tenha sido de 403,89mm, e o excesso de água no solo anual seja de 1.266,11mm, o índice de umidade obtido foi de 313,48%, ou seja, é três vezes maior do que a ETP, assim conclui-se que o clima seja úmido.

Segundo a classificação climática de Thortwaite, aquela região pertence ao Clima A – Superúmido, pois o índice de umidade é superior a 100%; r – com nenhuma ou pequena deficiência hídrica; c'1 – clima microtérnico; á – pois a soma da ETP nos meses de verão é menor que 48% da ETP total (neste caso a ETP de verão representa 40% da ETP total). O Gráfico 12 mostra no balanço hídrico da região estudada, que não há déficit hídrico.

GRÁFICO 12. BALANÇO HÍDRICO ANUAL



5.2 ANÁLISES DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO

O resumo das análises dos testes de médias é apresentado na Tabela 16.

- Precipitação Total Mensal

A média e a variância da precipitação total mensal no período compreendido entre os anos de 1941 e 1967, foram respectivamente 144,25mm e 9189,59 ($s = 95,86$). No período de 1978 a 2000, quando a estação voltou a ser observada, apresentou os valores de 158,43mm de precipitação média, com variância na série de 10.396,97 ($s = 101,96$).

Nota-se que a média no segundo período foi maior do que no primeiro, porém a aplicação dos testes de hipóteses revelam não haver diferença significativa entre os parâmetros analisados para os dois períodos, aceitando a hipótese nula (H_0) da diferença nas médias. Conforme mostra o ANEXO 01.

Para a variância, da mesma forma que para a média, os testes de hipóteses aplicados às séries mostram não haver diferenças significativas nos dois períodos analisados, aceitando-se H_0 .

- Precipitação Total Anual

É observado aumento na linha de tendência linear, através da representação gráfica plotada no Gráfico 13.

De fato os valores calculados das médias e variâncias de ambos os períodos mostram haver diferença entre estes parâmetros (médias: 1689,141mm e 1957,946mm, respectivamente; variâncias: 96833,23 e 214592,2; desvios padrões: 311,18 e 463,24 respectivamente).

Os testes de hipóteses mostram haver diferença significativa para a média e a variância nos períodos estudados, sendo rejeitada a hipótese nula (H_0) de diferença entre as variáveis (ANEXO 02).

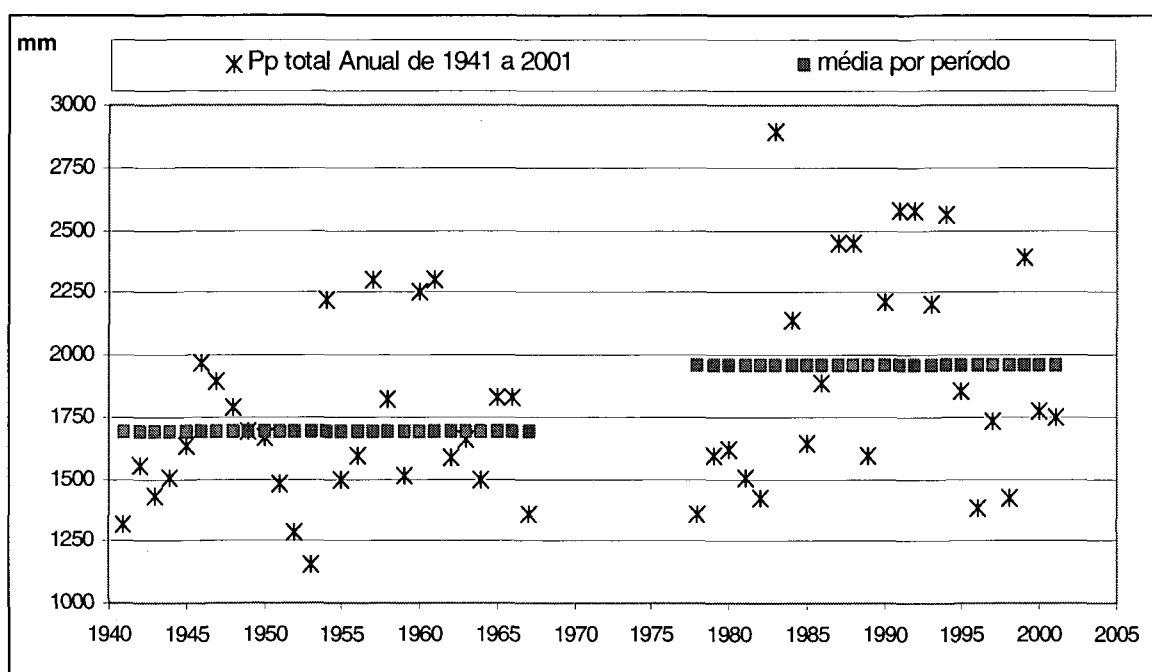
- Precipitação Acumulada seis dias anteriores a vazão máxima (inclusive)

Embora sejam, as médias calculadas para os subperíodos: 63,59mm e 67,00mm, respectivamente; e, as variâncias calculadas para os subperíodos: 2116,55 ($s = 46,00$) e 1937,27 ($s = 44,01$), respectivamente, os testes de hipóteses

revelam não haver diferença significativa entre os esses parâmetros (ver ANEXO 03).

Assim pode-se dizer que as precipitações acumuladas entre 1941 e 1964, são iguais àquelas registradas entre 1978 e 2000.

GRÁFICO 13. PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL



5.3 ANÁLISES DAS SÉRIES DE VAZÃO

O resumo dos resultados dos testes de média é apresentado na Tabela 16.

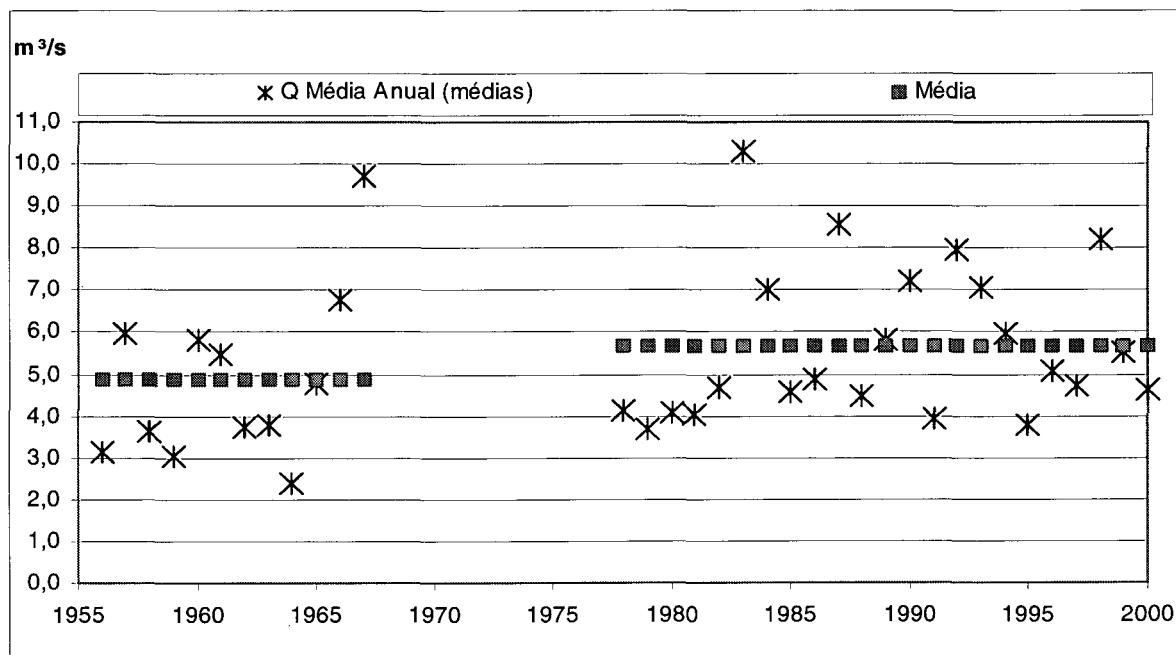
5.3.1 As Séries de Vazões Médias (períodos de 1956 a 1967 e 1978 a 2000)

- Vazões Médias Anuais (média anual)

Os testes de hipóteses de diferenças de médias e de variâncias para as séries de vazões médias nos períodos de 1956 a 1967 e 1978 a 2000 revelam não haver diferenças significativas para a variáveis. Os valores calculados para médias e variâncias da variável nos períodos foram: de 1956 a 1967, média 4,86m³/s e variância 4,18 (s = 2,04); de 1978 a 2000, média 5,66 e variância 3,30 (s = 1,81). Ver ANEXO 04.

O Gráfico 14 mostra esta diferença.

GRÁFICO 14. DIFERENÇAS DE MÉDIAS DAS VAZÕES MÉDIAS ANUAIS DE 1956 A 2000



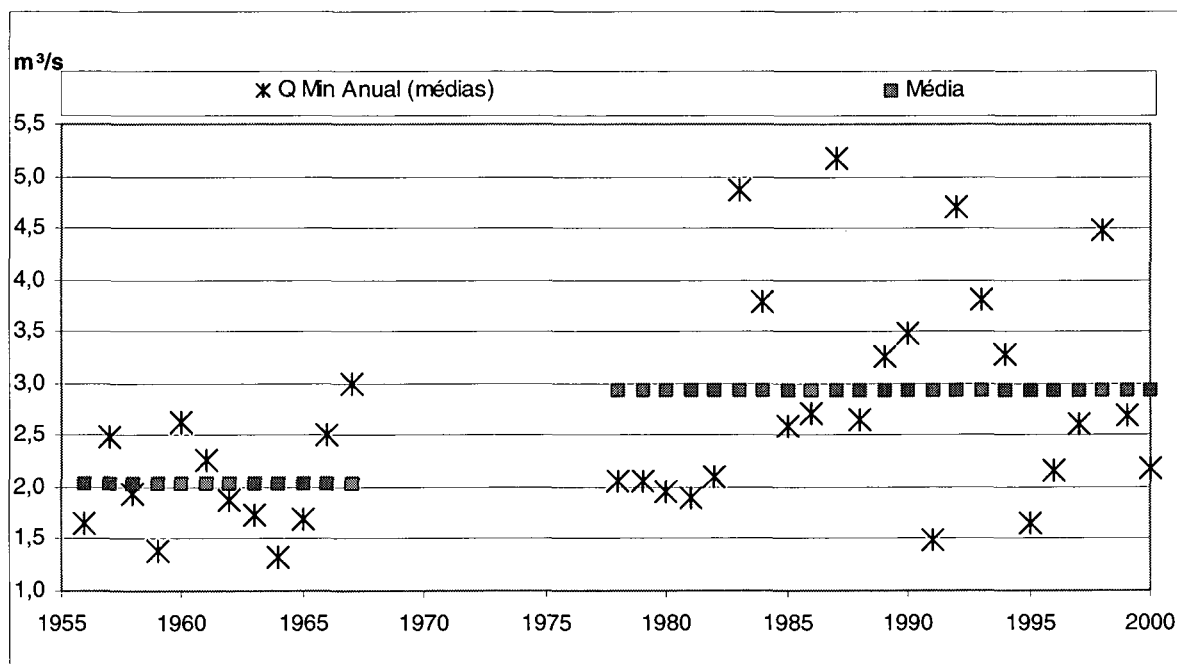
Observa-se nesta curva que as vazões sofreram certo aumento a partir do segundo período estudado, não sendo inferiores a aproximadamente 4m³/s.

- Vazões Mínimas Anuais (média anual)

Pode ser observado no Gráfico 15, acentuada diferença nos valores de vazões mínimas (médias) dos períodos estudados (de 1956 a 1967 e de 1978 a 200). Sendo que as médias calculadas para os períodos foram: 2,04m³/s e 2,94m³/s, respectivamente. E as variâncias: 0,28 (s = 0,53) e 1,17 (s = 1,08), respectivamente.

Este resultado foi confirmado pelos testes de hipóteses, nos quais a hipótese nula (H0) foi rejeitada, ou seja as médias são diferentes. Conforme pode ser visto nas tabelas apresentadas no ANEXO 05.

GRÁFICO 15. DIFERENÇAS MÉDIAS NAS VAZÕES MÍNIMAS ANUAIS (MÉDIAS)
DE 1956 A 2000



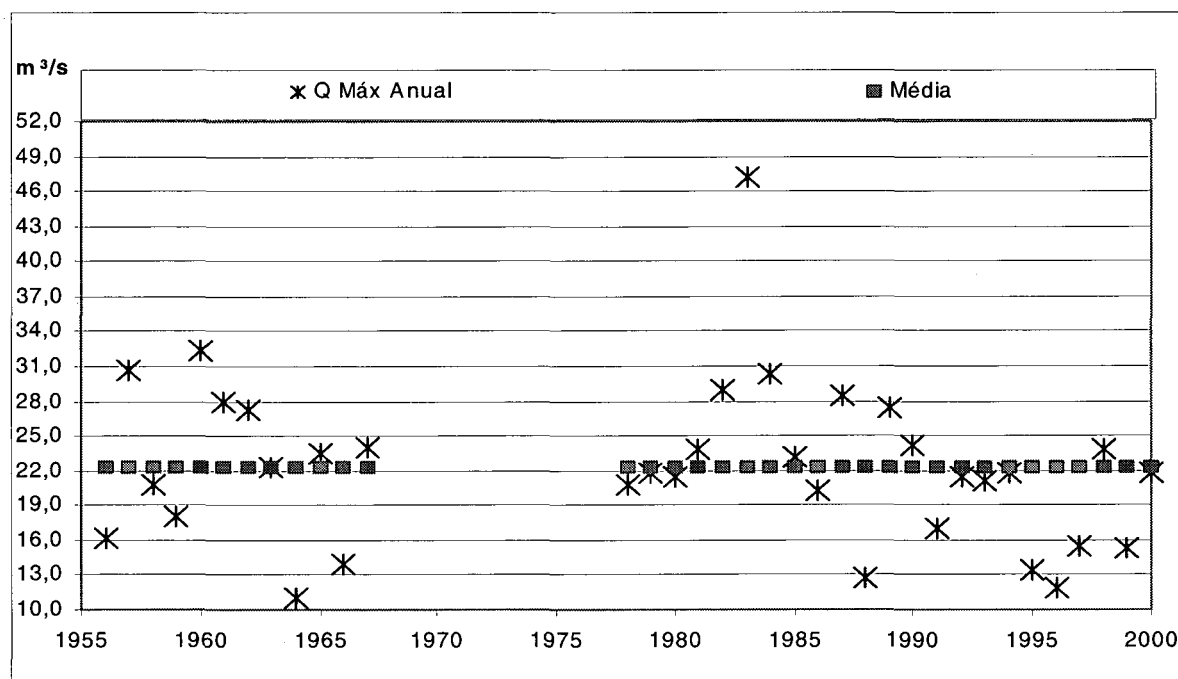
Observa-se valores altos nas vazões mínimas a partir do segundo período, possivelmente relacionado a baixa capacidade de armazenamento da precipitação da região, pois a médias das mínimas aumentou.

- Vazões Máximas Anuais (média anual)

A estatística dos testes de hipótese não revelou diferenças entre as médias ou entre as variâncias nos períodos estudados de 1956 a 1967 e, de 1978 a 2000. As médias calculadas dos períodos foram: 22,33m³/s e 22,32m³/s, respectivamente para o primeiro e o segundo período. As variâncias calculadas foram: 44,24 (s = 6,65) e 55,17 (s = 7,42), respectivamente. Sendo dessa forma aceita, para todos os testes realizados, a hipótese nula (H0) de diferença entre as médias e variâncias das variáveis, ou seja, as médias são iguais (ver o ANEXO 06).

Vemos no Gráfico 16 que, ao contrário de outras variáveis, a vazão máxima não apresentou diferença mesmo visível à plotagem do gráfico.

GRÁFICO 16. DIFERENÇA DE MÉDIAS DAS VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS (MÉDIAS)



É observado no gráfico que a linha da média manteve-se constante para ambos os períodos. No entanto, é possível observar também o valor maior deste gráfico está no ano de 1983. Neste ano, várias cidades do Vale do Itajaí sofreram com a grande enchente, que trouxe sérios problemas sociais e econômicos para as mesmas.

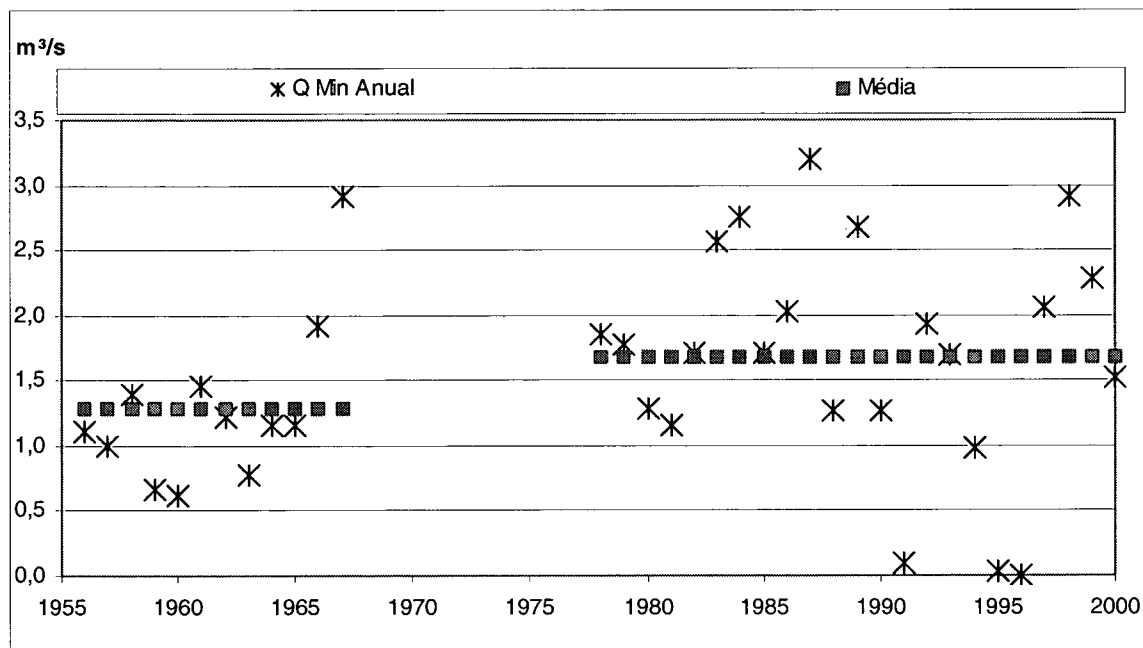
Outra observação é o ciclo mais ou menos constante entre altas e baixas vazões máximas anuais (médias, ou seja, não absolutas). Porém neste ciclo parece haver uma tendência (?) de serem diminuídas as vazões a partir do ano de 1991.

5.3.2 As Séries de Vazões Absolutas (períodos de 1956 a 1967 e 1978 a 2000)

- Vazões Mínimas Absolutas Anuais

O Gráfico 17 mostra haver certa tendência de aumento nas vazões mínimas absolutas anuais.

GRÁFICO 17. DIFERENÇA DE MÉDIAS DAS VAZÕES ABSOLUTAS MÍNIMAS ANUAIS DE 1956 A 2000



Inclusive, a linha representando a média dos dois períodos de estudo mostra este aumento. Também pode ser observado que, as vazões mínimas absolutas anuais tiveram, a partir do segundo período de estudo, maior oscilação de dados.

No entanto, segundo os testes de hipóteses, não existe diferença significativa nas médias e nas variâncias entre os períodos de estudo (ver no Anexo 07).

As médias calculadas para os dois períodos foram: $1,28\text{m}^3/\text{s}$ e $1,68\text{m}^3/\text{s}$, respectivamente. Os valores calculados para as variâncias foram: 0,39 e 0,76, respectivamente (os respectivos desvios-padrão são: $s = 0,62$ e $0,87$).

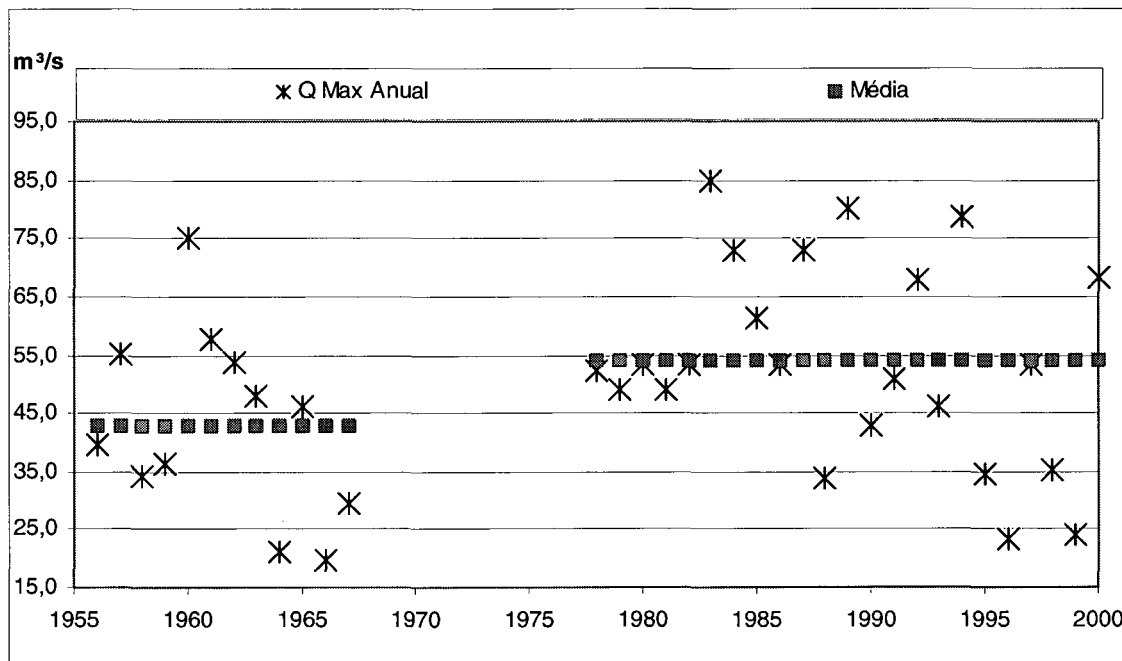
- Vazões Máximas Absolutas Anuais

De acordo com os testes de hipótese apresentados no ANEXO 08 não é aceita a hipótese nula (H_0) de haver diferença entre as médias e as variâncias das vazões máximas absolutas anuais dos dois períodos de estudo (de 1956 a 1967, e 1978 a 2000).

Os valores calculados para as variáveis foram: médias, $43,01\text{m}^3/\text{s}$ para o período de 1956 a 1967, e $54,00\text{m}^3/\text{s}$ para o período de 1978 a 2000; variâncias, 263,58 ($s = 16,23$), e 302,03 ($s = 17,38$), para os mesmos períodos respectivamente.

No Gráfico 18 a seguir, veremos estas diferenças.

GRÁFICO 18. DIFERENÇA DE MÉDIAS DAS VAZÕES MÁXIMAS ABSOLUTAS ANUAIS DE 1956 A 2000



Nota-se intervalos cíclicos também para esta variável, além de valores maiores para o segundo período.

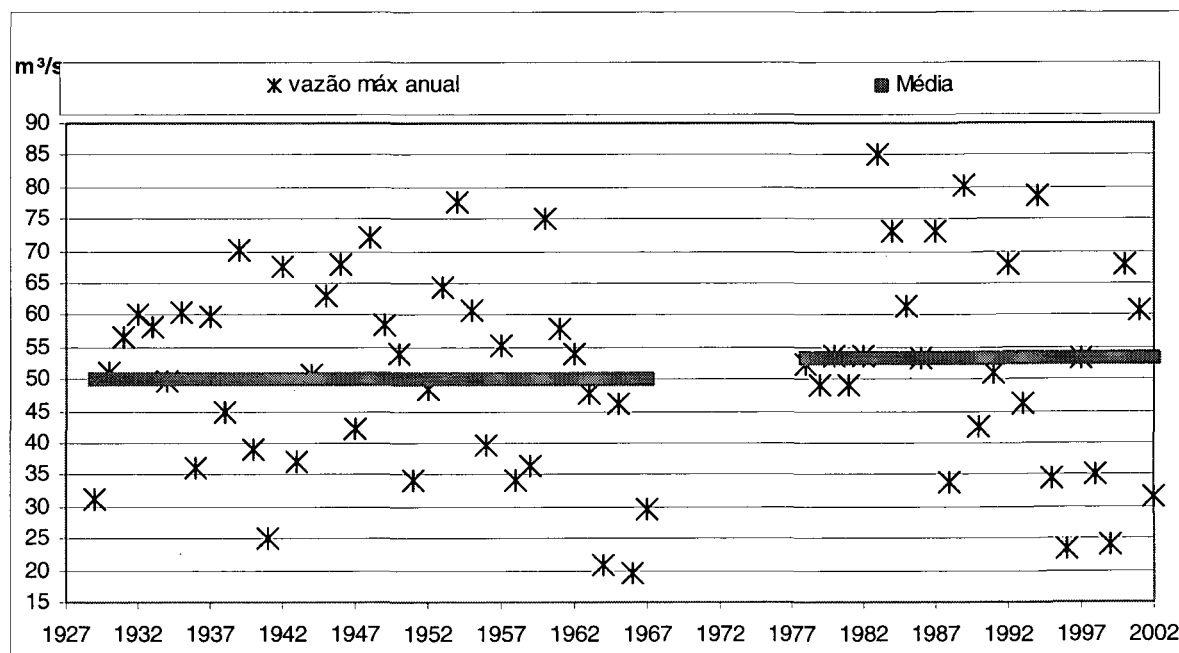
5.3.3 Série de Vazões Absolutas (subperíodos: de 1929 a 1967; e de 1978 a 2002)

- Vazão Máxima Anual

Através da estatística das médias, pode-se observar que não houve diferença significativa entre os períodos analisados, conforme mostra o ANEXO 09. Os valores calculados para os subperíodos (1929 a 1967, e de 1978 a 2002) foram: médias, 50,19m³/s e 53,38m³/s, respectivamente; e variâncias, 225,27 (s = 15,00) e 299,52 (s = 17,30), respectivamente.

O Gráfico 19 mostra o pequeno aumento na média da série.

GRÁFICO 19. VAZÃO MÁXIMA ANUAL ENTRE 1929 E 2002

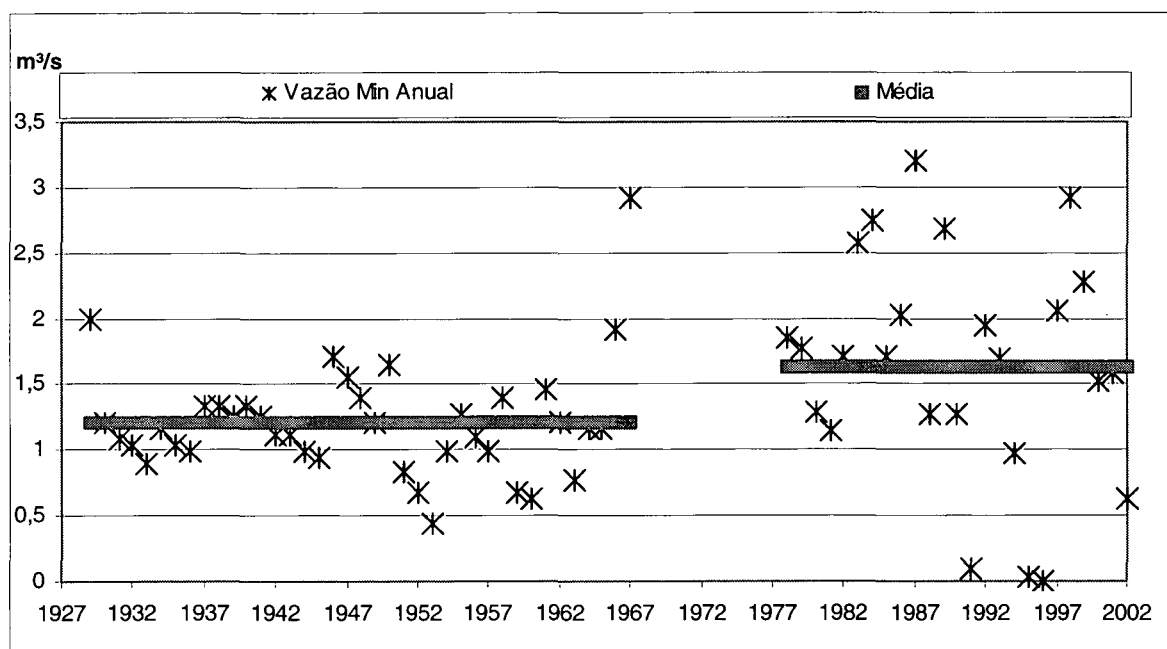


- Vazão Mínima Anual

Os valores calculados para a vazão mínima anual entre os anos de 1929 e 1967 foram: média $1,21\text{m}^3/\text{s}$ e variância $0,18$ ($s = 0,42$). Para o período entre 1978 a 2002, os valores calculados foram: média, $1,63\text{m}^3/\text{s}$ e variância $0,74$ ($s = 0,86$).

Observar o Gráfico 20, a diferença das médias entre os períodos. Observa-se que no segundo período ocorre maior variação de dados, sendo que ao mesmo tempo que ocorreram valores maiores, também apareceram valores maiores do que no primeiro período de série de dados.

GRÁFICO 20. VAZÃO MÍNIMA ABSOLUTA ANUAL ENTRE 1929 E 2002



Os testes de análise de hipóteses aplicados corroboram com a observação gráfica de alta variação e diferença de médias entre os períodos, pois em ambos os testes apontaram haver diferença significativa entre as variáveis, rejeitando-se a hipótese nula (H_0), aceitando-se a hipótese alternativa (H_1). Observar no ANEXO 10.

- Vazão Máxima Absoluta Mensal

Os valores calculados para a vazão máxima mensal no período de 1929 a 1967 foram: média $20,78\text{m}^3/\text{s}$ e variância 289,94 ($s = 17,02$). Para o período de 1978 a 2002 os valores foram: média $22,68\text{ m}^3/\text{s}$ e variância 323,96 ($s = 18,00$). Dessa forma observa-se ocorrer pequeno aumento nas médias dos valores desta variável para o segundo período. Igualmente observado para a variância aumento para o segundo período, ou seja, de 1978 a 2002. Porém, os testes de hipóteses sugerem aceitar H_0 , ou seja, não há diferença significativa entre as variáveis (ANEXO 11).

- Vazão Mínima Absoluta Mensal

Os testes estatísticos sugerem rejeitar H_0 , ou seja, existe diferença significativa, tanto para a média quanto para a variância, dos valores de vazão mínima mensal entre os períodos de estudo (de 1929 a 1967, e 1978 a 2002).

As médias calculadas para os períodos foram, $1,79\text{m}^3/\text{s}$ para o primeiro período, e $2,93\text{m}^3/\text{s}$ para o segundo período. As variâncias calculadas para os períodos foram, 0,54 ($s = 0,73$) e 2,07 ($s = 1,44$). Ver ANEXO 12.

5.4 CORRELAÇÃO ENTRE A VAZÃO MÁXIMA E A PRECIPITAÇÃO ACUMULADA

O valor do coeficiente de correlação entre a vazão máxima e a precipitação acumulada nos seis dias anteriores a vazão máxima, incluído o dia da vazão máxima foi 0,64.

Ou seja, existe certa associação entre os elevados valores de vazão máxima aos elevados valores de precipitação acumulada. Porém o valor 0,64 indica que 64% da vazão está associada aos valores de precipitação.

5.5 DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

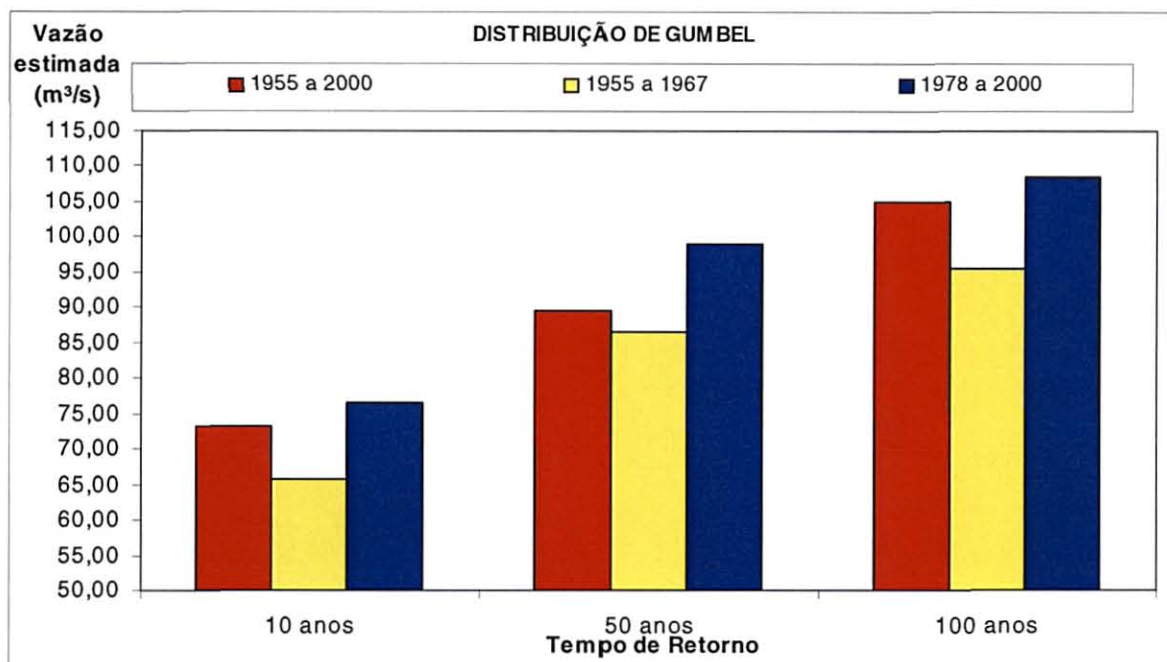
A análise da distribuição estatística de Gumbel é citada por TUCCI (2000), como uma das principais utilizadas em hidrologia. Além da distribuição de Gumbel, TUCCI (2000) cita ainda outras incluídas na mesma categoria, tais como: Empírica, Log-Normal e Log-Pearson III.

Os objetivos dessa distribuição são estimar os valores de vazões máximas para cada série ou subperíodo de série, em determinados tempos de retorno, a fim de que se verifique a ocorrência de valores maiores de vazão alcançados. Os parâmetros da distribuição de Gumbel são estimados a partir da média e do desvio padrão.

A série de vazões máximas foi analisada de 1955 a 2000, e em dois subperíodos: entre 1955 e 1967, e entre 1978 e 2000.

Seja tempo de retorno, o tempo médio em que um valor de vazão será igualado ou superado, estimou-se os valores de vazão máxima nos tempos de retorno de 10 anos, 50 anos e 100 anos. Os valores estimados de vazão máxima são apresentados no Gráfico 21.

GRÁFICO 21. DADOS ESTIMADOS DE VAZÕES MÁXIMAS



Os valores estimados de vazão máxima apresentam-se maiores no período compreendido entre os anos de 1978 a 2000 para todos os tempos de retornos. Dessa forma, deduz-se que nas últimas décadas as vazões máximas sofreram aumento. Porém, deve ser lembrado que entre 1956 e 1967 são apenas 12 anos, podendo comprometer a representatividade desta estimativa. Ainda assim, foi ajustado o modelo de Gumbel de forma a permitir comparar os períodos de análise.

TABELA 16. RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DO RIO LUIS ALVES

Variáveis	Período de Análise						Variância		Desvio Padrão		Significância de diferença de médias SIM - NÃO
	1929 - 1967	1941 - 1964	1941 - 1967	1956 - 1967	1978 - 2000	1978 - 2002	1º período	2º período	1º período	2º período	
Precipitação Total Mensal (mm)			X		X		9189,59	10396,97	95,86	101,96	NÃO
Precipitação Total Anual (mm)			X			X	96833,23	214592,17	311,18	463,24	SIM
Precipitação Acumulada nos 6 dias anteriores a Vazão Máxima		X			X		2116,55	1937,27	46,00	44,01	NÃO
Vazão Média Média Anual				X	X		4,18	3,29	2,04	1,81	NÃO
Vazão Mínima Média Anual				X	X		0,28	1,17	0,52	1,08	SIM
Vazão Máxima Média Anual				X	X		44,24	55,17	6,65	7,42	NÃO
Vazão Mínima Anual	X					X	0,18	0,74	0,43	0,86	SIM
Vazão Máxima anual	X					X	225,27	299,52	15,00	17,30	NÃO
Vazão Absoluta Máxima Anual				X	X		263,58	302,03	16,23	17,37	NÃO
Vazão Absoluta Mínima Anual				X	X		0,39	0,76	0,62	0,87	NÃO
Vazão Absoluta Máxima Mensal	X					X	289,94	323,95	17,02	18,00	NÃO
Vazão Mínima Mensal	X					X	0,54	2,07	0,73	1,44	SIM

NOTA: Nos Anexos 1 a 12 são apresentados detalhes da análise estatística das variáveis ou parâmetros

Se relacionarmos aos resultados dos testes de hipótese das chuvas acumuladas nos diferentes períodos, concluiríamos que, sendo a estimativa de vazão maior no segundo período, esta não está relacionada ao índice pluviométrico. Além disso, as vazões máximas mensais estão pouco correlacionados com as precipitações acumuladas. Assim, o pressuposto de que as vazões máximas aumentaram em virtude de um aumento na precipitação está estatisticamente recusado.

Os testes de hipótese aplicados às séries de vazão máxima porém, não apresentaram diferenças significativas para estas variáveis nos períodos analisados.

Também não apresentaram diferenças significativas a série de precipitações totais mensais, em oposição ao resultado obtido para a série de precipitações totais anuais.

Em relação às vazões mínimas, é observado o seguinte, para os valores médios anuais dos períodos de 1956 a 1967 e 1978 a 2000, estatisticamente afirma-se que ocorre diferença entre os períodos, isso quer dizer que, há aumento na vazão mínima anual, naqueles períodos. Oposto a este foi o resultado obtido para a vazão mínima absoluta anual, no mesmo período, o qual não foi encontrada diferença estatística.

As vazões mínimas absolutas anuais nos subperíodos a partir de 1929 até 1967 e de 1978 a 2002, apresentaram diferença estatística, assim como as vazões absolutas mensais no mesmo período, ou seja, no rio Luis Alves, as vazões mínimas, em geral, estão alcançando níveis maiores nas últimas três décadas.

O mesmo não foi observado para qualquer série analisada de vazão máxima, pois os resultados apresentados das análises estatísticas não mostraram diferença significativa entre as variáveis nos determinados subperíodos.

Porém, como já foi dito anteriormente, as vazões máximas estimadas através da distribuição de Gumbel revelam perspectivas de serem maiores nas últimas três décadas (subperíodo de 1978 a 2000) para qualquer dos períodos de retorno analisados. Deve-se, no entanto, considerar a pouca representatividade do primeiro subperíodo (1956 a 1967).

Conforme citado anteriormente, LIMA (1986) afirma que existem na literatura especializada informações experimentais discordantes referentes a floresta e sua

capacidade de armazenamento de água numa bacia hidrográfica. MOLCHANOV (1963) afirma que em períodos de seca as florestas atenuam a escassez de água numa bacia hidrográfica.

Sendo que nos topos de morro, as pastagens e formas de agricultura aumentaram em contradição ao todo da área de estudo; a precipitação estar maior, apesar de não estatisticamente significativo; e, as florestas ocuparem área maior porém mais heterogeneamente, pode ser a explicação da contradição entre as estimativas de vazão máxima mais alta e o aumento da vazão mínima. A explicação parece ser que, quando a floresta original é substituída por agricultura e pastagens, haverá aumento do escoamento de longo período (TUCCI & CLARKE, 1997).

6 CONCLUSÕES

As análises estatísticas revelam haver aumento nas médias das precipitações nos períodos estudados. Porém a diferença é significativa apenas para a precipitação total anual, não sendo significativa para a precipitação total mensal ou para a precipitação acumulada nos seis dias anteriores a vazão máxima.

Foi observada diferença entre as médias da precipitação acumulada nos 6 dias anteriores a vazão máxima. Assim pode-se dizer que ocorreram anos mais chuvosos no segundo período de estudo, mas que, em geral, mensalmente as chuvas continuaram iguais nos dois períodos, que por sua vez não apresentaram-se diferentes quando acumuladas em períodos de vazão máxima, relacionada aos picos de vazão

As vazões máximas e médias também não demonstram diferença estatística no regime fluviométrico nos períodos de estudo para os teste aplicados.

Houve correlação média entre a vazão máxima e a precipitação acumulada nos seis dias anteriores a vazão máxima.

As vazões mínimas, porém, apresentaram diferenças estatísticas para cima, o que pode levar a conclusão de que a capacidade de armazenamento de água da área tenha diminuído, ao contrário do que sugere o aumento da cobertura arbórea da floresta, que é citada na literatura como responsável pela diminuição das máximas.

Dada a pequena série analisada através da distribuição de Gumbel, foi apresentado que para 10, 50 e 100 anos de período de retorno, a vazão máxima estimada é maior.

As vazões mínimas tiveram resultados para o teste de médias diferentes entre as variáveis estudadas. Embora as vazões máximas tenham sido iguais nos dois períodos de estudo de 1929 até 2002 tanto anual quanto mensalmente, as médias dos períodos das vazões mínimas anual e mensal são diferentes, sendo maiores no segundo período de estudo. Da mesma forma que são diferentes as médias dos períodos estudados da vazão mínima média anual entre 1956 e 2000 (ver Tabela 16), reforçando a idéia de que ocorreram anos mais chuvosos, na soma da precipitação total anual e não detectável quando analisada mensalmente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO III

- CASTRO, P. S. **Influência das Florestas Nativas no Ciclo Hidrológico na Região de Viçosa, MG.** In: . In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 14 – 22.
- CHIARANDA, R. **Usos da Terra e Avaliação da Capacidade Potencial de Armazenamento de Água da Bacia do Rio Cuiabá – MT.** Curitiba: UFPR. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, 2002. 402p.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. **Atlas Climatológico de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri. 2002. Cd-Rom.
- GUIMARÃES, J. L. B. **Relação entre a Ocupação do Solo e o Comportamento Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno – São José dos Pinhais.** Curitiba: UFPR. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. 2000. 205p.
- LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações, Usando Microsoft® em Português.** Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000. 811p.
- LIMA, W. P. **Hidrologia de Florestas Implantadas.** In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 8 – 13.
- LIMA, W. P. **Impacto Ambiental do Eucalipto.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2ª edição, 1993. 301p.
- MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963. 419p.
- MOLION, L. C. B. **Influência da Floresta no Ciclo Hidrológico.** In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 1 – 7.
- PROGRAMA de Recuperação da Mata Ciliar: apresentação / organizadoras: Beate Frank, Sandra Momm Schult e Daisy da Silva Santos. – Blumenau: FURB/IPA, 2001. 31p.

- REFOSCO, J. C. & PINHEIRO, A. **Impacto do Desflorestamento sobre o Regime Hídrico de uma Bacia Hidrográfica.** In: Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v. 1, n.2. 1999. p.18-26.
- RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos.** São Carlos: EESC/ USP, 1998. 840p.
- RIZZI, N. E. Avaliação do Benefício Indireto de Proteção Florestal à Potabilidade Natural das Águas Captadas para Abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba, Com Base nos Produtos Químicos Utilizados no Tratamento Convencional. In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 44 – 62.
- TUCCI, C. E. M. (organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 2ª edição. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos: EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 943p.
- TUCCI, C. E. M. & CLARKE, R. T. Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, (2) 1: 135 – 152, 1997.
- VISSMAN, W. & LEWIS, G. L. **Introduction to Hidrology** – 4ª edition. New York: Harper Collins, 1995. 760p.

CAPÍTULO IV RELAÇÃO ENTRE A OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO LUIS ALVES E SEU COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO

1 INTRODUÇÃO

1.1 A OCUPAÇÃO DA BACIA DO ITAJAÍ E DA BACIA DO LUIS ALVES E AS VARIÁVEIS ESTUDADAS

A bacia do Itajaí ocupa 16% da área do Estado de Santa Catarina, e segundo os dados do censo do IBGE de 2000, 18,7% (950.000 pessoas) da população do Estado residem nesta área. A bacia do Itajaí contribui com 30% da arrecadação do ICMS catarinense (PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DA MATA CILIAR, 2001).

Esta movimentação e arrecadação da Bacia são frutos de intensas atividades industriais e agrícolas, que geram desmatamentos, ocupação urbana inadequada ou não planejada que, agravadas pelas características topográficas, climáticas e do modelo econômico regional, acabam por trazer diversos danos sociais, econômicos e ambientais à esta região. Citando apenas alguns como a péssima qualidade das águas fluviais, a perda da fertilidade dos solos, o assoreamento dos canais e das barragens de contenção de cheias e do porto de Itajaí. Dos assoreamentos, e da ocupação urbana inadequada, provém os danos sociais e econômicos causados pelas históricas enchentes do rio Itajaí-Açu, que vitimam milhares de pessoas a cada evento.

Na Bacia do Rio Luis Alves, o maior impacto ocorreu por conta da agricultura. Nesta bacia a intensa atividade agrícola provocou, no passado, desmatamentos, reduzindo a área de florestas.

Os desmatamentos que ocorreram nesta bacia, reduziram as áreas de florestas em 1956 (época de aero-imageamento) para 32,46% da área. Em 1978, 10% da área recuperaram as florestas, ou melhor, a cobertura arbórea de capoeiras em estádios de sucessão primários ou avançados, que passaram a ocupar 42,30% de cobertura da mesma (observar a dinâmica de ocupação da área de estudo na Tabela 9) . Ainda assim, analisando as características das vertentes e das áreas

ciliares aos corpos d'água, é observada forte agressão à estas áreas, consideradas de alto valor para a sanidade ambiental de qualquer bacia hidrográfica.

O estudo estatístico das séries de precipitação, mostram que não há diferença nas médias das precipitações totais mensais entre os períodos de 1941 a 1967 e de 1978 a 2000. Ao contrário, as médias das precipitações totais anuais mostraram-se diferentes entre os períodos de estudo (resumo na Tabela 16). Não foi observada diferença entre as médias da precipitação acumulada nos 6 dias anteriores a vazão máxima. Assim pode-se dizer que ocorreram anos mais chuvosos no segundo período de estudo, mas que, em geral, mensalmente as chuvas continuaram iguais nos dois períodos, que por sua vez não apresentaram-se diferentes quando acumuladas em períodos de vazão máxima. relacionada aos picos de vazão.

A média correlação (0,64) obtida entre a precipitação acumulada nos seis dias anteriores a vazão máxima e a vazão máxima parece significar que as vazões máximas, cujas séries não apresentaram diferenças significativas nas médias dos períodos de estudo (ver Tabela 16), estejam sendo influenciadas, em parte, pela precipitação.

Embora as vazões máximas tenham sido iguais nos dois períodos de estudo de 1929 até 2002, tanto anual quanto mensalmente, as médias dos períodos das vazões mínimas anual e mensal são diferentes. E as médias dos períodos estudados da vazão mínima média anual entre 1956 e 2000 (ver Tabela 16) são maiores no segundo período de estudo, reforçando a idéia de que ocorreram anos mais chuvosos, na precipitação total anual, não detectável quando analisada mensalmente.

Atualmente, é possível observar intensa atividade de expansão da bananicultura na Bacia do Luis Alves, em encostas e em margens de rios, indiscriminadamente. Estas atividades levantaram o interesse da promotoria pública responsável, que solicitou aos pesquisadores da Bacia do Itajaí, e mais especificamente, àqueles que estudam a Bacia do Rio Luis Alves, mapeamento dessas áreas para comprovar os conflitos existentes, e seguir com os trâmites legais de responsabilização do dano ambiental.

São altamente presentes as atividades de rizicultura nesta bacia, porém na área a jusante da estação da ANA (Figura 3), fora da nossa área de interesse, na

região das planícies de inundação, próximas à foz do rio Luis Alves. A rizicultura é uma atividade altamente agressora ao meio ambiente, que utiliza o armazenamento das águas, maquinaria pesada, agrotóxicos, em locais altamente frágeis com solos hidromórficos, ou seja, com elevação do lençol freático. Estas áreas sofrem erosão e são locais de inundações freqüentes, sendo imprescindível a preservação da vegetação natural.

A redução das florestas, segundo MOLION (1985) pode afetar os componentes do ciclo hidrológico, tais como o escoamento superficial, a evapotranspiração, o saldo de importação de vapor de água, a precipitação e a umidade do solo trocável com a atmosfera.

Numa região que apresenta características sociais e ambientais conhecidas, as seguintes perguntas tornam-se pertinentes:

- Quais as possíveis conseqüências do desmatamento e do uso inadequado do solo no ciclo hidrológico, nos níveis das vazões máximas, da probabilidade de ocorrerem enchentes?;
- São confirmadas as conseqüências negativas destes processos de interferência na dinâmica daquela paisagem?;
- Qual o nível de entendimento que se precisa ter para esclarecer determinados eventos ambientais?;
- Estudos como este, podem trazer respostas a estas perguntas?;
- Os modelos estatísticos conhecidos podem ser aplicados a esta realidade?;
- E os resultados apresentados são suficientes para esclarecer estas dúvidas?

2 OBJETIVOS

São objetivos deste capítulo:

- Verificar a eficácia dos estudos de correlação entre variáveis vazão e dinâmica de uso do solo de determinadas tipologias, a fim de se verificar as possibilidades acima descritas;

- Buscar relações entre as séries de vazões (registradas na estação fluviométrica Luis Alves, código ANA 83880000) e a dinâmica das tipologias do uso do solo dos anos de 1956, 1978 e 2000.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 O USO DO SOLO E SUA INTERFERÊNCIA NO CICLO HIDROLÓGICO

A infiltração é influenciada por fatores tais como: tipo e desenvolvimento da cobertura vegetal, condições de superfície do solo, temperatura, intensidade da precipitação, propriedades físicas do solo e qualidade da água (VEISSMANN & LEWIS, 1996).

Segundo MOLION (1985), a remoção das florestas pode interferir o ciclo hidrológico em qualquer uma de suas componentes, quais sejam: o escoamento superficial (runnof); evapotranspiração; saldo de importação de vapor de água; precipitação; umidade do solo.

Especialmente sobre o escoamento superficial, o mesmo autor cita que os picos de enchente são menores em regiões florestadas, exercendo efeito regulatório sobre esses picos.

As florestas oferecem maior interceptação à chuva do que outras formas de cobertura do solo. A água interceptada é evaporada direto das copas sem tocarem o solo, ou seja, sem participarem da fração terrestre do ciclo hidrológico (MOLION, 1985). Com isso, menor quantidade de água estará disponível para participar do escoamento superficial que, dependendo da suscetibilidade natural à erosão regional, contribuirá em maior ou menor grau aos processos erosivos.

RIZZI (1985) em avaliação do benefício das florestas como protetoras do mananciais hídricos, afirma que as florestas reduzem a turbidez da água e, assim, os custos de tratamento, permitindo a passagem de luz e os processos fotossintetizantes, a homogeneização da temperatura das águas, isola as águas de microorganismos patogênicos oriundos da poluição urbana e dos fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura.

Além disso, solos florestados têm alta capacidade de infiltração da água, conforme observado no estudo de ANJOS et al (1994). Neste estudo, os autores caracterizaram propriedades físicas em quatro tipos de solo nas regiões do Estado de Santa Catarina do Planalto de Canoinhas, Alto Vale do Itajaí e Sul do Estado de Santa Catarina, sob formas de cobertura diferentes: mata nativa e diferentes sistemas de manejo do solo, sendo que os resultados obtidos apontaram para o

decréscimo na taxa de infiltração e na infiltração acumulado, em três dos quatro solos analisados (a citar, apresentaram decréscimo: latossolo vermelho-amarelo húmico álico, cambissolo húmico álico e podzólico vermelho-escuro distrófico; não apresentaram decréscimo: cambissolo bruno húmico álico.

A água armazenada sob florestas (parte terrestre do ciclo hidrológico), é recarregada equilibradamente, sendo liberada vagarosamente, contribuindo assim para o abastecimento paulatino da rede de drenagem, reduzindo os picos de vazão máximos, e aumentando a contribuição para a vazão mínima.

REFOSCO & PINHEIRO (1992) constataram que, para a bacia hidrográfica do rio Itajaí do Norte, apesar de não ter havido aumento da precipitação média, houve aumento das vazões médias do rio de 49,89%, e da vazão mínima de 59,23%, devido aumento da área desmatada da bacia de 41%, em 1966, para 61% em 1986.

CASTRO (1985) afirma que retirar a cobertura vegetal de uma bacia hidrográfica, e com a incidência das precipitações sobre esta área fará aumentar o escoamento superficial, que aumentará a erosão, diminuirá a água armazenada no solo, perda de nutrientes, entre outros.

Segundo CHIARANDA (2002) a substituição das florestas pelo uso agrícola do solo alteram o balanço hídrico local, estabelecendo num novo patamar resultante das condições climáticas e do contraste gerado pelas mudanças ocorridas na evapotranspiração.

A evaporação é aumentada pelas florestas, uma vez que as mesmas aumentam o transporte vertical de vapor da superfície a ser evaporada e para o ar. Em regiões que apresentam altas taxas de precipitação, em climas úmidos, e com excesso hídrico, a diminuição da evapotranspiração pode acarretar em aceleração dos processos erosivos nas vertentes, e assim em desequilíbrio em todo o sistema geral da bacia hidrográfica.

Porém, LIMA (1985) cita experimentos que confirmam que a substituição de floresta natural por floresta implantada de *Pinus strobus*, diminui a produção anual de água, assim como a florestação de *Eucalyptus grandis* numa área de gramíneas.

O mesmo autor conclui que florestas implantadas não interferem negativamente na qualidade da água se comparadas às florestas naturais, nem

mesmo no balanço de nutrientes da bacia hidrográfica. Quando comparada às áreas com pastagens e agricultura porém, a perda de nutrientes em florestas plantadas é menor.

Segundo MOLCHANOV (1963) as florestas além de devolverem água à atmosfera (extraíndo-a dos horizontes inferiores do solo), fazem diminuir a temperatura do ar e aumentar a umidade relativa em sua área mais próxima de influência.

LIMA (1993) ao analisar a influência dos reflorestamentos de eucalipto, afirma que se estes reflorestamentos forem implantados em áreas de campo limpo, ou de pastagem, ou de outra forma de vegetação mais aberta, poderá ocorrer uma redução da produção da água (aproximadamente de 20%) numa bacia hidrográfica. Porém, isso não quer dizer que o reflorestamento de eucalipto “seca” as áreas, como era pensado no passado, mas que, esta redução na produção de água, em parte representa a parcela da água que é interceptada pelas copas e retorna para a atmosfera.

Afirma ainda que reflorestamentos de eucalipto, no que diz respeito ao balanço hídrico de bacias hidrográficas, não são diferentes de outras espécies florestais. Ou seja, a média do deflúvio é aumentado devido ao corte da floresta, e ocorre a diminuição média do deflúvio devido ao reflorestamento da bacia. Afirma ainda que, de acordo com o que se sabe e se estudou sobre o eucalipto, não existem efeitos negativos colaterais dos plantios de eucalipto sobre o ciclo hidrológico.

A sucessão secundária resultado do abandono de áreas de cultivo faz com que a produção de água diminua paulatinamente em uma bacia hidrográfica (CHIARANDA, 2002).

VEISSMANN & LEWIS (1996) afirmam que a quantidade e a qualidade da água que escoam pelos canais, são afetados pelas características físicas, de cobertura vegetal e condições climáticas, e salienta a importância de que o hidrólogo tenha um bom entendimento de solos, rochas, plantas, topografia, modelos de uso do solo, além de outras características que influenciam naquelas variáveis.

Dados corroboram com os resultados de VIEBRANS (2003) que afirma ter havido desaceleração da expansão agrícola no Vale do Itajaí de 1956 a 2000,

possibilitando a regeneração de florestas, especialmente nas sub-bacias do Itajaí-açu, Benedito, Luis Alves e Itajaí Mirim.

No entanto, ocorre que no período de 1994 a 1998 as taxas de concentração de coliformes totais, oxigênio consumido e cor aumentaram, reduzindo a qualidade em 4,6% naqueles anos.

Porém, conforme cita LOCATELLI (2003) a qualidade de água IQA médio na Bacia do Rio Luis Alves (onde está inserida a área de estudo) aumentou de 1984 a 2002. Porém, foi constatada redução de 5% do índice de qualidade calculado (IQA) com precipitação nas 24 horas antecedentes a coleta de dados em relação ao IQA com ausência de precipitação, o que revela problemas decorrentes de processos erosivos.

O índice de qualidade de água média da Bacia do Itajaí aumentou entre 1984 e 2002, conforme mostra LOCATELLI (2003). Especificamente para a bacia do rio Luis Alves, o autor encontrou taxa positiva de melhoria do índice de qualidade de água IQA médio neste período. Houve, no entanto, em 2002 uma melhoria nos parâmetros turbidez, cor e oxigênio consumido, fazendo com que o IQA médio tivesse tendência positiva.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para este capítulo, foram necessários os dados de uso do solo, obtidos conforme descrito no capítulo I, as informações sobre a dinâmica de uso do solo nas diversas áreas da bacia de drenagem observadas no capítulo II, e as séries de vazão analisadas no capítulo III.

As análises deram-se a partir do método de análise de correlação e de regressão entre as variáveis, ordenadas temporalmente a partir de 1956 – ano do primeiro estudo de uso do solo – até 2000 – último ano de análise de uso do solo. Os dados submetidos à análise de correlação e de regressão são apresentados na Tabela 17.

A Tabela 17 abaixo indica as áreas (em ha) de cada tipologia em cada ano de estudo, além da breve descrição de cada tipologia analisada.

TABELA 17. ÁREAS OCUPADAS POR CADA TIPOLOGIA ANALISADA

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO	ÁREA (ha e %)					
		1956		1978		2000	
		ha	%	ha	%	ha	%
Tipo I	Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparso	1454,20	9,15	840,14	5,29	0	0
Tipo II	Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	1291,40	8,13	1195,86	7,53	65,48	0,41
Tipo III	Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	5156,80	32,46	6719,34	42,30	11636,75	72,23
Tipo IV	Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	7888,40	49,65	6939,95	43,68	3537,00	21,27
Tipo V	Reflorestamento	16,00	0,10	4,50	0,03	475,91	6,00
Tipo VI	Áreas urbanas e Estradas	37,10	0,23	144,11	0,91	159,72	1,00
	Rios	42,80	0,27	42,80	0,27	10,35	0,07
TOTAL	---	15886,70	100	15886,70	100	15885,21	100

Relacionou-se para fins deste estudo cinco (5) sub-variáveis da variável vazão anual, registradas na estação fluviométrica Luis Alves no período de estudo, observada a interrupção na coleta de dados entre os anos de 1968 e 1977, inclusive (Tabela 18). Sendo elas:

5. vazão média anual (**Q média**);
6. vazão mínima média anual (**Q min**) – a média das vazões mínimas observadas em cada mês;
7. vazão máxima média anual (**Q máx**) – a média das vazões máximas observadas em cada mês;

8. vazão mínima absoluta (**Min**) – a vazão mínima absoluta registrada em cada ano do período;
9. vazão máxima absoluta (**Máx**) – a vazão máxima absoluta registrada em cada ano do período;

4.1 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO

O método de análise daquelas variáveis baseou-se no modelo proposto por RIZZI (2000). Neste modelo o autor define variáveis que alteram a qualidade ou quantidade de água em uma bacia hidrográfica, elaborando uma matriz. Em seguida é ajustada uma função típica (linear ou curva) que relaciona a variável/parâmetro à quantidade ou qualidade de água na bacia hidrográfica.

No caso deste estudo, e devido a disponibilidade de dados de vazão e da dinâmica de uso do solo, buscou-se estabelecer correlações e ajustar funções que relacionem as variáveis de tipologias de uso do solo (sua evolução ao longo do tempo) ao rendimento hídrico do rio principal da bacia hidrográfica.

RIZZI (2000) afirma que o ponto ótimo da função típica é aquele que indica o ponto de máximo rendimento, tendo uma pendente positiva ou negativa (dependendo da correlação ser positiva ou negativa), podendo apresentar um ponto de máximo ou de mínimo, em caso de funções lineares ou curvas, ou ter outras formas com pontos de máximo e mínimo.

Afirma o autor que em casos de equação de reta, o ajuste poderá ser avaliado pelo coeficiente de determinação. O sinal da equação é definido pelo caráter benéfico ou prejudicial que a alteração da variável imporá a qualidade ou quantidade da água. Exemplifica ainda RIZZI (2000) ao se aumentar a área de floresta em uma bacia hidrográfica, a correlação será positiva para a qualidade de água (sinal +) e negativa para a quantidade (sinal -).

VEISMANN & LEWIS (1996) afirmam que análises de correlação e regressão são largamente usadas em hidrologia, assim como em outras ciências. A premissa de se fazer estas análises, segundo os autores, está na verificação do quanto uma variável é condicionada pelo valor da outra, ou de várias outras, ou do quanto a distribuição de uma variável pode ser condicionada pelo valor da outra.

A medida do grau de correlação linear entre duas variáveis x e y , é chamado de coeficiente de correlação linear (VEISSMANN & LEWIS, 1996).

Assim, $\rho_{x,y} = 0,0$, indica falta de correlação linear; enquanto que $\rho_{x,y} = \pm 1,0$, indica perfeita correlação entre as variáveis. O coeficiente de correlação é calculado por:

$$\rho_{x,y} = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sigma_{x,y}}{\sigma_x \sigma_y}$$

TUCCI (2000) afirma que, a fim de explicar como varia y , a análise de regressão busca estabelecer um relacionamento entre a variável y e p outras variáveis x (x_1, x_2, \dots, x_p).

Sendo ε o quanto o valor de uma variável qualquer de y desvia-se do valor estimado pelo modelo, e sendo β os parâmetros desconhecidos aos quais as variáveis explicativas combinadas formam um componente sistemático linearmente (em caso de regressões lineares), o modelo poderá ser escrito da seguinte maneira:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon_i$$

O modelo estatístico será uma regressão linear simples, se o modelo sistemático tiver apenas uma variável x . Se o modelo contiver mais de uma variável explicativa x , o modelo será uma regressão linear múltipla.

Na análise de regressão, o coeficiente de determinação de uma equação de regressão indica a percentagem da variância de y que é explicada pela dada equação de regressão. O coeficiente de determinação de amostras de dados é estimado por:

$$r^2 = \frac{S_{x,y}^2}{S_x S_y}$$

Onde que, um alto r^2 indica um bom ajuste da equação de regressão aos dados, pois a equação está apta a explicar alta percentagem da variação dos dados (VEISMANN & LEWIS, 1996).

TABELA 18. MATRIZ DE DADOS SUBMETIDA À ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Ano	TIPOLOGIAS Área (km ²)						Q médias m ³ /s			Q absolutas	
	Tipo I Floresta explorada – árvores altas porém com dossel esparsos	Tipo II Floresta em Estádio Inicial de Regeneração – até capoeirinha	Tipo III Floresta em Estádio Médio a Avançado de Regeneração – capoeira, capoeirão, florestas secundárias tardias e iniciais	Tipo IV Pastagem, Agricultura e Solo Exposto	Tipo V Reflorestamento	Tipo VI Áreas urbanas e Estradas	Q média	Q min	Q máx	Min	Max
1956	14,5420	12,9140	51,5680	78,8840	0,1600	0,3710	3,15	1,66	16,21	1,1029	39,54
1957	14,0303	12,8344	52,8701	78,0936	0,1504	0,4602	5,98	2,49	30,64	0,9915	55,22
1958	13,5186	12,7548	54,1722	77,3033	0,1408	0,5493	3,65	1,94	20,80	1,398	34,22
1959	13,0069	12,6752	55,4743	76,5129	0,1313	0,6385	3,06	1,38	18,03	0,6687	36,46
1960	12,4951	12,5955	56,7765	75,7225	0,1217	0,7277	5,82	2,63	32,42	0,6244	75,09
1961	11,9834	12,5159	58,0786	74,9321	0,1121	0,8169	5,49	2,27	27,88	1,462	57,79
1962	11,4717	12,4363	59,3807	74,1418	0,1025	0,9060	3,75	1,88	27,33	1,2143	53,82
1963	10,9600	12,3567	60,6828	73,3514	0,0929	0,9952	3,76	1,73	22,30	0,7687	47,94
1964	10,4483	12,2771	61,9849	72,5610	0,0833	1,0844	2,41	1,33	11,02	1,1586	20,98
1965	9,9366	12,1975	63,2870	71,7706	0,0738	1,1736	4,80	1,69	23,46	1,1586	46,12
1966	9,4249	12,1178	64,5892	70,9803	0,0642	1,2627	6,77	2,51	13,97	1,91	19,54
1967	8,9131	12,0382	65,8913	70,1899	0,0546	1,3519	9,73	3,00	23,98	2,918	29,46
1978	8,4014	11,9586	67,1934	69,3995	0,0450	1,4411	4,11	2,06	20,79	1,85	52,45
1979	8,0195	11,4448	69,4286	67,8527	0,2593	1,4482	3,70	2,06	21,82	1,78	49,00
1980	7,6377	10,9310	71,6638	66,3059	0,4736	1,4553	4,07	1,95	21,39	1,29	53,50
1981	7,2558	10,4172	73,8990	64,7591	0,6878	1,4624	4,05	1,90	23,76	1,15	49,00
1982	6,8739	9,9034	76,1341	63,2123	0,9021	1,4695	4,66	2,09	28,94	1,71	53,50
1983	6,4920	9,3896	78,3693	61,6655	1,1164	1,4766	10,32	4,86	47,20	2,57	85,04
1984	6,1101	8,8757	80,6045	60,1187	1,3307	1,4837	7,02	3,79	30,37	2,75	73,00
1985	5,7282	8,3619	82,8397	58,5719	1,5449	1,4907	4,59	2,59	23,22	1,71	61,40
1986	5,3464	7,8481	85,0749	57,0251	1,7592	1,4978	4,88	2,71	20,25	2,03	53,20
1987	4,9645	7,3343	87,3101	55,4783	1,9735	1,5049	8,54	5,17	28,44	3,2	73,00
1988	4,5826	6,8205	89,5453	53,9315	2,1878	1,5120	4,47	2,65	12,73	1,27	33,70
1989	4,2007	6,3067	91,7804	52,3848	2,4021	1,5191	5,80	3,27	27,33	2,68	80,24
1990	3,8188	5,7929	94,0156	50,8380	2,6163	1,5262	7,23	3,49	24,18	1,27	42,70
1991	3,4369	5,2791	96,2508	49,2912	2,8306	1,5333	3,95	1,50	17,08	0,098	50,90
1992	3,0551	4,7653	98,4860	47,7444	3,0449	1,5404	7,95	4,71	21,37	1,94	67,90
1993	2,6732	4,2515	100,7212	46,1976	3,2592	1,5475	7,04	3,82	21,14	1,7	46,30
1994	2,2913	3,7377	102,9564	44,6508	3,4734	1,5546	5,97	3,27	21,85	0,98	78,62
1995	1,9094	3,2238	105,1916	43,1040	3,6877	1,5617	3,77	1,65	13,42	0,025	34,60
1996	1,5275	2,7100	107,4268	41,5572	3,9020	1,5688	5,09	2,16	11,85	0	23,46
1997	1,1456	2,1962	109,6619	40,0104	4,1163	1,5759	4,71	2,60	15,44	2,06	53,30
1998	0,7638	1,6824	111,8971	38,4636	4,3305	1,5830	8,22	4,49	23,76	2,92	35,20
1999	0,3819	1,1686	114,1323	36,9168	4,5448	1,5901	5,52	2,70	15,31	2,28	24,11
2000	0,0000	0,6548	116,3675	35,3700	4,7591	1,5972	4,62	2,19	21,80	1,52	68,07

Na matriz de dados apresentada foi aplicada a análise de correlação e a análise de regressão.

Deve ser levado em consideração, o intervalo de dados existente entre 1967 e 1978, devido a interrupção na coleta de dados ocorrida no período.

Para a matriz de saída da análise de correlação foi calculado o quadrado de cada coeficiente de correlação, obtendo-se assim o coeficiente de determinação de equação linear simples. Com este coeficiente (coeficiente de determinação da equação linear simples) buscou-se conhecer o quanto a equação linear simples de uma variável x (no caso, as tipologias de uso do solo) explicam uma variável y (no caso, as vazões).

Também foi investigada a possibilidade de haver maior capacidade de explicação da variação de y através de equações múltiplas, onde as variáveis x foram submetidas à potencialização de 2 e de 3 (elevadas aos expoentes 2 e 3) e ao logaritmo (logaritmo na base 10 da variável). As novas variáveis x e as variáveis y foram submetidas à análise de regressão e, os coeficientes de determinação obtidos foram analisados comparando-se seus valores. As variáveis x exponenciadas e logaritmadas também foram analisadas quanto ao coeficiente de equação linear simples.

Foi utilizada a planilha eletrônica do Excel 2000 (Microsoft Corporation) para todos os cálculos deste capítulo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 A DINÂMICA NA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO

A tipologia de uso do solo representada pelas florestas exploradas (tipologia I) diminuiu de 14,54km² (9,15%) que ocupava em 1956, para 0km² em 2000. Em relação ao potencial de armazenamento de água no solo desta tipologia, pode-se dizer pela característica observada que está entre médio e alto, uma vez que apesar de dossel esparso, as copas permitem certa proteção ao solo das gotas das chuvas.

Diminuição similar àquela ocorrida na tipologia I ocorreu na área ocupada pela floresta em estágio inicial de regeneração (tipologia II), que de 12,91km² (8,13%), passou para a ocupação em 2000 de 0,65km² (0,41%). Para esta tipologia pode-se dizer que ocupa uma condição de média permeabilidade ao solo, uma vez que, apesar de haver copas menos densas e em menor altura, as arvoretas e outras formas de vegetação da floresta em estágio inicial de regeneração oferecem bom recobrimento do solo, conforme consideração neste trabalho. Também há de se citar que florestas em estágio inicial de desenvolvimento podem reduzir o deflúvio devido a alta evaporação.

A tipologia considerada de pior proteção ao solo, sem dúvida é aquela compreendida pelas pastagens e formas de agricultura (tipologia IV), de modo que pode ser considerada baixa a sua capacidade de infiltração do solo. Ocorreu forte diminuição na área ocupada por esta tipologia, sendo que de 78,88km² (49,65%) passou a ocupar 35,37km² (21,27%). Porém, apesar de ter ocorrido uma diminuição na área desta tipologia para menos de a metade de sua ocupação, no ano 2000 a mesma continuava ocupando cerca de 22% da área da bacia.

Se considerarmos em termos de porcentagem de área, poderemos dizer que em torno de 67% da área de estudo cedeu lugar para as outras tipologias, do ano de 1956 para o ano 2000.

As formas de uso do solo representadas pelos reflorestamentos (tipologia V), apresentaram aumento de área forte. De 0,16km² em 1956 a área aumentou para 4,75km² (1%). No entanto, apesar deste aumento forte, apenas cerca de 3% da área apresentava esta tipologia em 2000, que pode ser considerada de alta capacidade de infiltração de água no solo.

As áreas urbanas (tipologia VI), consideradas como muito baixa capacidade de infiltração, ou muito baixa permeabilidade, também aumentaram. Em 1956 foram registrados 0,37km² (0,23%) da área de estudo cobertas por esta tipologia, passando para 1,59km² (1%) da área. Aumento forte porém pouco representativo em relação a área total da bacia, pois representa apenas cerca de 1% da área.

A tipologia que certamente apresentou a maior diferença da área foram as florestas em estágio médio a avançado (tipologia III). Considerada alto potencial de armazenamento de água, a área ocupada por esta tipologia aumentou de 51,56km² (32,46%) em 1956 para 116,36km² (72,23%) em 2000, passando a ocupar cerca de 74% da área de estudo, ou seja, 74% da área de estudo passa a apresentar alta capacidade de infiltração.

É importante salientar que a tipologia III chamada de floresta média a avançada, refere-se ao componente arbóreo incluindo capoeiras, capoeirões e florestas em estádios iniciais e secundários que exercem função hidrológica similares entre si e a florestas em estádios mais avançados de sucessão.

Como foi concluído no capítulo I em termos do que é sugerido na literatura sobre a capacidade de infiltração do solo da bacia, poderemos concluir que a dinâmica da paisagem na área de estudo foi positiva entre os anos de estudo, uma vez que tipologias consideradas de alta capacidade de infiltração apresentaram aumento na área de ocupação.

5.2 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS

Sendo conhecida a dinâmica na capacidade de infiltração na área de estudo, e estando disponíveis as variáveis hidrológicas registradas no mesmo período de estudo, é de nosso interesse conhecer se as variáveis de cobertura do solo podem explicar a variação das variáveis hidrológicas (vazões). Para tanto, foi calculada a matriz de correlação entre estas variáveis.

A Tabela 19 abaixo apresenta os valores dos coeficiente de correlação obtidos entre as variáveis estudadas.

Os coeficientes de correlação obtidos entre a vazão média e as tipologias de uso do solo são muito semelhantes entre si, não surgindo algum que apresentasse um valor representativo.

TABELA 19. MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS

	Ano	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo VI	Q média	Q min	Q máx	Min	Max
Ano	1											
Tipo I	-0,98641	1										
Tipo II	-0,92942	0,95230	1									
Tipo III	0,96622	-0,98519	-0,99052	1								
Tipo IV	-0,96185	0,98144	0,99315	-0,99979	1							
Tipo V	0,90097	-0,92586	-0,99701	0,97694	-0,98114	1						
Tipo VI	0,89841	-0,89613	-0,71796	0,80675	-0,79438	0,66200	1					
Q média	0,26586	-0,29127	-0,23115	0,26098	-0,25681	0,21244	0,32824	1				
Q min	0,43719	-0,42336	-0,38160	0,40497	-0,40195	0,36527	0,41076	0,87805	1			
Q máx	-0,15490	0,20529	0,25620	-0,23636	0,23963	-0,26523	-0,09569	0,55058	0,49469	1		
Min	0,20768	-0,20244	-0,09686	0,14554	-0,13840	0,06866	0,32092	0,64179	0,69378	0,39155	1	
Max	0,16016	-0,09227	-0,05419	0,07198	-0,06939	0,04372	0,13167	0,31379	0,46440	0,72710	0,26280	1

Pode-se observar que ocorreram correlações negativas entre a vazão média e as tipologias I, II e IV (respectivamente as florestas exploradas, as florestas em estágio inicial e as pastagens). Como sabemos que estas tipologias decresceram em área, podemos dizer que a vazão média aumentou entre os anos de 1956 e 2000. As correlações positivas apresentadas para as demais tipologias (III, V e VI), revelam exatamente o contrário.

Os coeficientes de correlação obtidos mostram que a variação da vazão média (Q média), da vazão mínima absoluta e da vazão máxima absoluta foram melhor relacionadas às áreas urbanas, numa correlação positiva.

A vazão máxima (Q max) esteve melhor relacionada a tipologia V (reflorestamento), que teve acentuado aumento na área de ocupação de 1978 para 2000, porém, teve área de ocupação diminuída de 1956 para 1978. Segundo VIDAL, LIMA & CAMARGO (1999), os reflorestamentos de eucaliptos reduzem os valores anuais de deflúvio nos sete primeiros anos após o plantio. Reflorestamentos adultos oferecem proteção ao solo semelhantes às florestas naturais. Cortes rasos em reflorestamentos ocasionam aumento nas taxas anuais de deflúvio (Segundo VIDAL, LIMA & CAMARGO, 1999).

Foram encontrados coeficientes de correlação negativos entre as variáveis tipologia I, tipologia II, tipologia IV (floresta explorada, floresta em estágio inicial, pastagem e agricultura) e a vazão mínima. Estas são as tipologias que apresentaram diminuição nas áreas no período de estudo, então, pode-se dizer que a vazão mínima tenha aumentado no período de estudo.

A variação da vazão máxima tendeu a apresentar valores menores ao longo do tempo de estudo, pois são observados valores positivos de coeficientes de correlação em relação às variáveis que reduziram as áreas no período.

Nos testes de hipótese do capítulo anterior é observada diferença significativa na vazão mínima anual média, entre os períodos de 1956 a 1967 e 1978 a 2000. Sendo que o aumento observado foi considerado significativo tanto para as médias quanto para as variâncias. O mesmo foi observado para as vazões mínimas absolutas mensais e para as vazões mínimas absolutas anuais no período de 1929 a 1967 e 1978 a 2002. As vazões mínimas são as únicas variáveis hidrológicas que apresentaram diferença significativa.

Poderemos então citar CHIARANDA (2002) que diz que, embora os efeitos dos usos da terra sobre o regime hídrico sejam difíceis de serem detectados e de serem separados dos efeitos climáticos, “não é excluída a possibilidade de os mesmos estarem efetivos em níveis menores que a diferença mínima detectável”.

5.3 RESULTADOS DAS TRANSFORMAÇÕES MATEMÁTICAS

Levando-se em consideração a falha na coleta de dados existente entre 1968 e 1977, buscou-se relações entre a dinâmica de ocupação do solo e a vazão, a fim de tentar-se obter resultados semelhantes aqueles das bacias experimentais em que são analisadas séries longas de vazão, seguidos de análise do uso e cobertura do solo.

Os resultados das transformações que foram submetidas as variáveis são apresentadas nas Tabelas 20, 21 e 22. A Tabela 20 traz os coeficientes de determinação encontrados para as equações lineares simples, nas quais são consideradas y as variáveis hidrológicas e x as tipologias de uso do solo.

TABELA 20. COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (r^2) DAS EQUAÇÕES LINEARES SIMPLES (CONSIDERANDO: $Y =$ VARIÁVEL HIDROLÓGICA; $X =$ TIPOLOGIA)

y	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo VI
Q média	0,08484	0,05343	0,06811	0,06595	0,04513	0,10774
Q min	0,17924	0,14562	0,16400	0,16156	0,13342	0,16873
Q máx	0,04215	0,06564	0,05587	0,05742	0,07035	0,00916
Min	0,04098	0,00938	0,02118	0,01915	0,00471	0,10299
Max	0,00851	0,00294	0,00518	0,00481	0,00191	0,01734

Quando tentamos explicar a variação da vazão através das tipologias de uso do solo, os resultados apresentados mostraram haver fraca correlação entre elas para os dados analisados neste estudo. Porém, neste estudo, será salientada a metodologia de buscar relações que expliquem a variação das séries de vazões de a dinâmica de uso do solo.

No Anexo 13 são apresentados os coeficientes de determinação de equações lineares e não lineares, adotando para as variáveis x (dinâmica das tipologias de uso do solo) transformações matemáticas de forma a buscar relações que sejam mais explicativas da variável y (vazões) de interesse.

As funções testadas foram as seguintes:

- $y = b_0 + b_1x^2$ (não-linear);
- $y = b_0 + b_1x^3$ (não-linear);
- $y = b_0 + b_1\log x$ (linear).

Para cada tipo de vazão estudada (y), foram analisados os coeficientes de determinação das tipologias de uso do solo (x), após serem transformadas. Os melhores resultados, ou seja, os maiores coeficientes de determinação, são os apresentados na Tabela 21.

TABELA 21. EQUAÇÕES LINEARES E NÃO-LINEARES DAS VARIÁVEIS Y (VAZÕES) E VARIÁVEIS X (TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO)

Y	Equação	r^2
Q média	$y = 5,88 - 0,00071(\text{Tipo I}^3)$	0,1098
Q min	$y = 3,21 - 0,0006(\text{Tipo II}^3)$	0,2335
Q max	$y = 24,00 - 0,32(\text{Tipo V}^2)$	0,1019
Min abs	$y = 1,41 + 1,50(\log.\text{Tipo VI})$	0,3118
Max abs	$y = 53,84 - 0,0037(\text{Tipo II}^3)$	0,0306

Do mesmo modo que as equações lineares das variáveis não transformadas, as vazões mínima média e mínima absoluta apresentam valores maiores de coeficientes de determinação em relação às demais vazões estudadas.

Outras formas de transformação também foram testadas. Tentou-se encontrar equações múltiplas, e verificar a possibilidade de aumento dos coeficientes de determinação, ou seja, a possibilidade de aumento do grau de

explicação da variável através da equação. Cada variável y é relacionada com cada variável x transformada e não – transformada. Exemplo:

$$Q \text{ med} = y = b_0 + b_1(\text{tipo I}) + b_2 (\text{tipo I}^2) + b_3 (\text{tipo I}^3) + b_4 (\log \text{tipo I}).$$

O objetivo é buscar equações múltiplas que expliquem a vazão através da dinâmica de uma tipologia de uso do solo conhecida. Sendo os melhores modelos aqueles que apresentaram os melhores coeficientes de determinação, a Tabela 22 apresenta esses modelos para cada vazão estudada.

TABELA 22. EQUAÇÕES MÚLTIPLAS: $Y =$ TIPOLOGIA DE USO DO SOLO CONHECIDA

Y	Equação	r ²
Q med	$y = -1,66 + 10,12(\text{Tipo V}) - 3,26(\text{Tipo V}^2) + 0,34(\text{Tipo V}^3) - 5,39(\log \text{Tipo V})$	0,1821
Q Min	$y = 0,16 + 4,38(\text{Tipo V}) - 1,43(\text{Tipo V}^2) + 0,15(\text{Tipo V}^3) - 1,72(\log \text{Tipo V})$	0,3295
Q max	$y = 23,65 + 12,27(\text{Tipo V}) - 8,10(\text{Tipo V}^2) + 1,12(\text{Tipo V}^3) + 2,87(\log \text{Tipo V})$	0,2751
Min	$y = -2,40 + 6,72(\text{Tipo V}) - 2,63(\text{Tipo V}^2) + 0,32(\text{Tipo V}^3) - 3,05(\log \text{Tipo V})$	0,3215
Max	$y = -20,40 + 70,33(\text{Tipo II}) - 5,90(\text{Tipo II}^2) + 0,17(\text{Tipo II}^3) - 211,36(\log \text{Tipo II})$	0,2507

É curioso perceber que, exceto pela vazão máxima absoluta (Max), todas as demais variáveis y apresentaram melhor explicação de y em função da tipologia V (reflorestamento). Essa tipologia representa pequena área da bacia, apenas cerca de 3% em 2000, quando passou a ocupar a maior área.

A vazão máxima absoluta (Max) teve melhor explicação através da função da tipologia II (floresta nativa em estágio inicial). Se analisarmos o resultado do conflito de uso dessa tipologia (Gráficos 7 e 8 e Figuras 9.1 e 9.2), veremos que a floresta inicial foi a única que teve aumento de área na classes 5 e 6 (acima de 25°) de declividade, diminuindo nas demais classes, e na área geral da bacia. Pode-se considerar que nestas áreas ocorre uma tendência de abandono das áreas de pastagem, agricultura e solo exposto, e o início da sucessão natural.

Resumindo os resultados da proposta, observa-se que as séries de vazões obtiveram a melhor explicação através das seguintes tipologias de uso do solo, conforme observado na Tabela 23.

A vazão máxima média (Q máxima), foi melhor relacionada à dinâmica dos reflorestamentos para todas as transformações testadas neste estudo.

TABELA 23. RESUMO DOS RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES ENTRE AS VAZÕES E AS TIPOLOGIAS DE USO DO SOLO

Vazão	Equações simples	Equações lineares e não-lineares	Equações múltiplas
Q méd	áreas urbanas	floresta explorada	reflorestamento
Q mín	floresta explorada	floresta inicial	reflorestamento
Q máx	reflorestamento	reflorestamento	reflorestamento
Mínima absoluta	áreas urbanas	áreas urbanas	reflorestamento
Máxima absoluta	áreas urbanas	floresta inicial	floresta inicial

Os reflorestamentos representaram a tipologia que melhor se ajustou nas equações múltiplas às variáveis vazões. VIDAL, LIMA & CAMARGO (1999) observaram em reflorestamento de *Eucalyptus* ssp. que, ocorreu diminuição do deflúvio com o crescimento do reflorestamento e após o corte raso, ocorreu um aumento desse deflúvio. Os reflorestamentos na área de estudo aumentaram em área, passando de 0,16km² em 1956 para 4,75km² em 2000, e os valores anuais médios da vazão máxima diminuíram na bacia de estudo, ocorreu uma correlação negativa entre as variáveis, corroborando com os resultados de VIDAL, LIMA & CAMARGO (1999).

A melhor correlação para a vazão média foi, na correlação simples, o aumento nas áreas urbanas, sendo que estas aumentaram a área de ocupação na bacia no período de estudo. Nas equações lineares e não-lineares, a melhor relação foi com a floresta explorada. E, nas equações múltiplas a melhor relação foi com os reflorestamentos.

A vazão mínima média anual (Q min) aumentou significativamente no período de estudo, quando relacionada às tipologias de uso do solo, apresentou as melhores relações com a diminuição da floresta explorada, com a diminuição da floresta inicial e com o aumento dos reflorestamentos.

A vazão mínima absoluta (Min), não apresentou diferença significativa entre os períodos, porém, houve aumento no segundo período, relacionando-se melhor às tipologias áreas urbanas e reflorestamentos. Ambas as tipologias aumentaram em área de ocupação na bacia, e, especialmente as áreas urbanas, representam, em estudos de bacias experimentais, deficiência na capacidade de infiltração.

As melhores relações apresentadas para a vazão máxima absoluta (Max) foram com as tipologias áreas urbanas e florestas iniciais. Apesar da diferença não

significativa entre os períodos de análise da vazão máxima absoluta, houve aumento desta variável vazão, ocorrendo na área de estudo aumento das áreas urbanas e diminuição das florestas iniciais. A explicação pode ser que as florestas iniciais diminuíram no todo da área de estudo, mas aumentaram nas áreas de classe de declividade 5 e 6, podendo estar influenciando nas vazões máximas absolutas. Em relações as áreas urbanas o aumento das áreas urbanas causam impermeabilização do solo diminuindo a capacidade de infiltração da água, aumentando os fluxos de vazão.

Apesar do aumento aparente da capacidade de infiltração da bacia através do aumento das áreas com cobertura arbórea, nota-se que nos topos de morro, em detrimento às demais áreas da bacia, ocorreu aumento da área de pastagens, agricultura e solo exposto (tipologia IV) o que pode estar influenciando negativamente na capacidade de infiltração da bacia, tendo em vista que as vazões mínimas aumentaram significativamente para os testes analisados

Aquilo que pretendeu-se neste capítulo foi, com os dados disponíveis numa sub-bacia do Rio Itajaí, a bacia do Rio Luis Alves de vazão, que têm série interrompida entre os anos de 1968 e 1977 por inoperância da estação ANA 83880000 naquele período e, com mapeamento de uso do solo gerados através de fotografias aéreas de 1956 e 1978 e imagem de satélite de 2000, testar a possibilidade de obter resultados semelhantes àqueles obtidos em bacias experimentais, com séries longas e ininterruptas de vazão e mapeamentos do uso do solo em intervalos menores de tempo (análise mais fina), dentro da realidade encontrada no Brasil e na Bacia do Itajaí, SC.

São necessários, para resultados mais conclusivos, a utilização de modelos matemáticos para o preenchimento das lacunas resultantes da inoperância da estação Luis Alves (ANA 83880000), porém, os resultados desta tentativa foram satisfatórios por terem mostrados respostas hidrológicas dentro da Bacia do Rio Luis Alves semelhantes aos resultados encontrados em estudos mais apurados nos centros de análises hidrológicas mundiais.

6 CONCLUSÕES

A tentativa de buscar relações entre a dinâmica de ocupação do solo da Bacia do Rio Luis Alves e as variáveis fluviométricas da estação Luis Alves (ANA 83880000) que comprovem os resultados obtidos pelos estudos em bacias experimentais internacionais, foi bastante satisfatório. A realidade dos dados disponíveis na bacia de interesse, condizente à realidade de muitas bacias brasileiras, com séries interrompidas por inoperância de estações e pouca disponibilidade de imagens pretéritas da cobertura do solo, forçaram a interpolação linear dos dados de uso e cobertura do solo, saltando nos anos com intervalos de dados fluviométrico. Ainda assim, foram observadas as seguintes relações, comprovando a literatura específica:

- a dinâmica dos reflorestamentos no período de estudo, influenciou nos valores médios anuais das vazões máximas (Q Max), assim como, para as equações múltiplas, influenciou em todas as variáveis fluviométricas, exceto pela vazão máxima absoluta (Max);
- as áreas urbanas influenciaram na série das vazões médias (Q Med), das vazões mínimas absolutas (Min) e nas vazões máximas absolutas (Max);
- as florestas exploradas influenciaram nas séries das vazões médias (Q Med), e nos valores médios anuais das vazões mínimas (Q Min);
- a dinâmica de ocupação das florestas iniciais influenciaram nos valores médios das vazões mínimas (Q Min) e nos valores absolutos da série das vazões máximas (Max).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO IV

- CASTRO, P. S. **Influência das Florestas Nativas no Ciclo Hidrológico na Região de Viçosa, MG.** In: . In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 14 – 22.
- CHIARANDA, R. **Usos da Terra e Avaliação da Capacidade Potencial de Armazenamento de Água da Bacia do Rio Cuiabá – MT.** Curitiba: UFPR. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, 2002. 402p.
- LIMA, W. P. **Hidrologia de Florestas Implantadas.** In: . In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 8 – 13.
- LOCATELLI, N. D. **Uma Contribuição a Gestão de Recursos Hídricos na Bacia do Itajaí: Avaliação da Qualidade das Águas.** Blumenau: FURB. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Regional de Blumenau, 2003. 72p.
- MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963. 419p.
- MOLION, L. C. B. **Influência da Floresta no Ciclo Hidrológico.** In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 1 – 7.
- PROGRAMA de Recuperação da Mata Ciliar: apresentação / organizadoras: Beate Frank, Sandra Momm Schult e Daisy da Silva Santos. – Blumenau: FURB/IPA, 2001. 31p.
- REFOSCO, J. C. & PINHEIRO, A. **Impacto do Desflorestamento sobre o Regime Hídrico de uma Bacia Hidrográfica.** In: Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v. 1, n.2. 1999. p.18-26.
- RIZZI, N. E. **Avaliação do Benefício Indireto de Proteção Florestal à Potabilidade Natural das Águas Captadas para Abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba, Com Base nos Produtos Químicos Utilizados no Tratamento Convencional.** In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 44 – 62.

- RIZZI, N. E. **Modelos de Avaliação/Valoração de Recursos Hídricos.** Relatório de Estágio de Pós-Doutorado. Departamento de Ciências e Técnicas de Água e de Meio Ambiente. Santander: Universidade de Cantabria. 2000. 52p.
- VIEBRANS, A. C. **Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Bacia do Itajaí.** Florianópolis, 2003. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- VISSMAN, W. & LEWIS, G. L. **Introduction to Hydrology** – 4^a edition. New York: Harper Collins, 1995. 760p.

6 CONCLUSÕES GERAIS

A área de estudo não apresenta problemas relacionados às inundações, realidade freqüente na vida dos habitantes do Vale do Itajaí, porém, as características climáticas e fisiográficas revelam fragilidade aos processos erosivos.

A dinâmica de uso e ocupação do solo da bacia do rio Luis Alves apresentou uma melhoria na proteção do solo, em virtude da parcial substituição de formas de cobertura do solo mais impermeabilizantes por formas que favorecem a infiltração e o potencial de armazenamento da água no solo.

As áreas de preservação permanente, apesar da evolução entre 1956 e 1978, ainda expressaram no final do período, conflitos de uso e ocupação em mais de 50% de ocupação das mesmas.

Para os testes estatísticos aplicados, apenas a vazão mínima apresentou diferença significativamente crescente entre os períodos estudados.

A busca de melhores equações que expressem a variação das variáveis hidrológicas mostraram ser possível encontrar relações satisfatórias entre as tipologias conhecidas de uso do solo e as variáveis vazões.

A maior estimativa de vazões máximas da área de estudo está parcialmente relacionada à interferência da série de precipitações acumuladas. Apesar de ambas as séries não demonstrarem diferença significativa para os testes estatísticos analisados, houve mediana correlação entre elas.

7 RECOMENDAÇÕES

As políticas de desenvolvimento econômico da região do Vale do Itajaí devem permitir que o homem do campo possa desenvolver atividades menos agressivas ao meio ambiente, e antes de tudo que possa permanecer no campo, de forma digna e com qualidade de vida.

A realidade do Vale mostra uma extrema desigualdade de social entre a cidade e o campo. Se por um lado existe a recuperação das florestas nas áreas abandonadas, outras áreas na mesma região são exploradas agressivamente com a utilização de agrotóxicos altamente deletérios à saúde humana e ambiental em geral. E as cidades por sua vez têm decréscimo de qualidade ambiental.

Ampliar este estudo afim de ser realizado zoneamento, levando-se em conta outras características de fragilidade ambiental (especialmente solos e geologia), com o objetivo de garantir a utilização racional dos recursos ambientais, especialmente para fins agrícola e de mananciais de abastecimento público.

Buscar outros modelos que visem relacionar melhor as variáveis hidrológicas às tipologias de uso do solo.

Buscar relações entre as tipologias de uso do solo e a qualidade de água.

Relacionar a dinâmica das tipologias de uso do solo em cada área de preservação permanente às variáveis hidrológicas, afim de detectar maiores graus de explicação dessas variáveis setorizadas geograficamente na bacia de estudo.

Desenvolver estimativas que preencham as lacunas existentes nas séries hidrológicas.

Possibilitar a coleta de dados ininterrupta e precisa nas estações de pluvio e pluviométricas, evitando falhas e erros que possam alterar estudos como este.

Expandir este estudo integralmente à Bacia do Itajaí, a fim de auxiliar no gerenciamento desta bacia.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'SABER, A. N. **O Suporte Geoecológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares)**. In: *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. Editores: Ricardo Ribeiro Rodrigues e Hermógenes de Freitas Leitão Filho. São Paulo: Fapesp, 2000. p.15 – 25.
- BELTRAME, A. da V. **Diagnósticos do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: Modelo e Aplicações**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994. 112p.
- BRASIL. 1965. Lei Federal n.º 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal.
- BRASIL. 2002. Decreto n.º 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.
- BUENO, F. da S. **Dicionário Escolar da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: FAE – Fundação de Assistência ao Estudante, MEC – Ministério da Educação e Cultura, 11ª edição, 1984. 1263p.
- BUTZKE, I. C. **Ocupação de Áreas Inundáveis em Blumenau (SC)**. Rio Claro: UEP. 245p. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, 1995.
- CARVALHO, M. S. et al. **Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde**. Organizadores: M. S. Carvalho; M. F. Pina; S. M. Santos. Brasília: Organização Panamericana da Saúde/ Ministério da Saúde, 2000.
- CASTRO, P. S. **Influência das Florestas Nativas no Ciclo Hidrológico na Região de Viçosa, MG**. In: . In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 14 – 22.
- CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina. **Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu: Estudo de Inventário Hidroenergético**. Relatório Geral. ELETROSUL, 1984. 132p.
- CHIARANDA, R. **Usos da Terra e Avaliação da Capacidade Potencial de Armazenamento de Água da Bacia do Rio Cuiabá – MT**. Curitiba: UFPR. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, 2002. 402p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.

- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
S. A. **Atlas Climatológico de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri. 2002.
Cd-Rom.
- FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. **Movimentos de Massa: uma Abordagem Geológico-geomorfológica**. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Editores: Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 123 – 194.
- GALETI, P. A. **Conservação do Solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2ª edição, 1973. 286p.
- GAPLAN – Gabinete de Planejamento do Estado de Santa Catarina. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 1986. 173p.
- GOMMERSBACH, V. B. **Monitoramento da Qualidade de Água em Rios a partir de Imagens Orbitais. Estudo de caso: Rio Itajaí-açú**. Blumenau: FURB. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, 2000. 107p
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (organizadores). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372p.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. (organizadores) **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- GUIMARÃES, J. L. B. **Relação entre a Ocupação do Solo e o Comportamento Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno – São José dos Pinhais**. Curitiba: UFPR. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. 2000. 205p.
- HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; RYBAK, J. & RZEPECKI, M. Ecohydrological Research of Lake-watershed Relations in Diversified Landscape (Masurian Lakeland, Poland). **Ecological Engineering**, Volume 16, Issue 1, outubro 2000. p. 91-98.
- IPA, Instituto de Pesquisas Ambientais. **Atlas Geográfico da Bacia do Itajaí** (título provisório). Blumenau: Editora da FURB, no prelo.
- LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações, Usando Microsoft® em Português**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000. 811p.

- LIMA, W. P. & ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de Matas Ciliares**. In: Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. Editores: Ricardo Ribeiro Rodrigues e Hermógenes de Freitas Leitão Filho. São Paulo: Fapesp, 2000. p. 33 – 44.
- LIMA, W. P. **Hidrologia de Florestas Implantadas**. In: . In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 8 – 13.
- LIMA, W. P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2ª edição, 1993. 301p.
- LOCATELLI, N. D. **Uma Contribuição a Gestão de Recursos Hídricos na Bacia do Itajaí: Avaliação da Qualidade das Águas**. Blumenau: FURB. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Regional de Blumenau, 2003. 72p.
- MAFRA, N. M. C. **Erosão e Planificação do Uso do Solo**. In: Erosão e Conservação do Solo: Conceitos, Temas e Aplicações / Antônio José Guerra, Antônio Soares da Silva e Rosângela Garrido Machado Guerra (organizadores). – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.301 – 322.
- MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963. 419p.
- MOLION, L. C. B. **Influência da Floresta no Ciclo Hidrológico**. In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 1 – 7.
- NETO, J. O. O Impacto do Projeto de Implantação do Canal de Retificação do Rio Itajaí Mirim no Meio Ambiente e na Ocupação Urbana na Cidade de Itajaí. Blumenau: FURB. 90p. Monografia (pós-graduação *latu sensu* em Engenharia Urbana e Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, 1999.
- PEREZ-TREJO, F. **Landscape response units: process-based self-organising systems**. In: Landscape Ecology and GIS. Editores: HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D. R.; COUSINS, S. H. London: Taylor & Francis ed. 1993. 159p.
- PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DA MATA CILIAR: apresentação / organizadoras: Beate Frank, Sandra Momm Schult e Daisy da Silva Santos. – Blumenau: FURB/IPA, 2001. 31p.
- PUNDEK, M. **Levantamento e Planejamento Conservacionista de Propriedades Rurais em Microbacias**. In: Manual de Uso , Manejo e Conservação do Solo e da Água: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos

- Naturais em Microbacias Hidrográficas. 2. Ed. ver., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384p.
- REFOSCO, J. C., PINHEIRO, A. **Influência da Floresta no Regime Hidrológico de uma Sub-bacia do Rio Itajaí-açú.** In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal. v.3. p. 888-893.
- RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos.** São Carlos: EESC/ USP, 1998. 840p.
- RIZZI, N. E. **Modelos de Avaliação/Valoração de Recursos Hídricos.** Relatório de Estágio de Pós-Doutorado. Departamento de Ciências e Técnicas de Água e de Meio Ambiente. Santander: Universidade de Cantabria. 2000. 52p.
- RIZZI, N. E. Avaliação do Benefício Indireto de Proteção Florestal à Potabilidade Natural das Águas Captadas para Abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba, Com Base nos Produtos Químicos Utilizados no Tratamento Convencional. In: XI Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais: A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas (Anais). 1985. p. 44 – 62.
- SALOMÃO, F. X. de T. **Controle e Prevenção dos Processos Erosivos.** In: Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações/ Antônio José Teixeira Guerra, Antônio Soares da Silva, Rosângela Machado Botelho (organizadores). – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229 – 267.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Sub-secretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 1991.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de Uso , Manejo e Conservação do Solo e da Água:** Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. 2. Ed. ver., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384p.
- SANTOS, C. D. T. **Microbacia do Rio Vila Formosa Curitiba – PR: Diagnóstico e Zoneamento Ambiental como Subsídio ao Planejamento.** Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Dissertação (Mestrado). 154p. 2000.
- SILVA, A. M. da. Conflicts of Land Use/ Land Cover with Relation to Slope Occurring on Água Fria Watershed (Palmas – TO, Brazil). In: Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, Volume 3, n. 1, janeiro-abril 2001. p. 111-119.

- TUCCI, C. E. M. & CLARKE, R. T. Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, (2) 1: 135 – 152, 1997.
- TUCCI, C. E. M. (organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª edição. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos: EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 943p.
- VEIGA, M.; BASSI, L; ROSSO, A. de. **Degradação do Solo e da Água**. In: Manual de Uso , Manejo e Conservação do Solo e da Água: Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. 2. Ed. ver., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384p.
- VIEBRANS, A. C. **Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Bacia do Itajaí**. Florianópolis, 2003. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- VISSMAN, W. & LEWIS, G. L. **Introduction to Hydrology** – 4ª edition. New York: Harper Collins, 1995. 760p.
- VILLELA, S. M. & MATOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, Ed. MacGraw-Hill do Brasil, 245p. 1975.
- ZALEWSKI, M. Ecohydrology – The Scientific Background to Use Ecosystem Properties as Management Tools Toward Sustainability of Water Resources. **Ecological Engineering**, Volume 16, Issue 1, outubro 2000. p. 1-8.

**ANEXO 01. TESTES DE HIPÓTESES DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAIS
PERÍODO DE 1941 A 2000**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Pp total de 1941 a 1967	302	43565,8	144,2576	9189,59
Pp total de 1978 a 2000	246	38974,4	158,4325	10396,97

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	27239,66553	1	27239,67	2,799163	0,094886	3,858545
Dentro dos grupos	5313322,997	546	9731,361			
Total	5340562,663	547				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Pp total de 1941 a 1967</i>	<i>Pp total de 1978 a 2000</i>
Média	144,2576159	158,4325203
Variância	9189,588164	10396,96718
Observações	302	246
Gl	301	245
F	0,883871999	
P(F<=f) uni-caudal	0,153987503	
Fi crítico uni-caudal	0,788576315	
Fs tab = 1/Fi = 1,268108084		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>Pp total de 1941 a 1967</i>	<i>Pp total de 1978 a 2000</i>
Média	144,2576159	158,4325203
Variância	9189,588164	10396,96718
Observações	302	246
Variância agrupada	9731,360801	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	546	
Stat t	-1,673069946	
P(T<=t) uni-caudal	0,047443165	
t crítico uni-caudal	1,647649697	
P(T<=t) bi-caudal	0,094886331	
t crítico bi-caudal	1,964317562	

**ANEXO 02. TESTES DE HIPÓTESES DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO ANUAIS
PERÍODO DE 1941 A 2001**

Anova: fator único**RESUMO**

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
	<i>m</i>			
Pp total Anual de 1941 a 1967	27	45606,8	1689,141	96833,23
Pp total Anual de 1978 a 2001	24	46990,7	1957,946	214592,2

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	918078,5	1	918078,5	6,035708	0,017608	4,038384
Dentro dos grupos	7453284	49	152107,8			
Total	8371363	50				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Pp total Anual de 1941 a 1967</i>	<i>Pp total Anual de 1978 a 2001</i>
Média	1689,140741	1957,945833
Variância	96833,23405	214592,1722
Observações	27	24
Gl	26	23
F	0,451243086	
P(F<=f) uni-caudal	0,025907319	
F crítico uni-caudal	0,511240827	
Fi tab = 1/Fs tab	1,956025314	

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Pp total Anual de 1941 a 1967</i>	<i>Pp total Anual de 1978 a 2001</i>
Média	1689,140741	1957,945833
Variância	96833,23405	214592,1722
Observações	27	24
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	40	
Stat t	-2,401600908	
P(T<=t) uni-caudal	0,010530203	
t crítico uni-caudal	1,683852133	
P(T<=t) bi-caudal	0,021060406	
t crítico bi-caudal	2,021074579	

**ANEXO 03. TESTES DE HIPÓTESES DAS SÉRIES ACUMULADAS DE PRECIPITAÇÃO
ANUAIS PERÍODO DE 1941 A 2000**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Pp acum. 6 dias (1941 - 1964)	288	18314,9	63,5934	2116,5532
Pp acum. 6 dias (1978 - 2000)	253	16953,4	67,0095	1937,2729

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1571,710921	1	1571,711	0,7732005	0,37962	3,858759
Dentro dos grupos	1095643,555	539	2032,734			
Total	1097215,266	540				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Pp acum. 6 dias (1978 - 2000)</i>	<i>Pp acum. 6 dias (1941 - 1964)</i>
Média	67,00948617	63,59340278
Variância	1937,272926	2116,553232
Observações	253	288
gl	252	287
F	0,915296103	
P(F<=f) uni-caudal	0,235506972	
F crítico uni-caudal	0,817149015	
$F_s \text{ tab} = 1/F_i \text{ tab}$	1,223767001	

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>Pp acum. 6 dias (1941 - 1964)</i>	<i>Pp acum. 6 dias (1978 - 2000)</i>
Média	63,59340278	67,00948617
Variância	2116,553232	1937,272926
Observações	288	253
Variância agrupada	2032,733868	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	539	
Stat t	-0,879318224	
P(T<=t) uni-caudal	0,189810301	
t crítico uni-caudal	1,647686076	
P(T<=t) bi-caudal	0,379620602	
t crítico bi-caudal	1,964376679	

**ANEXO 04. TESTES DE HIPÓTESES DAS SÉRIES DE VAZÃO MÉDIA (MÉDIA) ANUAL
PERÍODO DE 1956 A 2000**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Q média média anual de 1956 a 1967	12	58,3564995	4,863041627	4,186544
Q média média anual de 1978 a 2000	23	130,278697	5,664291181	3,295761

As variâncias são diferentes

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>Gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	5,0626353	1	5,062635256	1,409149	0,243672	4,13925249
Dentro dos grupos	118,55876	33	3,592689635			
Total	123,62139	34				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q média média anual de 1956 a 1967</i>	<i>Q média média anual de 1978 a 2000</i>
Média	4,863041627	5,664291181
Variância	4,186544954	3,295761976
Observações	12	23
Gl	11	22
F	1,270281345	
P(F<=f) uni-caudal	0,303296762	
F crítico uni-caudal	2,646856956	
Fi tab = 1/Fs tab	0,37780659	

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>Q média média anual de 1956 a 1967</i>	<i>Q média média anual de 1978 a 2000</i>
Média	4,863041627	5,664291181
Variância	4,186544954	3,295761976
Observações	12	23
Variância agrupada	3,592689635	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	33	
Stat t	-1,187075848	
P(T<=t) uni-caudal	0,121836463	
t crítico uni-caudal	1,692360456	
P(T<=t) bi-caudal	0,243672926	
t crítico bi-caudal	2,03451691	

**ANEXO 05. TESTES DE HIPÓTESES DAS VAZÕES MÍNIMAS (MÉDIAS) ANUAIS
PERÍODO DE 1956 A 2000**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Q min média anual período de 1956 a 1967	12	24,50153	2,04179421	0,279039258
Q min média anual período de 1978 a 2000	23	67,67308	2,94230796	1,178661462

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6,39472	1	6,39472286	7,276757614	0,01092	4,1392525
Dentro dos grupos	28,99998	33	0,87878739			
Total	35,39471	34				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q min média anual período de 1956 a 1967</i>	<i>Q min média anual período de 1978 a 2000</i>
Média	2,041794213	2,942307955
Variância	0,279039258	1,178661462
Observações	12	23
Gl	11	22
F	0,236742497	
P(F<=f) uni-caudal	0,008494667	
F crítico uni-caudal	0,312788018	
Fs tab = 1/Fi tab 3,197053414		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Q min média anual período de 1956 a 1967</i>	<i>Q min média anual período de 1978 a 2000</i>
Média	2,041794213	2,942307955
Variância	0,279039258	1,178661462
Observações	12	23
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	33	
Stat t	-3,299239879	
P(T<=t) uni-caudal	0,001165275	
t crítico uni-caudal	1,692360456	
P(T<=t) bi-caudal	0,002330551	
t crítico bi-caudal	2,03451691	

**ANEXO 06. TESTES HIPÓTESES DAS VAZÕES MÁXIMAS (MÉDIAS) ANUAIS
PERÍODO DE 1956 A 2000**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Q máx média anual período de 1956 a 1967	12	268,0248	22,3354	44,2456848
Q máx média anual período de 1978 a 2000	23	513,4298	22,3230	55,1797112

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0012065	1	0,00121	2,3412E-05	0,99617	4,13925
Dentro dos grupos	1700,6562	33	51,535			
Total	1700,6574	34				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q máx média anual período de 1956 a 1967</i>	<i>Q máx média anual período de 1978 a 2000</i>
Média	22,33540278	22,32303331
Variância	44,24568476	55,17971121
Observações	12	23
gl	11	22
F	0,80184698	
P(F<=f) uni-caudal	0,362314852	
Fi crítico uni-caudal	0,312788018	
Fs tab = 1/ Fi tab 3,197053414		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>Q máx média anual período de 1956 a 1967</i>	<i>Q máx média anual período de 1978 a 2000</i>
Média	22,33540278	22,32303331
Variância	44,24568476	55,17971121
Observações	12	23
Variância agrupada	51,53503572	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	33	
Stat t	0,004838605	
P(T<=t) uni-caudal	0,49808425	
t crítico uni-caudal	1,692360456	
P(T<=t) bi-caudal	0,996168499	
t crítico bi-caudal	2,03451691	

**ANEXO 07. TESTES HIPÓTESES DAS VAZÕES MÍNIMAS ABSOLUTAS ANUAIS
PERÍODO DE 1956 A 2000**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Q Min absoluta anual período de 1956 a 1967	12	15,3757	1,281308	0,39457
Q Min absoluta anual período de 1978 a 2000	23	38,783	1,686217	0,76675

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1,2928735	1	1,292873	2,01164	0,16547	4,139252
Dentro dos grupos	21,208947	33	0,642695			
Total	22,501821	34				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q Min absoluta anual período de 1956 a 1967</i>	<i>Q Min absoluta anual período de 1978 a 2000</i>
Média	1,281308333	1,686217391
Variância	0,39457157	0,766757269
Observações	12	23
gl	11	22
F	0,514597756	
P(F<=f) uni-caudal	0,126999656	
F crítico uni-caudal	0,312788018	
Fs tab = 1/Fi tab = 3,197053414		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>Q Min absoluta anual período de 1956 a 1967</i>	<i>Q Min absoluta anual período de 1978 a 2000</i>
Média	1,281308333	1,686217391
Variância	0,39457157	0,766757269
Observações	12	23
Variância agrupada	0,642695369	
Hipótese da diferença de média		
gl	33	
Stat t	-1,418323915	
P(T<=t) uni-caudal	0,082735731	
t crítico uni-caudal	1,692360456	
P(T<=t) bi-caudal	0,165471463	
t crítico bi-caudal	2,03451691	

**ANEXO 08. TESTES HIPÓTESES DAS VAZÕES MÁXIMAS ABSOLUTAS ANUAIS
PERÍODO DE 1956 A 2000**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Q Max absoluta anual período de 1956 a 1967	12	516,18	43,015	263,58759
Q Max absoluta anual período de 1978 a 2000	23	1242,19	54,00826087	302,03242

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	953,003	1	953,0026439	3,2951074	0,07858416	4,1392525
Dentro dos grupos	9544,18	33	289,2174736			
Total	10497,2	34				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q Max absoluta anual de 1956 a 1967</i>	<i>Q Max absoluta anual de 1978 a 2000</i>
Média	43,015	54,00826087
Variância	263,5875909	302,032415
Observações	12	23
Gl	11	22
F	0,87271292	
P(F<=f) uni-caudal	0,422289431	
F crítico uni-caudal	0,312788018	

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>Q Max absoluta anual de 1956 a 1967</i>	<i>Q Max absoluta anual de 1978 a 2000</i>
Média	43,015	54,00826087
Variância	263,5875909	302,032415
Observações	12	23
Variância agrupada	289,2174736	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	33	
Stat t	-1,815243075	
P(T<=t) uni-caudal	0,03929208	
t crítico uni-caudal	1,692360456	
P(T<=t) bi-caudal	0,07858416	
t crítico bi-caudal	2,03451691	

**ANEXO 09. TESTES HIPÓTESE DAS VAZÕES MÁXIMAS ABSOLUTAS ANUAIS
PERÍODO DE 1929 A 2002**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
vazão máx anual período de 1929 a 1967	39	1957,625	50,1955	225,276
vazão máx anual período de 1978 a 2002	25	1334,55	53,382	299,52

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	154,68528	1	154,685	0,60896	0,438149	3,995893
Dentro dos grupos	15748,974	62	254,016			
Total	15903,659	63				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q máx anual período de 1929 a 1967</i>	<i>Q máx anual período de 1978 a 2002</i>
Média	50,19551282	53,382
Variância	225,2762616	299,5198417
Observações	39	25
gl	38	24
F	0,752124668	
P(F<=f) uni-caudal	0,211547015	
Fi crítico uni-caudal	0,493347585	
Fs = 1/Fi = 2,026968471		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>vazão máx anual período de 1929 a 1967</i>	<i>vazão máx anual período de 1978 a 2002</i>
Média	50,19551282	53,382
Variância	225,2762616	299,5198417
Observações	39	25
Variância agrupada	254,0157119	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	62	
Stat t	-0,780358573	
P(T<=t) uni-caudal	0,219074516	
t crítico uni-caudal	1,669804988	
P(T<=t) bi-caudal	0,438149032	
t crítico bi-caudal	1,99896931	

**ANEXO 10. TESTES HIPÓTESE DAS VAZÕES MÍNIMAS ABSOLUTAS ANUAIS
PERÍODO DE 1929 A 2002**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Vazão Min Anual Período de 1929 a 1967	39	47,1795	1,2097	0,18683
Vazão Min Anual Período de 1978 a 2002	25	40,9830	1,6393	0,74841

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2,811457	1	2,811457	6,9554	0,0105	3,995893
Dentro dos grupos	25,06115	62	0,404212			49
Total	27,87261	63				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q Min Anual Período de 1929 a 1967</i>	<i>Q Min Anual Período de 1978 a 2002</i>
Média	1,209730769	1,63932
Variância	0,186825687	0,748407393
Observações	39	25
gl	38	24
F	0,249631002	
P(F<=f) uni-caudal	6,93135E-05	
F crítico uni-caudal	0,553180612	
Fs tab = 1/Fi tab	1,807727852	

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Q Min Anual Período de 1929 a 1967</i>	<i>Q Min Anual Período de 1978 a 2002</i>
Média	1,209730769	1,63932
Variância	0,186825687	0,748407393
Observações	39	25
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	32	
Stat t	-2,305269162	
P(T<=t) uni-caudal	0,013893404	
t crítico uni-caudal	1,693888407	
P(T<=t) bi-caudal	0,027786808	
t crítico bi-caudal	2,036931619	

**ANEXO 11. TESTES HIPÓTESE DAS VAZÕES MÁXIMA ABSOLUTAS MENSAIS
PERÍODO DE 1929 A 2002**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
vazão max mensal de 1929 até 1967	375	7791,7435	20,777983	289,941863
vazão max mensal de 1978 até 2002	282	6396,19499	22,681543	323,957384

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	583,2410532	1	583,24105	1,915187	0,16686	3,855689
Dentro dos grupos	199470,2817	655	304,53478			
Total	200053,5228	656				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q max mensal de 1929 até 1967</i>	<i>Q max mensal de 1978 até 2002</i>
Média	20,77798267	22,68154253
Variância	289,9418633	323,9573838
Observações	375	282
gl	374	281
F	0,895000015	
P(F<=f) uni-caudal	0,158540381	
Fi crítico uni-caudal	0,804535105	
Fs tab = 1/ Fi tab = 1,242953842		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>Q max mensal de 1929 até 1967</i>	<i>Q max mensal de 1978 até 2002</i>
Média	20,77798267	22,68154253
Variância	289,9418633	323,9573838
Observações	375	282
Variância agrupada	304,5347813	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	655	
Stat t	-1,383902813	
P(T<=t) uni-caudal	0,083429797	
t crítico uni-caudal	1,647183581	
P(T<=t) bi-caudal	0,166859594	
t crítico bi-caudal	1,963589966	

**ANEXO 12. TESTES HIPÓTESE DAS VAZÕES MÍNIMAS ABSOLUTAS MENSAS
PERÍODO DE 1929 A 2002**

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Vazão Min Mensal de 1929 a 1967	442	789,7878	1,78685	0,539017
Vazão Min Mensal de 1978 a 2002	274	802,95	2,93047	2,07304

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	221,221078	1	221,221	196,5439	1,28E-39	3,854524
Dentro dos grupos	803,646703	714	1,12556			
Total	1024,86778	715				

Teste-F: duas amostras para variâncias

	<i>Q Min Mensal de 1929 a 1967</i>	<i>Q Min Mensal de 1978 a 2002</i>
Média	1,786850226	2,930474453
Variância	0,539017422	2,073040367
Observações	442	274
Gl	441	273
F	0,260012989	
P(F<=f) uni-caudal	0	
Fi crítico uni-caudal	0,80968654	
Fs tab = 1/Fi tab 1,235045849		

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>Q Min Mensal de 1929 a 1967</i>	<i>Q Min Mensal de 1978 a 2002</i>
Média	1,786850226	2,930474453
Variância	0,539017422	2,073040367
Observações	442	274
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	362	
Stat t	-12,20124449	
P(T<=t) uni-caudal	3,22229E-29	
t crítico uni-caudal	1,649073056	
P(T<=t) bi-caudal	6,44458E-29	
t crítico bi-caudal	1,966536729	

ANEXO 13. COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO DAS EQUAÇÕES SIMPLES

	Tipo I	Tipo I ²	Tipo I ³	logTipo I	Tipo II	Tipo II ²	Tipo II ³	logTipo II	Tipo III	Tipo III ²	Tipo III ³	logTipo III	Tipo IV	Tipo IV ²	Tipo IV ³	logTipo IV	Tipo V	Tipo V ²	Tipo V ³	logTipo V	Tipo VI	Tipo VI ²	Tipo VI ³	logTipo VI
Q média	0,0848	0,1079	0,1098	0,0451	0,0534	0,0766	0,0910	0,0215	0,0681	0,0556	0,0440	0,0806	0,0660	0,0778	0,0881	0,0534	0,0451	0,0201	0,0096	0,0584	0,1077	0,1093	0,1069	0,1004
Q min	0,1792	0,2009	0,1827	0,1046	0,1456	0,2022	0,2335	0,0624	0,1640	0,1396	0,1150	0,1851	0,1616	0,1845	0,2022	0,1350	0,1334	0,0600	0,0294	0,2145	0,1687	0,1864	0,1966	0,1426
Q máx	0,0421	0,0179	0,0084	0,0801	0,0656	0,0411	0,0237	0,0740	0,0559	0,0674	0,0774	0,0439	0,0574	0,0463	0,0362	0,0682	0,0703	0,1019	0,0974	0,0083	0,0092	0,0121	0,0145	0,0053
Min	-0,2024	-0,2656	-0,2978	-0,1594	-0,0969	-0,1331	-0,1718	-0,0853	0,1455	0,1188	0,0965	0,1749	-0,1384	-0,1620	-0,1859	-0,1171	0,0687	0,0332	0,0390	0,1174	0,3209	0,3161	0,3035	0,3118
Max	0,0085	0,0203	0,0225	0,0043	0,0029	0,0162	0,0306	0,0004	0,0052	0,0017	0,0001	0,0100	0,0048	0,0097	0,0153	0,0014	0,0019	0,0041	0,0112	0,0517	0,0173	0,0191	0,0207	0,0157