

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
PELOTAS-RS, ATRAVÉS DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC)**

ELIETE HENRIQUE DAS NEVES

ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS ALBERTO BASSO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. EDINEI KOESTER

PORTO ALEGRE, JUNHO DE 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
PELOTAS-RS, ATRAVÉS DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC)**

ELIETE HENRIQUE DAS NEVES

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso

Co-orientador: Prof. Dr. Edinei Koester

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli (PPG em Geografia/UFRGS)

Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer (PPG em Geografia/ UFRGS)

Prof. Dr. Ulisses Rocha de Oliveira (PPG em Geografia/FURG)

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Rio Grande
do Sul como requisito para obtenção
do título de Mestre em Geografia

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental

PORTO ALEGRE, JUNHO DE 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: José Carlos Frantz

Vice-Diretor: André Sampaio Mexias

Neves, Eliete Henrique das

Análise da degradação ambiental da bacia hidrográfica do arroio Pelotas-RS, através do diagnóstico físico-conservacionista (DFC). / Eliete Henrique das Neves. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2012.

[158 f.] il.

Dissertação (mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2012.

Orientador: Luís Alberto Basso

Coorientador: Edinei Koester

1. Diagnóstico físico-conservacionista. 2. Bacia hidrográfica. 3. Arroio Pelotas. I. Título.

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Alexandre Ribas Semeler CRB 10/1900

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Campus do Vale Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS -
Brasil CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001

Fone: +55 51 3308-6329

Fax: +55 51 3308-6337

E-mail: bibgeo@ufrgs.br

Eliete Henrique das Neves

**ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO
PELOTAS-RS, ATRAVÉS DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em de de 2012.

Prof. Dr. Luís Alberto Basso – Orientador - UFRGS

Prof. Dr. Edinei Koester – Co-orientador – UFRGS

Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli - UFRGS

Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer - UFRGS

Prof. Dr. Ulisses Rocha de Oliveira - FURG

Aos meus pais Edirene & Ivete, a
minha avó Celanira (esteio da
minha vida), ao meu irmão
Edinilson e a minha afilhada
Jainá.

Agradecimentos

Dois anos de estudos, pesquisas e trabalho, buscando as fontes para que pudesse continuar tendo ânimo e persistência para completar mais esta etapa de minha vida.

Mas, para que pudesse completar mais um ciclo em minha vida, muitas pessoas me ajudaram em minha jornada. Destas, muitas foram as que contribuíram de forma direta ou indireta. Este espaço torna-se pequeno para agradecer a todas elas, mas espero que, as poucas que mencionar aqui, eu esteja alcançando a todos que auxiliaram de alguma maneira nesta dissertação.

Em primeiro lugar, devo agradecer, em especial, aos meus pais que com muita atenção, carinho e amor me acompanharam em todos os momentos de minha vida acadêmica, não importando se foram momentos de repreensão ou de acalento. A primeira grande professora que eu tive na vida foi uma mulher corajosa, forte e guerreira, fonte inesgotável de amor, carinho e incentivo. Sempre esteve torcendo por mim, desejando meu sucesso e junto comigo desde meus primeiros anos de vida: minha avó Celanira. Obrigada!

Agradeço, em especial, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por ter me proporcionado a oportunidade de realizar esta pesquisa em uma instituição tão reconhecida pela sua qualidade.

A CAPES pelo apoio financeiro, o qual proporcionou minha estadia em Porto Alegre e financiou a pesquisa.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Geografia que proporcionaram momentos de aprendizagem e troca de conhecimento. Em especial, à professora Nina e ao professor Laurindo, profissionais excelentes que me deram dicas para melhorar minha pesquisa.

Meu agradecimento mais que especial ao meu Orientador Dr. Luís Alberto Basso, pessoa generosa, que me aceitou como sua orientanda e sempre incentivou e questionou com profissionalismo meu trabalho. Meus sinceros agradecimentos.

Ao meu grande amigo e Co-orientador Dr. Edinei Koester, grande incentivador desde os tempos de graduação e que me acompanhou em mais

esta etapa da minha vida. Não tenho palavras para agradecer o seu apoio e profissionalismo.

Também, devo agradecer ao amigo Alexandre Felipe Bruch, que com boa vontade, demonstrou estar sempre disposto a me ajudar e me deu uma direção quando da proposta do projeto.

Aos amigos que fiz durante o mestrado, em especial ao Eduardo, Roberto e Carmem que estiveram juntos em todas as disciplinas e em momentos de descontração.

Aos amigos queridos que sempre estiveram comigo, nos momentos bons e ruins. Agradeço, em especial, a meu grande amigo Jonathan, que me ajudou incondicionalmente em tudo que precisei para realizar minha dissertação, estando sempre presente e nunca deixando que as nossas discussões mais acaloradas falassem mais alto que a nossa amizade.

A uma amiga 'pequenina, porém, genuína', Angela Pomatti, que aguentou minhas crises de pessimismo, mas sempre esteve junto, dando força e, além de tudo, moradia.

Aos meus amigos de "22" Joice; Silvia minha pequena amiga-irmã, por momento de descontração e carinho incondicional; Marcello querido amigo, Flaviene, Fernanda (Fefa) e Andrea queridas amiga.

Não poderia deixar de mencionar o Sr. Leonir e a Sr^a. Marilene Pomatti, dois anjos que entraram na minha vida e me receberam de braços abertos em sua casa.

E, as demais pessoas, que estiveram de alguma forma envolvidas durante as minhas pesquisas.

Obrigada...!

*“Poucos rios surgem de grandes nascentes,
mas muitos crescem
Recolhendo filetes de água”.*

(Ovídio)

*“Uma gota de chuva
A mais, e o ventre grávido
Estremeceu, da terra.
Através de antigos
Sedimentos, rochas
Ignoradas, ouro
Carvão, ferro e mármore
Um fio cristalino
Distante milênios
Partiu fragilmente
Sequioso de espaço
Em busca de luz.
Um rio nasceu. ”*

(O Rio – Vinicius de Moraes)

*“Rio que leva nas águas
Mistérios profundos
Pra nunca voltar
Passa nas sombras das matas
Murmuram cascatas,
Mas não voltará
Só me voltou na lembrança
O rio de minha infância. ”*

(Rio da Minha Infância – Délcio Tavares)

*“Os arroios são rios guris...
Vão pulando e cantando dentre as pedras.
Fazem borbulhas d’água no caminho: bonito! ”*

(Os Arroios - Mario Quintana)

Resumo

A pesquisa constituiu-se em um estudo de cunho ambiental, em que foi proposta a aplicação da metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) para analisar a degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP). Baseando-se na metodologia desenvolvida, primeiramente, pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT), com sede na Venezuela, e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) deste mesmo país e adaptada a realidade brasileira, por Beltrame. A BHAP está localizada na região sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, abrange parte de quatro municípios, Arroio do Padre, Canguçu, Morro Redondo e Pelotas, com uma área de aproximadamente 923 km² e o curso principal da bacia tem extensão de 99 km de suas nascentes até a foz. O DFC consiste na aplicação de sete parâmetros que irão compor a fórmula descritiva final, a qual indicará o índice de degradação de cada setor da bacia. A BHAP foi setorizada levando em consideração a geomorfologia, a rede de drenagem, declividade e principalmente a geologia, a qual deu origem a dois setores: setor A 699 km² (ESRG) e setor B 224 km² (PCRS). Os resultados da fórmula descritiva final relacionada com a equação da reta na qual expressa numericamente o estado físico-conservacionista da bacia, demonstraram que no setor A dos 699 km² (75,73%) que compõem esta área, 581.02 km² estão passando por algum tipo de processo degradacional, o que corresponde a aproximadamente 62,94% deste setor. No setor B dos 224 km² (24,27%) distribuídos nesta área, 107.3 km² estão sobre o efeito de algum processo de degradação, o que, corresponde a 11,69% deste setor. Após o cruzamento de todos os dados, bem como a comparação entre os usos do solo nos anos de 1985 e 2011, foi possível criar um mapa final que demonstrou-se o potencial de suscetibilidade a processos degradacionais dos setores da BHAP. Foram classificados cinco níveis de suscetibilidade e relacionado a esses, processos de otimização do uso do solo. Compreendendo então, as áreas a serem preservadas que correspondem ao nível muito alto no mapa de suscetibilidade e equivalem a 2% do setor A e 6% do setor B. As áreas a serem recuperadas correspondem ao nível alto e representam 13% do setor A e 9% do setor B; as áreas a serem otimizadas equivalem ao nível moderado a alto e representam 24% do setor A e 13% do setor B; as áreas a serem mantidas com o mesmo uso equivalem aos níveis moderado e baixo e a somatória no setor A é de 27% e do setor B 7%. Para que as proposta de otimização do uso do solo seja eficaz no combate ou estabilização do processo de degradação é preciso a utilização de práticas conservacionistas. A aplicação do DFC mostrou-se eficiente para a análise da degradação ambiental na BHAP, não sendo apenas uma questão de simples aplicação, mas sim o acréscimo e aperfeiçoamento de soluções para a aquisição dos índices dos parâmetros. Os dados obtidos nesta pesquisa poderão ser empregados para colaborar em um planejamento ambiental, como subsidio sustentável para o uso do solo na BHAP, permitindo a identificação e redução dos impactos ambientais negativos.

Palavras – Chave: Diagnóstico Físico-Conservacionista, Bacia Hidrográfica, Arroio Pelotas.

Résumé

La recherche a été basée sur une étude de la nature de l'environnement, il a été proposé la mise en œuvre de la méthodologie de physique diagnostic conservationniste (DFC) pour analyser la dégradation de l'environnement dans le Bassin Hydrographique de Arroio Pelotas (BHAP). Bâti sur la méthodologie développée, d'abord, par le Centre pour le Développement de L'eau et la Terre (CIDIAT), basée au Venezuela et par le Ministère de L'environnement et des Ressources Naturelles Renouvelables (MARNR) d'un même pays et adapté à la réalité brésilienne, par Beltrame. Le BHAP est situé dans la région du sud-est de L'État de Rio Grande do Sul, partie couvre quatre municipalités, Arroio Padre, Canguçu, Morro Redondo et Pelotas, d'une superficie d'environ 923 km² et le cours du bassin a une superficie de 99 km de leur source à l'embouchure. La DFC est l'application des sept paramètres qui vont composer la formule descriptive finale, qui avait déclaré sur l'indice de dégradation pour chaque secteur du bassin. La presse spécialisée BHAP envisageait la géomorphologie, drainage, réseau de pente et surtout la géologie, qui a donné naissance à deux secteurs : le secteur A 699 km² (ESRG) et le secteur B 224 km² (PCRS). Les résultats de la formule finale décrivant liée à l'équation de la ligne dans laquelle exprimé numériquement la conservation de l'état physique, bassin a démontré que dans le secteur A de 699 km² (75.73 %) qui composent cette zone, 581.02 Km² sont traverse une sorte de degradacional, qui correspond à environ 62.94 % de cette secteur. Secteur B 224 km² (24,27 %) distribué dans ce domaine sont sur l'effet de 107.83 km² de certains processus de dégradation, ce qui correspond à cette 11.69 % de secteur. Après recoupement de toutes les données, ainsi que la comparaison de l'utilisation des terres dans les années 1985 et 2011, il était possible de créer une carte finale qui démontre le potentiel de la susceptibilité aux processus de degradacionais des secteurs de BHAP. Ont été classées cinq niveaux de sensibilité et d'utilisation des terres liées à ces processus, optimisation. Compréhension ainsi conservée sont les zones qui correspondent à un niveau trop élevé sur une carte de la susceptibilité et le montant de 2 % la secteur A et à 6 % le secteur de B. Les zones d'être indemnisée pour correspondent à un niveau élevé et représentent 13 % du secteur A et la secteur B 9 % ; les zones à être optimisé sont équivalents à modérer le niveau élevé et représentent le secteur A 24 % et le secteur B 13 % ; les zones doivent être maintenus avec la même utilisent modérée et de bas niveaux sont équivalentes et de la somme dans le secteur est de secteur A 27 % et 7 % de la secteur B. Pour le terrain proposé, utilisez optimisation pour être efficace dans le combat ou la stabilisation du processus de dégradation est nécessaire l'utilisation des pratiques de conservation. L'application de la DFC s'est avérée pour être efficace pour l'analyse de la dégradation de l'environnement ne sont pas BHAP juste une question de simples demande, mais l'ajout et l'amélioration des solutions pour l'acquisition du contenu des paramètres. Les résultats obtenus dans cette enquête peuvent servir à collaborer sur une planification environnementale durable comme à l'utilisation de terres de subvention en BHAP, permettant l'identification et la réduction des impacts environnementaux négatif.

Mots-Clés: Physique Diagnostic Conservationniste, Bassin Hydrographique, Arroio Pelotas.

Lista de Figuras

Figura 1	Mapa de Localização da Área de Estudo.....	26
Figura 2	Mapa Geológico da BHAP.....	29
Figura 3	Mineração em Monte Bonito.....	31
Figura 4	Depósitos Eólicos na PCRS.....	33
Figura 5	Mapa Geomorfológico da BHAP.....	36
Figura 6	Morros com Topos Planos na BHAP.....	39
Figura 7	Morros com Topos Convexos e Vertentes Suaves na BHAP.....	39
Figura 8	Morros com Topos Convexos e Vertentes Íngremes na BHAP.....	40
Figura 9	Colinas com Topos Convexos na BHAP.....	40
Figura 10	Planície Flúvio-Coluvial na BHAP.....	41
Figura 11	Planície Lagunar na BHAP.....	41
Figura 12	Planície Lagunar com Dunas e Banhados na BHAP.....	42
Figura 13	Perfil de Argissolos Encontrados no Setor A da BHAP.....	46
Figura 14	Perfil de Cambissolos Encontrados no Setor A da BHAP.....	48
Figura 15	Perfil de Gleissolos Encontrados no Setor A da BHAP.....	49
Figura 16	Perfil de Neossolos Encontrados no Setor A e B da BHAP.....	50
Figura 17	Afloramento Rochoso Encontrado no Setor A da BHAP.....	51
Figura 18	Perfil de Planossolos Encontrado no Setor A e B da BHAP.....	52
Figura 19	Cobertura Vegetal da BHAP; A/B Escudo Sul-Rio-Grandense, C/D Planície Costeira do RS.....	56
Figura 20	Plantação de Pêssegos na BHAP.....	64
Figura 21	Plantação de Cítricos.....	65

Figura 22	Cultivo de Milho na BHAP.....	66
Figura 23	Cultivo de Fumo na BHAP.....	66
Figura 24	Orizicultura na BHAP.....	67
Figura 25	Mapa da Rede de Drenagem da BHAP.....	96
Figura 26	Mapa de Declividades da BHAP.....	97
Figura 27	Mapa Hipsométrico da BHAP.....	98
Figura 28	Mapa de Setorização da BHAP.....	99
Figura 29	Padrão Dendritico.....	100
Figura 30	Mapa de Cobertura Vegetal Original.....	104
Figura 31	Mapa de Uso do Solo na BHAP em 1985.....	107
Figura 32	Mapa de Uso do Solo na BHAP em 2011.....	108
Figura 33	Mapa de Solos da BHAP.....	118
Figura 34	Mapa de Potencial Erosivo da BHAP.....	124
Figura35	Mapa de Suscetibilidade a Processos Degradacionais na BHAP.....	138

Lista de Tabelas

Tabela 1	Comparação entre as Morfoesculturas e Morfoestruturas que Caracterizam o Estado do Rio Grande do Sul.....	34
Tabela 2	Formas e Padrões Geomorfológicos da BHAP.....	37
Tabela 3	Classes de Solos da BHAP por Setores.....	44
Tabela 4	Cartas Topográficas.....	87
Tabela 5	Descrição da Fórmula Descritiva Final.....	94
Tabela 6	Nível de Semelhança da Cobertura Vegetal Original e Atual, nos Setores da BHAP.....	103
Tabela 7	Valor do Índice Kappa e Exatidão Global.....	106
Tabela 8	Dados de Uso do Solo na BHAP em 1985 e 2011.....	111
Tabela 9	Índice de Proteção ao Solo por Tipo de Uso.....	111
Tabela 10	Tipos de Uso do Solo e Índice de Proteção ao Solo, por Área de cada Classe Agrupada por Setor.....	112
Tabela 11	Índice e Símbolo de Proteção Total da Vegetação.....	113
Tabela 12	Síntese da Proteção Oferecida pela Cobertura Vegetal por Setores.....	113
Tabela 13	Classificação da Declividade Média nos Setores A e B.....	115
Tabela 14	Parâmetro E por Setor da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.....	116
Tabela 15	Matriz de Referência, Dados de Declividade, Solos, Geologia e Relevo na BHAP.....	119
Tabela 16	Índice do Potencial Erosivo dos Solos da BHAP.....	123
Tabela 17	Síntese do Potencial Erosivo dos Solos por Setores.....	123
Tabela 18	Parâmetro DD por Setor da BHAP.....	126
Tabela 19	Classificação do Balanço Hídrico para os Setores A e B.....	129
Tabela 20	Fórmula Descritiva Final e Índices Máximos e Mínimos.....	130
Tabela 21	Valores da Fórmula Descritiva por Setores.....	132

Lista de Gráficos

Gráfico 1	Distribuição dos Tipos de Solos na BHAP.....	44
Gráfico 2	Classificação das ZV de Holdridge.....	90
Gráfico 3	Área dos setores da BHAP.....	101
Gráfico 4	Equação da Reta.....	133

Lista de Quadros

Quadro 1	Normais Climatológicas do Período de 1971/2011, Mensais e Anuais.....	53
Quadro 2	Principais Atividades Agropecuárias – Item Agricultura – Arroio do Padre.....	58
Quadro 3	Principais Atividades Agropecuárias – Item Pecuária – Arroio do Padre.....	58
Quadro 4	Principais Atividades Agropecuárias – Item Agricultura – Canguçu	59
Quadro 5	Principais Atividades Agropecuárias – Item Pecuária – Canguçu.....	60
Quadro 6	Principais Atividades Agropecuárias – Item Agricultura – Morro Redondo.....	61
Quadro 7	Principais Atividades Agropecuárias – Item Pecuária – Morro Redondo.....	61
Quadro 8	Principais Atividades Agropecuárias – Item Agricultura – Pelotas.....	62
Quadro 9	Principais Atividades Agropecuárias – Item Pecuária – Pelotas.....	63
Quadro 10	Características entre os conceitos de Impacto Ambiental e Poluição PNMA....	82
Quadro 11	Metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC), desenvolvida na Venezuela e as adaptações feitas por Beltrame (1990).....	89
Quadro 12	Relação entre os Fatores e os Parâmetros no DFC.....	92
Quadro 13	Grau de Semelhança Entre a Cobertura Vegetal Original e Atual.....	102
Quadro 14	Qualidade da Classificação Associada ao Índice Kappa.....	106
Quadro 15	Uso do Solo na BHAP em 2011.....	109
Quadro 16	Uso do Solo na BHAP em 1985.....	110
Quadro 17	Classes de Declividades, Relevo e Índices Utilizados na BHAP.....	114
Quadro 18	Classificação da Erosividade para o Estado do Rio Grande do Sul.....	116

Quadro19	Índices do Potencial de Erosão.....	117
Quadro 20	Matriz de Integração dos Dados do Potencial Erosivo	122
Quadro 21	Classificação dos Valores de Densidade de Drenagem (DD).....	126
Quadro 22	Balanço Hídrico da BHAP-Período 1971/2011.....	128
Quadro 23	Classificação Qualitativa dos Valores do Balanço Hídrico.....	128
Quadro 24	Síntese dos índices dos Parâmetros para cada Setor.....	131
Quadro 25	Cruzamento de Níveis de Processos Degradacionais e Otimização de Uso....	142

Lista de Abreviaturas e Siglas

AZONASUL	Associação dos Municípios da Zona Sul
BH	Bacia Hidrográfica
BHAP	Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas
BP	Bacia de Pelotas
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CIDIAT	Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COREDE	Conselho Regional de Desenvolvimento
CPRM	Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
CRHN	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
DC	Depressão Central
DFC	Diagnóstico Físico - Conservacionista
DIBH	Diagnóstico Integral de Bacias Hidrográficas
DSG	Diretória de Serviços Geográficos do Exército Brasileiro
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão do Rio Grande do Sul
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária
ESRG	Escudo Sul-Rio-Grandense
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
FAO	<i>Foods and Agriculture Organization</i>
FEE	Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul
SIG	Sistema de Informação Geográfica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
MARNR	Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis da Venezuela
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NEGEEA	Núcleo de Estudos em Geomorfologia Estrutural, Escultural e Ambiental
NET	Núcleo de Estudos da Terra
PCRS	Planície Costeira do Rio Grande do Sul
PUSRG	Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense
PM	Planalto Meridional
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos
TBC	Terras Baixas Costeiras
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>
ZV	Zona de Vida

SUMÁRIO

Capítulo I.....	20
1. Introdução.....	20
1.1. Objetivo Geral.....	24
1.2. Objetivos Específicos.....	24
Capítulo II.....	25
2. Área de Estudo: a Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.....	25
2.1. Localização e Situação Geográfica	25
2.2. Geologia.....	27
2.3. Geomorfologia.....	34
2.4. Solos.....	42
2.4.1. Tipos de Solos	44
2.4.1.1. Argissolos.....	45
2.4.1.2. Cambissolos.....	47
2.4.1.3. Gleissolos.....	48
2.4.1.4. Neossolos e Afloramento Rochoso.....	49
2.4.1.5. Planossolos	51
2.5. Clima.....	53
2.6. Cobertura Vegetal.....	54
2.7. Uso do Solo.....	57
Capítulo III.....	68
3. Fundamentação Teórica.....	68
3.1. Relação Sociedade – Natureza.....	68
3.2. Abordagem Sistêmica.....	69
3.3. Planejamento Ambiental.....	73
3.3.1. Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas.....	75
3.4. Degradação e Impactos Ambientais.....	78
3.5. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como Ferramentas na Elaboração do DFC.....	83
3.6. Diagnóstico Físico – Conservacionista.....	85

Capítulo IV.....	86
4. Metodologia.....	86
4.1. Levantamento de Dados.....	86
4.2. Determinação dos Parâmetros do Diagnóstico Físico-Conservacionista.....	92
Capítulo V.....	95
5. Aplicação do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.....	95
5.1. Setorização da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.....	95
5.2. Aquisição dos Índices dos Parâmetros.....	101
5.2.1. Cobertura Vegetal Original (CO).....	101
5.2.2. Cobertura Vegetal Atual (CA).....	105
5.2.3. Declividade Média (DM).....	113
5.2.4. Erosividade da Chuva (E).....	115
5.2.5. Potencial Erosividade do Solo (PE).....	116
5.2.6. Densidade de Drenagem (DD).....	125
5.2.7. Balanço Hídrico (BH).....	126
Capítulo VI.....	130
6. Resultados do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC).....	130
6.1. Fórmula Descritiva.....	130
6.1. 2. Cálculo do Valor do Processo de Degradação Ambiental.....	131
6.2. Avaliação dos resultados.....	134
Capítulo VII.....	144
7. Considerações Finais.....	144
8. Referências Bibliográficas.....	147

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, bem como no mundo, são cada vez mais comuns os estudos que adotam as bacias hidrográficas como unidades de gestão. A cooperação técnica entre Brasil e França, vem desenvolvendo o modelo francês de gestão de recursos hídricos e bacias hidrográficas em duas localidades nas bacias do rio Doce e rio Paraíba do Sul; o Projeto Piava, na bacia hidrográfica do Itajaí – SC, entre outros. A propagação desses trabalhos possibilitou o aprofundamento teórico-metodológico das relações que envolvam a apropriação da natureza pelos diversos grupos sociais. Se, inicialmente, os trabalhos estiveram voltados para a preservação dos recursos hídricos, atualmente, contemplam uma abordagem complexa, que envolve a interação de vários outros elementos, como por exemplo, os solos e a vegetação.

O homem, ao interagir com a natureza, provoca impactos no ambiente que podem ser percebidos através da redução da cobertura vegetal, do aumento das áreas impermeabilizadas, da presença e ampliação de processos erosivos, do assoreamento e da contaminação dos cursos d'água. Segundo Brasil (1987), uma vez iniciado o processo de degradação, torna-se difícil a solução de tal problema, pois, muitas vezes, as alternativas de recuperação são inviáveis do ponto de vista econômico.

A exploração dos recursos naturais e suas consequências remetem a uma discussão que abrange várias esferas da sociedade civil. Este processo de apropriação e exploração ambiental demanda diagnósticos que contemplem as necessidades de se prevenir impactos ambientais considerados negativos, tanto com o propósito de minimizar as degradações já existentes, quanto para proporcionar informações técnicas que contribuam para o planejamento das ações mitigadoras.

Como base nesta necessidade, e buscando estabelecer parâmetros na exploração destes recursos, com especial atenção ao solo e à água, tem-se buscado estudos sistêmicos que possibilitem um diagnóstico ambiental integrado do meio físico, pois desta maneira será adquirido um instrumento adequado, tanto para o entendimento quanto à manutenção do equilíbrio ambiental.

Diante da degradação gerada pelos diferentes usos do solo, uma das ferramentas que podem ser utilizadas para a identificação e posterior gestão desse problema é a metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) para bacias hidrográficas. Segundo Beltrame (1994), esta metodologia procura diagnosticar os diversos aspectos físicos e bióticos de uma bacia hidrográfica e, assim, contribuir na elaboração de diretrizes e estratégias racionais de ocupação do solo, além de apontar formas de uso a partir das potencialidades e limitações ecológicas da área.

Segundo Scapini (2006), a eficácia proposta pelo DFC é determinada pelo seu principal objetivo, que se constitui em alcançar melhor qualidade ambiental. Para isso, é recomendado utilizar o espaço físico urbano e rural de forma racional, com padrões de conhecimento técnico e científico disponíveis, com o fim de possibilitar uma maior produtividade e diversidade em uma área ao longo do tempo e restringir ao mínimo a influência antrópica sobre os processos naturais.

A questão ambiental é complexa, por isso deve ser gerenciada dentro de uma política global, a partir de uma avaliação da magnitude da problemática existente, os seus riscos pontuais e sua expansão, dentro de uma visão panorâmica da situação causa – efeito e da amplitude do dano ambiental. Desta forma, os diagnósticos, planejamentos e manejos ambientais podem ser entendidos como a execução de atividades ou ações para dirigir e controlar a transformação, coleta, distribuição e a dispersão dos recursos naturais de maneira capaz de sustentar as atividades humanas com o mínimo de distúrbios nos processos socioambientais.

Para entender os processos de uso do solo e estudar sua evolução é preciso delimitar uma área de estudo. Tem-se assim a bacia hidrográfica como objeto de estudo e análise. Barrella (2001) e Santos (2004) definem bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes,

delimitado por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. Esse conceito de bacia hidrográfica está associado à noção de sistema, pois abrange elementos como o curso principal, as nascentes, os afluentes e subafluentes, a foz, enfim, trata-se de um conjunto hídrico hierarquizado. Toda ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema e, na quantidade e qualidade dos cursos d'água. Essa é uma das particularidades que induzem a escolher a bacia hidrográfica como uma unidade de gestão.

Desta forma, o processo de apropriação e exploração ambiental em bacias hidrográficas necessita de diagnósticos que visem identificar aspectos positivos e prevenir os impactos ambientais considerados negativos. Santos (2004) lembra que para o estudo de bacias hidrográficas, o diagnóstico ambiental representa o caminho para compreender as potencialidades e as fragilidades de uma determinada área de estudo, bem como, a evolução histórica de ocupação e das pressões do homem sobre os ambientes naturais e, também, esclarece sobre os acertos e os conflitos do solo e os impactos passados, presentes e futuros.

No Brasil, cada vez mais, faz-se necessária à ampliação de estudos que levem em consideração o planejamento do ambiente e que sejam amplos e capazes de avaliar a degradação crescente dos recursos naturais ligados a bacias hidrográficas. Um processo que contribui para a análise do potencial de degradação ambiental em bacias hidrográficas é o Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC). Desta forma, a Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas é um excelente objeto de estudo, já que seu curso principal, o Arroio Pelotas, representa uma via fluvial que liga o interior dos municípios ao Canal São Gonçalo.

O tema abordado pela presente pesquisa relaciona-se com a análise da degradação ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), através da aplicação da metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista. Esta pesquisa tem sua importância, devido aos poucos estudos de diagnóstico físico na BHAP e, também, pela importância de pesquisas sobre a degradação ambiental em bacias hidrográficas, principalmente quando elaboradas a partir da aplicação da metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista.

Este estudo, parte do princípio, que as ações antrópicas podem variar em grau de intensidade, conforme a função que um determinado ambiente assume, decorrente da apropriação dos seus recursos naturais, normalmente priorizando-se o fator socioeconômico em detrimento do ambiente físico, transformando-o em um espaço que demanda a sua exploração econômica, estabelecendo um novo formato na relação homem/natureza e gerando consequências neste ambiente.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA), as Regiões Hidrográficas do Guaíba, Uruguai e Litoral constituem as três grandes regiões hidrográficas gaúchas, sendo cada uma delas dividida em várias bacias hidrográficas. A área do presente estudo constitui-se na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), inserida em uma bacia hidrográfica maior, a Mirim-São Gonçalo, que por sua vez faz parte da Região Hidrográfica do Litoral.

Desta forma, um estudo que avalie o estado de degradação ambiental é fundamental na BHAP, já que o rio principal, o Arroio Pelotas, além de ter importância econômica e ambiental nos municípios dos quais é integrante, é considerado como patrimônio cultural do Estado do Rio Grande do Sul pela Lei nº 11.895 de março de 2003 (SISTEMA LEGIS, 2007), devido, principalmente, à sua importância histórica nos municípios de sua abrangência, com maior ênfase para o município de Pelotas.

A aplicação da metodologia do DFC permitirá uma análise da degradação da BHAP, onde desde o início da ocupação do solo e o caráter exploratório, objetivaram somente o uso dos recursos naturais. Assim, o DFC permitirá analisar a degradação deste ambiente importante para a metade sul do estado.

1.1. Objetivo Geral

Analisar a degradação ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas aplicando a metodologia do Diagnóstico Físico - Conservacionista.

1.2. Objetivos Específicos

- Mapear a Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (declividades, hidrografia, vegetação, usos de solo);
- Determinar a aptidão para o uso e ocupação do solo, levantando os problemas de seu uso resultante da ação antrópica;
- Identificar e avaliar as potenciais áreas de degradação ambiental;
- Sugerir prognósticos que abrandem e compensem os casos de degradação.

2. ÁREA DE ESTUDO: A BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PELOTAS

2.1. Localização e Situação Geográfica

A Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP) está localizada na região sudeste do Estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1), na Região Hidrográfica da Bacia Litorânea e, mais especificamente, na Bacia L040, denominada Mirim-São Gonçalo (RS, 1994). Situa-se entre as coordenadas geográficas 31°23'36" S e 31°48'49" S, e 52°12'24" W e 52°38'27" W.

A BHAP abrange parte de quatro municípios da região sul do estado que são: Arroio do Padre, Canguçu, Morro Redondo e Pelotas. Através de técnicas de georreferenciamento foi possível constatar que a área total é de aproximadamente 92.300 ha (ou 923 km²) e o curso principal da bacia tem extensão de 99 km de suas cabeceiras até a foz. As nascentes do Arroio Pelotas e de seus principais tributários (Arroios Andrade, Cadeia, Caneleiras e Quilombo) se encontram em sua totalidade no município de Canguçu, enquanto a foz encontra-se no Canal São Gonçalo, situado no município de Pelotas.

No contexto do meio físico, a BHAP está inserida em uma região de contato entre diferentes unidades morfoesculturais do relevo do Rio Grande do Sul. De acordo com a compartimentação do relevo proposta por Suertegaray e Fujimoto (2004), ela se encontra na porção norte no Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense (PUSRG) e na porção sul na Planície e/ou Terras Baixas Costeiras (TBC).

O fato de a BHAP estar inserida sobre duas províncias geomorfológicas distintas ocasiona uma dinâmica diferenciada no ambiente físico. Isso pode ser observado na densidade dos cursos d'água que vai diminuindo consideravelmente à medida que eles vão se aproximando do exutório da

bacia, no Canal São Gonçalo. Segundo Megiato (2011), na BHAP, encontram-se diversos cursos fluviais com diferentes morfologias, que vão de canais intermitentes com 500 m a 2 km de extensão, até canais perenes, que variam de 500 m a 99 km, correspondendo ao curso principal, o Arroio Pelotas.

As vias principais de acesso, para a BHAP, são a BR 116 que corta o Arroio Pelotas no município de Pelotas e a BR 392 que faz a ligação entre os municípios de Pelotas, Morro Redondo e Canguçu.

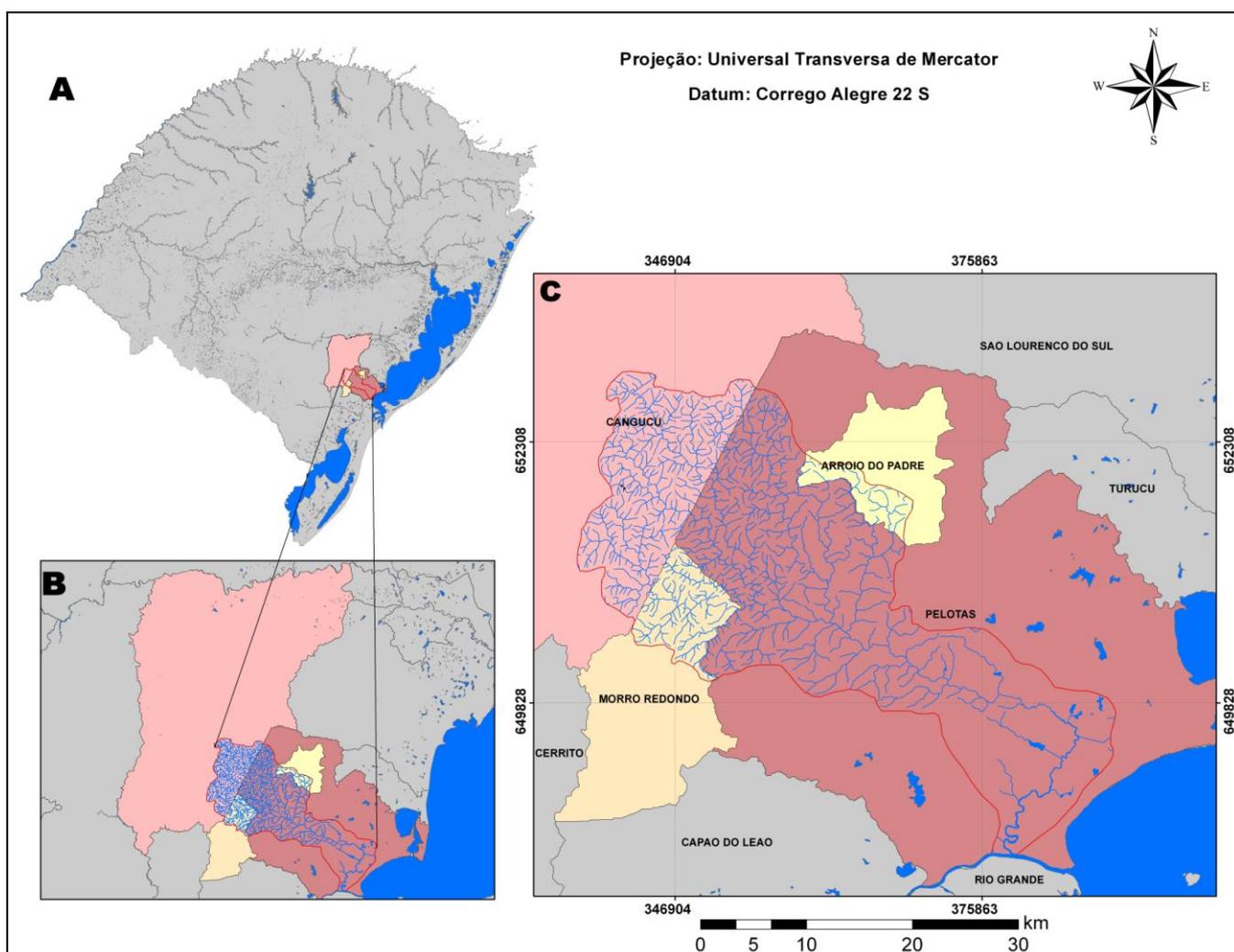


Figura 1: Mapa de Localização – (A) Destaque da área de estudo no RS; (B) Projeção da área de estudo e (C) Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

2.2. Geologia

Para desenvolver o Diagnóstico Físico-Conservacionista da BHAP e demais estudos é preciso ter conhecimento acerca das características do substrato geológico da área de estudo.

Desta forma com a caracterização da geologia regional e local é possível obterem-se conhecimentos preliminares para a avaliação do potencial de degradação ambiental da BHAP. Segundo Vieira (1984), a geologia do Rio Grande do Sul (RS) se apoia em quatro unidades geotectônicas básicas: o Planalto Meridional (PM), Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG), Depressão Central (DC), e Planície Costeira (PCRS). Destas, a BHAP, está inserida no Escudo Sul-riograndense e na Planície Costeira.

Segundo o Serviço Geológico Brasileiro, através da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais – CPRM (1999) a região faz parte da interface entre o ESRG e a PCRS. Desta forma, foi preciso analisar as características destas duas unidades.

O Escudo Sul-Rio-Grandense é uma manifestação geotectônica da plataforma meridional da América do Sul. Trata-se, especificamente, do Cráton Rio de la Plata, de grande extensão, cujo domínio estende-se do território Argentino/Uruguaio até o Rio Grande do Sul, continuando, a partir do litoral de Santa Catarina, para o norte, limitando-se com o Cráton do São Francisco. No oeste delimita-se com o Cráton do Paraguai Oriental e no centro-norte com o Cratón do Amazonas.

No interior dos Cratóns encontram-se os escudos, de movimentação vertical positiva. O Escudo brasileiro é uma ampla área de base cratônica, cujo embasamento cristalino é posto à superfície pela desnudação.

Cratóns são amplas áreas estáveis da crosta, de grande rigidez, consolidadas em épocas pré-cambrianas, podendo representar estruturas arqueanas. Essa caracterização dos Cratóns conduz a eventos tectônicos marcados por movimentos verticais lentos e de fraca intensidade. Dessa forma, desde que não ocorram fenômenos de reativação tectônica posteriores, as estruturas superiores de embasamento cristalino ou sedimentar primárias são típicas de linearidade estrutural (HOLZ, 2003).

O Escudo Sul-Rio-Grandense encontra-se vinculado ao Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em estilo complexo e prolonga-se até o

Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares, a leste, ocupando uma porção de 65.000 km² e sua origem remonta ao período Pré-cambriano. Na área da BHAP essa unidade geotectônica ocupa aproximadamente 76.000 ha, ou seja, 78% da área de estudo, sendo composta pelas unidades geológicas denominadas Suíte Intrusiva Pinheiro Machado e Suíte Intrusiva Dom Feliciano (PHILIPP *et al.*, 2000). Para Vieira (1984) tal complexidade geológica reflete-se na geomorfologia local e no entalhamento da drenagem.

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), de acordo com Villwock e Tomazelli (1995) constitui-se na mais ampla planície costeira do país, cobrindo cerca de 33.000 km² e alcançando, em alguns setores, mais de 100 km de largura, além de conservar registros geológicos e geomorfológicos do Cenozóico e, em especial, do Quaternário. Na BHAP, a Planície Costeira ocupa uma área de aproximadamente 24.000 ha, ou seja, cerca de 22% da área de estudo.

A PCRS corresponde a uma região onde estão expostos os depósitos superficiais e proximais do pacote sedimentar acumulado em uma bacia aberta, a Bacia de Pelotas (BP). Villwock e Tomazelli (2000) registram que a BP está desenvolvida sobre um embasamento constituído pelo complexo cristalino pré-cambriano e pelas sequências sedimentares e vulcânicas; paleozóica e mesozóica, da Bacia do Paraná.

[...] esta bacia sedimentar teve sua origem nos eventos geotectônicos que, a partir do Cretáceo inferior, fragmentaram o continente do Gondwana, conduzindo a abertura do Atlântico Sul. Durante o Cretáceo e, principalmente, durante o Cenozóico, os sedimentos erodidos das terras altas adjacentes acumularam-se nessa bacia marginal, em sistemas deposicionais continentais, transicionais e marinhos (VILLWOCK e TOMAZELLI, 2000).

O mapa geológico da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (Fig. 2) foi construído a partir de trabalhos desenvolvidos por Ramgrab (1999) e pela CPRM (2000 e 2004); a divisão das classes e caracterização geológica teve como base os mapas do projeto RADAM Brasil (1986) e trabalhos desenvolvidos por Marth *et al.* (2007) em conjunto com o Núcleo de Estudos da Terra (NET) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e Megiato (2008). Para uma análise detalhada utilizado o mapeamento geológico do Rio Grande do Sul realizado pela CPRM e o RADAM Brasil em escala 1:100.000 e a Folha de Pedro Osório (SH. 22-Y- C) na escala 1: 250.000.

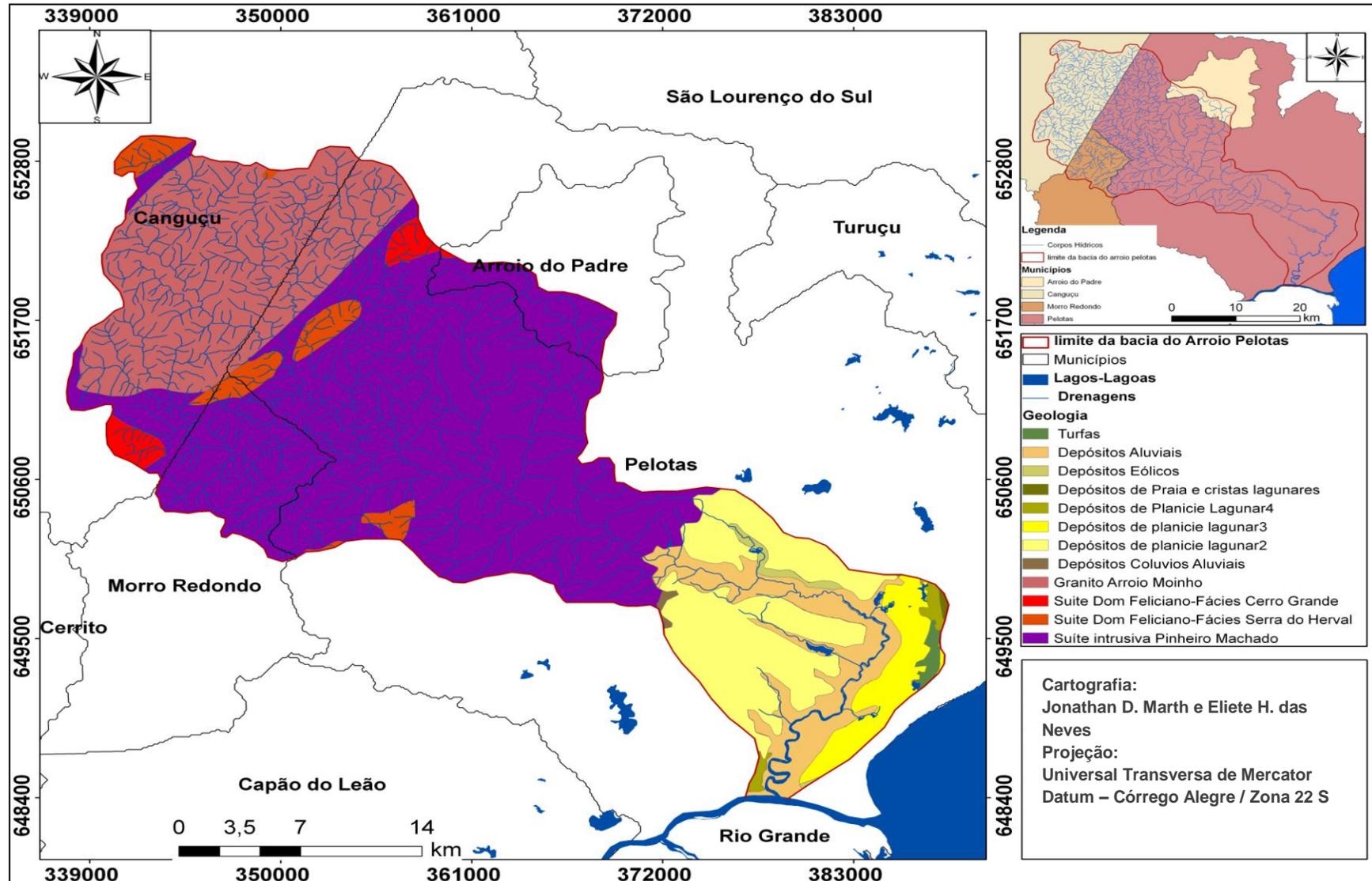


Figura 2: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

Através da análise geológica, dos materiais supracitados, foram descritas as unidades geológicas presentes na área de estudo, as quais são pertencentes a dois setores:

A) Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG):

- Suíte Intrusiva Pinheiro Machado (SIPM) → Segundo HOLZ *et al.* (2000) constitui-se por um complexo e extenso conjunto de rochas heterogêneas metamórficas e magmáticas com a fácies anfibolito predominante e granulito localizada, englobando uma significativa quantidade de granitóides co-genéticos. Ocorrem nesta área rochas migmatíticas, representadas principalmente por rochas granitóides porfiroblásticos de extrema variação estrutural, textural e composicional. De acordo com Phillip *et al.* (1998) esta unidade geológica é a mais antiga da área de estudo, onde ocorrem rochas ígneas deformadas, de composição granodioríticas, cinzentas com idade de cristalização de cerca de 630 Ma, apresentando ainda, xenólitos de rochas metamórficas relacionadas ao embasamento do Pré-Cambriano. Nos municípios de Arroio do Padre, Morro Redondo e Pelotas é o principal substrato rochoso (Fig. 3);
- Suíte Dom Feliciano – Fácies Serra do Erval (SDFSE)→ De acordo com Holz *et al.* (2000), os granitos da Suíte Dom Feliciano possuem coloração tipicamente rosada, eventualmente castanha clara e esbranquiçada, com composições dominadas por termos sienograníticos; mostrando evidências intrusivas entre as fácies. Fragoso Cesar *et al.* (1986) menciona ainda que a Fácies Serra do Erval caracteriza-se por apresentar sienogranitos equigranulares a porfíricos, médios a grossos, rosados a avermelhados, com feldspato alcalino, quartzo e raramente biotita.

- Suíte Dom Feliciano – Fácies Cerro Grande (SDFCG) → monzogranito-monzogranitos cinza-claros a levemente avermelhados, inequigranulares, normalmente porfiríticos com a presença de fenocristais de feldspato alcalinos imersos em uma matriz média a grossa. Localizadamente englobam xenólitos mesocráticos de granodioritos e tonalitos de grão médio a fino, normalmente com limites difusos.
- Granito Arroio Moinho (GAM) → sieno a monzogranito porfirítico, róseo a cinza, com megacristais de feldspato alcalino com tamanho médio de 3 cm (até 8 cm) imersos em matriz de granulação grossa. Foliação pronunciada, marcada pela orientação dos fenocristais e estiramento dos minerais da matriz, principalmente desenvolvida nas porções externas do corpo.



Figura 3: Mineração em Monte Bonito - Pelotas. Suíte Intrusiva Pinheiro Machado. Fonte: Google Earth (2012).

B) Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS):

- Depósitos Aluviais (DA)→ correspondem aos depósitos gravitacionais de encosta que constituem também os canais anastomosados. Silva (2009) menciona que esses depósitos de sedimentos situam-se na interface entre as rochas do escudo e a bacia cenozóica. Além de serem constituídos por arenitos arcoseanos, semiconsolidados, com fácies localizadas siltico-argilosa e areno-conglomeráticas, de cores claras, variando entre cinza-amarelado e o marrom avermelhado. Este tipo de material é encontrado nas calhas dos cursos d'água e planície de inundação dos mesmos.
- Depósitos Colúvio Aluviais (DCA)→ Localizam-se na borda oeste da PCRS, no contato com a unidade de relevo Planalto Sul-Rio-Grandense. Constituem superfícies descontínuas com formas planas e pouco inclinadas. A área é drenada pelos baixos cursos de vários rios, os quais, em sua maioria, deságuam nas lagunas e em outros canais. Correspondem a depósitos recentes de sedimento inconsolidado que se formam ao longo das margens dos rios e nas desembocaduras dos cursos d'água com alguma massa de água parada (canal, lago, laguna ou mar). Vieira (1984) explica que o acúmulo de aluvião nas margens dos cursos d'água dá origem às várzeas, locais tradicionalmente procurados para agricultura, pois aliam fertilidade à presença d'água. Os sedimentos aluvionares podem ser bem ou mal selecionados e pouco ou muito bem trabalhados (arredondados) dependendo em que ponto do curso do rio se encontra. Depósitos na região do alto curso tendem a ser pouco selecionados e pouco trabalhados, ao passo que depósitos no médio e baixo curso tendem a ser bem selecionados.
- Depósitos Eólicos (DE)→ ao sul da área de estudo, em uma pequena área se encontram esses depósitos eólicos, caracterizados pelo predomínio de areias quartzosas apresentando uma granulação fina a média, siltico-argilosas, com grãos arredondados e superfície fosca (Fig. 4), ou seja, há predominância de material arenoso sobre material siltico-argiloso, com sedimentos bem selecionados, cujo principal

mineral é o quartzo, ocorrendo também argilas, feldspatos, micas e óxidos. (RADAM BRASIL, 1986).



Figura 4: Depósitos Eólicos na PCRS. Fonte: autora (2008).

- Depósitos de Praia e Cristas Lagunares (DPL)→ predominam areias quartzosas finas a muito finas, bem selecionadas. Morfologia de cristas mais ou menos paralelas às margens lagunares, retrabalhadas pela ação do vento e associadas a depósitos da planície lagunar 4.
- Depósitos de Planície Lagunar 2 (DPL²)→ esse sistema deposicional está associado a um segundo evento transgressivo Pleistocênico, pertencendo ao primeiro estágio na evolução da barreira múltipla complexa, cuja individualização foi representada pela Laguna dos Patos e Mirim. Na área de estudo são predominantes, constituídos por areias siltico-argilosas, que conforme a CPRM (2005) são mal selecionados com laminação do tipo plano-paralela incipiente, apresentando em sua composição concreções ferromanganesíferas e carbonáticas.
- Depósitos de Planície Lagunar 3 (DPL³)→ associam-se a um terceiro evento transgressivo Pleistocênico. Segundo RADAM BRASIL (1986) estes depósitos foram formados por areias quartzosas finas e médias,

bem selecionadas, pouco siltico-argilosas. Os sedimentos desta unidade depositaram-se em ambientes lacustres e marinhos rasos.

- Depósitos de Planície Lagunar 4 (DPL⁴)→ este evento deposicional está associado ao último evento trans-regressivo ocorrido no Holoceno. Corresponde, também, a um novo sistema de lagunas que consiste em um sistema de pequenas lagoas, ou seja, é o mais recente e mais externo do sistema. Na área de estudo esses depósitos encontram-se associados a depósitos aluviais, turfas e depósitos de praia e cristas lagunares.
- Turfeiras (T)→ na área de estudo são heterogêneas, misturadas ou intercaladas com areia, silte e argila plástica, além de serem locais de acúmulo de matéria orgânica por saturação da água (CPRM, 2005).

2.3. Geomorfologia

Para analisar a geomorfologia da área de estudo é preciso ter uma visão geral das morfoestruturas e morfoesculturas que constituem o embasamento e o modelamento do território gaúcho. Desta forma, foi elaborada uma abordagem simplificada do assunto (Tab. 1).

Tabela 1 – Comparação entre as morfoesculturas e morfoestruturas que caracterizam o estado do Rio Grande do Sul.

Morfoestruturas/Litologias	Morfoesculturas	Idade Geológica
Cráton Rio de La Plata e Cinturão Dom Feliciano (Ígneas, Metamórficas e Sedimentares)	Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense	Pré-Cambriano
Bacia Sedimentar do Paraná (Sedimentares e Efusivas)	Depressão Periférica Planalto Meridional	Paleozóica Mesozóica
Bacia Sedimentar de Pelotas (Sedimentares)	Planície ou Terras Baixas Costeiras	Cenozóica

Fonte: Adaptado de Suertegaray e Fujimoto (2004).

A Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas insere-se em duas das unidades supracitadas, que são: o Escudo Sul-Rio-Grandense, que segundo Suertegaray

e Fujimoto (2004) recebe o nome morfoescultural de Planalto Sul-Rio-Grandense e Planície Costeira e/ou Terras Baixas Costeiras. Na BHAP, devido a sua localização entre estas duas províncias geológico-geomorfológicas, evidencia-se processos e dinâmicas que caracterizam o meio físico, as quais acabam por influenciar diretamente os tipos de ocupação e uso do solo existente nessas duas unidades.

A partir de pesquisas desenvolvidas na área de estudo, Megiato (2010) identificou padrões e formas de relevo na BHAP (Tab.2). Os quais contribuem à análise da geomorfologia da bacia. Quanto ao mapa geomorfológico da BHAP (Fig. 5), este foi elaborado a partir da base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul (Hasenack e Weber, 2010) em escala de 1:50.000, utilizando-se das curvas de nível e pontos cotados extraídas das cartas topográficas que compõem o mosaico da BHAP, de posse destes dados, foi elaborado no *software Arcgis 9.3* o MNT (Modelo Numérico do Terreno) para a área da pesquisa.

Cabe lembrar que em conjunto com o MNT, no qual foi possível interpretar os padrões de relevo, foram também utilizados dados obtidos junto a pesquisas desenvolvidas por Marth *et al.* (2007); Silva (2009) e Megiato (2008 e 2011), que serviram de base para as modificações feitas no mapa geomorfológico.

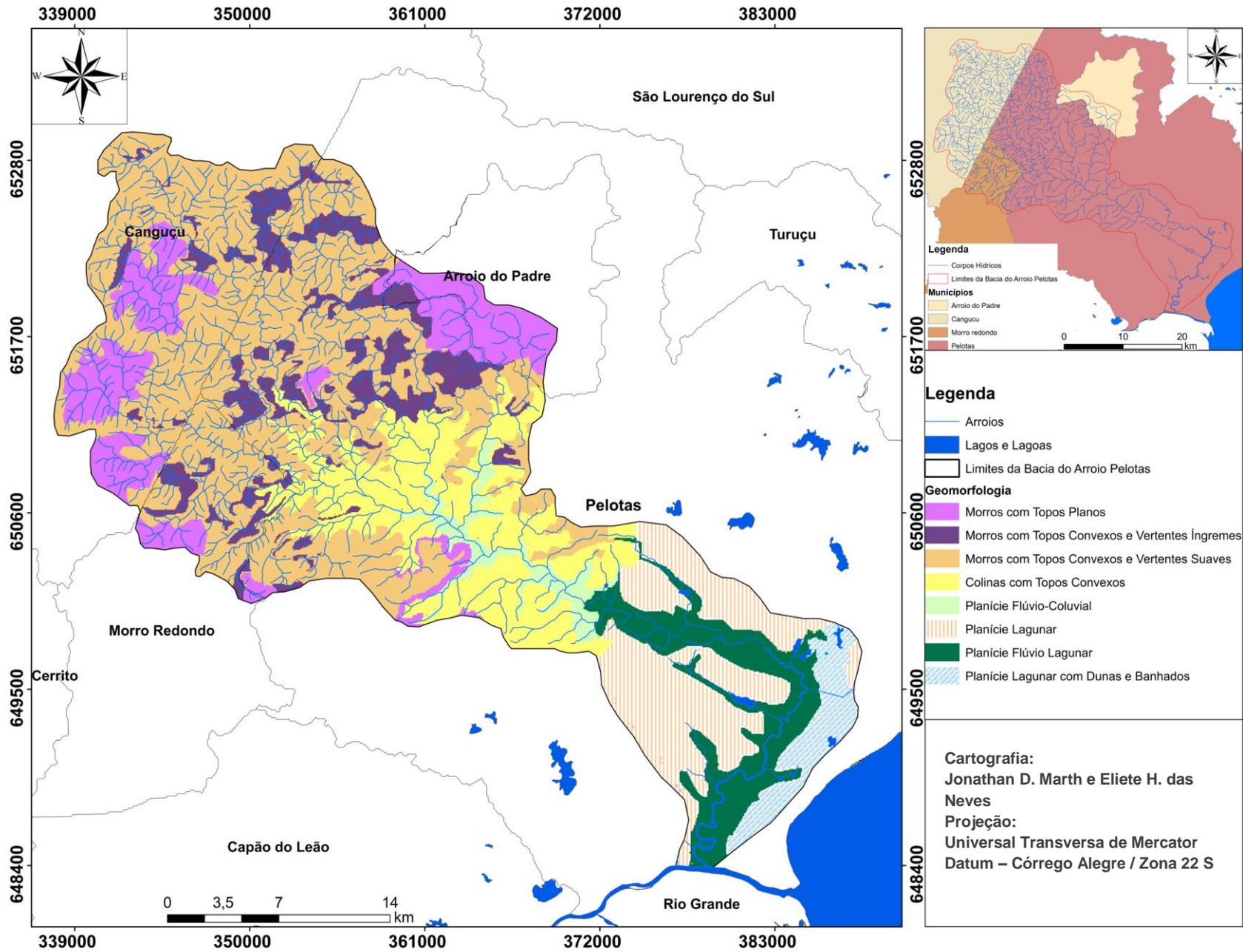


Figura 5: Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, modificado de Megiato (2011).

Tabela 2 – Formas e padrões geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

Morfoestruturas	Morfoesculturas	Formas e Padrões do Relevo
Escudo Sul-Rio-Grandense	Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense	Morros com Topos Planos
		Morros com Topos Convexos e Vertentes Suaves
		Morros com Topos Convexos e Vertentes Íngremes
		Colinas com Topos Convexos
		Planície Flúvio-Coluvial
Bacia Sedimentar de Pelotas	Planície ou Terras Baixas Costeiras	Planície Lagunar
		Planície Lagunar com Dunas e Banhados
		Planície Flúvio Lagunar

Fonte: Adaptado de Megiato (2010).

A caracterização das formas e padrões do relevo na BHAP pode ser comprovada através do cruzamento de dados e dos relatos e observações feitas em campo. Desta forma, foi possível identificar as seguintes formas e padrões:

- Morros com topos planos → estas formas encontram-se principalmente nos divisores de água da BHAP. Situam-se, aproximadamente, nas altitudes de 180 m. Apresentam declividades de médias a fortes e ocupam em torno de 10% da área pesquisada (Fig. 6);
- Morros com topos convexos e vertentes suaves → sofreram a ação dos agentes do intemperismo e foram arredondados e suavizados

pelos processos erosivos. As altitudes aproximam-se dos 120 m e as declividades oscilam de fraca a forte. Estas formas e padrões ocupam cerca de 36% da área de estudo (Fig. 7);

- Morros com topos convexos e vertentes íngremes → estas feições começam aparecer na área de estudo em altitudes de 140m, com declividades fortes a muito fortes, ocupando uma área de 13% da BHAP (Fig. 8);
- Colinas com topos convexos → caracterizam-se por apresentarem feições onduladas a suavemente onduladas, apresentando vertentes suaves. As declividades margeiam as classes de média a muito fraca, com altitudes acima dos 20 m. Ocupam em torno de 14% da área total estudada (Fig. 9);
- Planície flúvio-coluvial → está associada às planícies dos cursos d'água e às áreas de inundação, ou seja, nessa forma/padrão ocorre a deposição de sedimentos que são carregados das áreas adjacentes mais elevadas e, também, daqueles que sofreram o retrabalhamento fluvial. As declividades nessa área são muito fracas e as altitudes inferiores a 20 m. Esta feição ocupa cerca de 5% da área (Fig. 10);
- Planície lagunar → associa-se às terras baixas costeiras, ocupando cerca de 15% da área de estudo. Apresenta característica típica de áreas deposicionais dos sistemas laguna-barreira do período Quaternário, originados pelos depósitos eólicos e, principalmente, pelos processos de transgressão e regressão marinha. As declividades são muito fracas (planas) e as altitudes alcançam no máximo 20 m, podendo algumas vezes chegar a ter o mesmo nível do mar (Fig.11);
- Planície lagunar com dunas e banhados → esta feição conjuntamente com a anterior ocupam 15% da área pesquisada. Possuem características semelhantes, ou seja, altitudes inferiores a 20 m, terrenos planos e aspectos típicos de áreas deposicionais do sistema laguna-barreira do Quaternário (Fig.12);

- Planície flúvio lagunar → esta feição apresenta declividades de fraca a muito fraca, com altitudes inferiores a 20 m e, em alguns trechos, aproximam-se do nível do mar. Ocupa uma porção de 9% da área de estudo e está associada a depósitos de origem fluvial que se depositaram através do sistema laguna-barreira e pela ação dos corpos d'água que formam a BHAP (Fig.13).



Figura 6: Morros com topos planos na BHAP. Fonte: autora (2010).



Figura 7: Morros com topos convexos na BHAP. Fonte: autora (2010).



Figura 8: Morros com topos convexos e Vertentes íngremes na BHAP. Fonte a autora (2010).



Figura 9: Colinas com topos convexos na BHAP. Fonte a autora (2010).



Figura 10: Planície Flúvio-Coluvial na BHAP. Fonte: autora (2010).

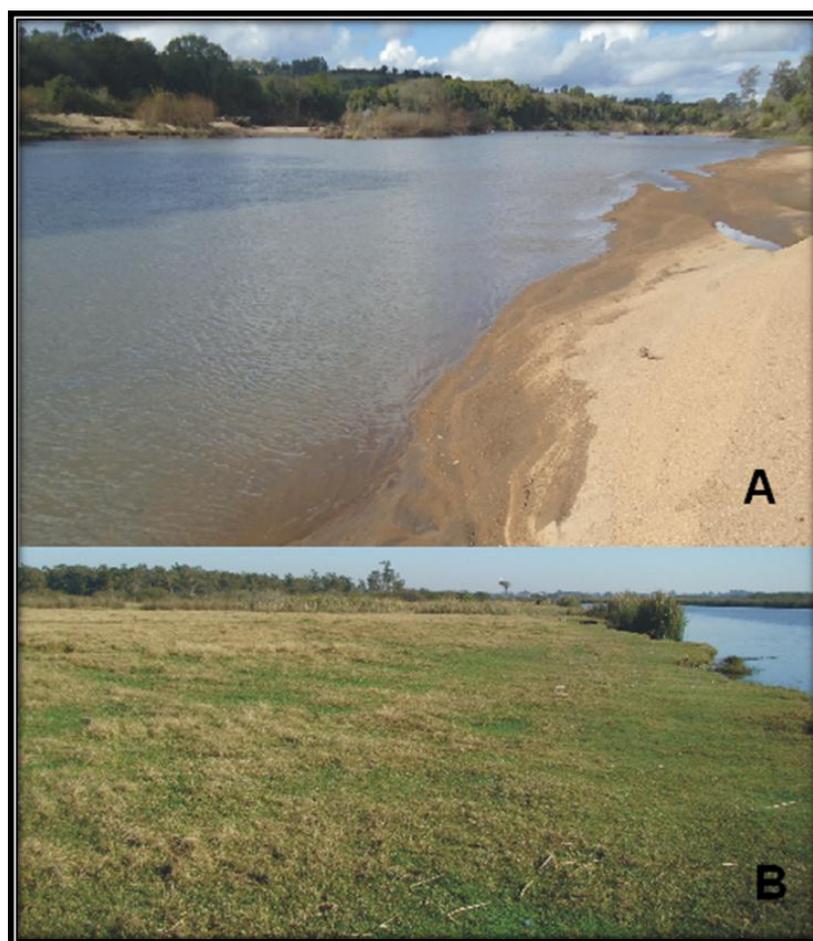


Figura 11: Planície Lagunar na BHAP, (A) Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense e (B) Terras Baixas Costeiras. Fonte: autora (2010).

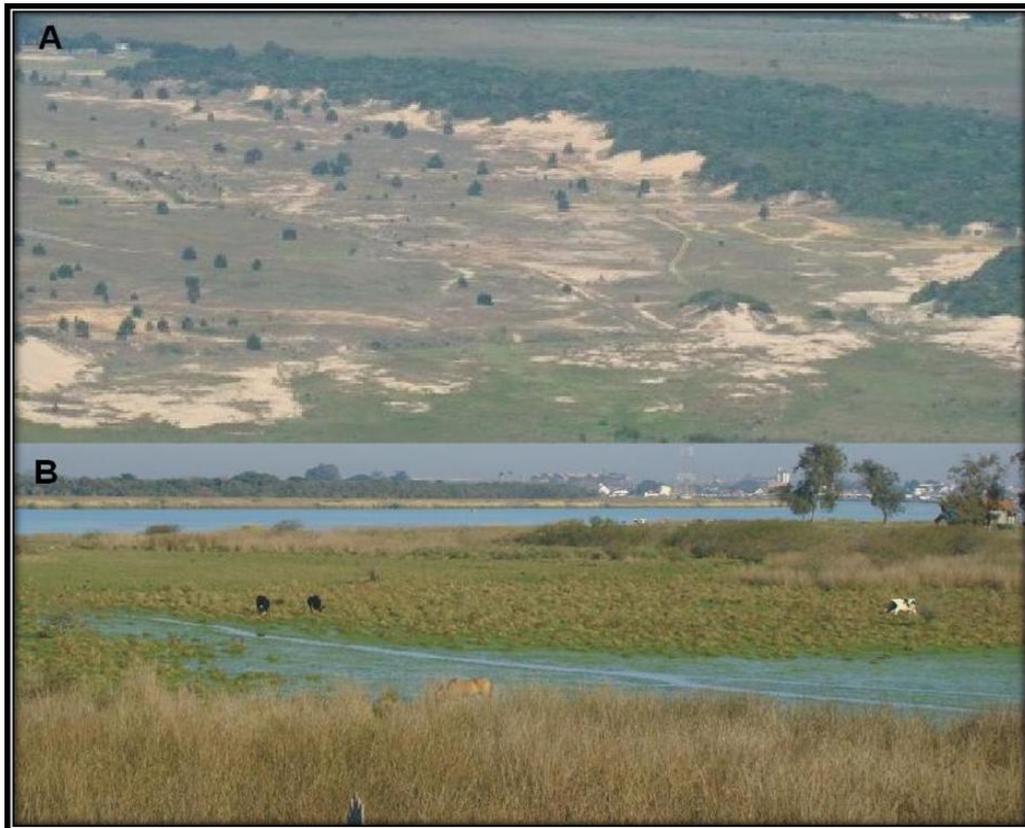


Figura 12: Planície Lagunar com dunas (A) e banhados (B) na BHAP. Fonte: (A) Centro de Estudo Ambiental (2010), (B) autora (2010).

2.4. Solos

Os solos fazem parte dos sistemas naturais que compõem o ambiente global. Conforme Prado (1995) como parte integrante desse universo, os solos estão em constante inter-relação com as águas superficiais, as águas subterrâneas, as rochas, o ar, as condições climáticas e com os ecossistemas.

Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construídos pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo. (SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMÉRICA, 1973, *apud* SCHUMACHER e HOPPE, 1999).

Envolvendo a superfície do planeta, os solos participam de seus principais ciclos vitais. IBGE (2007) afirma que eles estão na base da reciclagem da cadeia de nutrientes originados das rochas e transformados pela ação da atmosfera, da água e da atividade biológica. Por meio do processo de reciclagem, os solos também neutralizam as toxinas.

No entanto, quando há implicações no ambiente natural, ou seja, quando os dejetos urbanos, industriais e agropecuários ocorrem em excesso, os solos tornam-se incapazes de estocá-los e reciclá-los. Degradados, os solos acabam perdendo a condição de realizar suas funções naturais, que dentre as perdas está a capacidade de reter nutrientes e resíduos, passando então a contaminar os ambientes, ameaçando os meios de subsistências (IBGE, 2007).

O mesmo autor afirma ainda que solo, como integrante do ciclo hidrológico, regula a recarga dos aquíferos e dos cursos de água superficiais, as fontes naturais de disponibilização de água doce. Portanto, quando os solos perdem sua vitalidade natural pela gestão inadequada, eles comprometem a oferta de água em abundância e em qualidade necessárias aos ecossistemas naturais e manejados.

Frossard (2006) menciona ainda que, além da interferência no ciclo hidrológico, a capacidade dos solos de reter carbono ou de emitir os gases relacionados ao efeito estufa faz com que esses corpos desempenhem também papel ativo na regulação do clima. Todavia, todas essas funções e serviços tão essenciais prestados pelos solos, em constante sintonia e equilíbrio com os demais componentes dos ecossistemas, são na maioria das vezes imperceptíveis à sociedade. Somente quando os solos já esboçam os sinais claros de que se encontram incapazes de manter a biodiversidade da flora e da fauna e os benefícios essenciais à vida humana é que tais funções começam a ser reconhecidas.

Desta forma, a aplicação do DFC e o conhecimento acerca da distribuição dos tipos de solos e suas características morfológicas são fatores importantes a serem considerados na análise integrada de um ambiente, tendo em vista que o processo de degradação dos solos é um dos principais motivos de preocupação ambiental no país, atualmente.

2.4.1. Tipos de Solos

Segundo a classificação feita por Cunha *et al.* (1996b,d; 1997b) e a nova classificação de solos da EMBRAPA (2006), os tipos de solos encontrados na BHAP estão relacionados abaixo (Tab.3).

Tabela 3 - Classe dos Solos da BHAP por Setores

Setores	Tipologia	Descrição do Tipo de Solo	Tipologia*	Nomenclatura Atual
A	Pva	Podzólico Vermelho - Amarelo	PVA	Argissolos Vermelho-Amarelo
	AP	Alissolos Hipocrômicos	PBAC	Argissolos Bruno-Acinzentado
	CX	Cambissolos	CXbd	Cambissolos Háptico Distrófico
	HG	Solos Hidromórficos	G	Gleissolos
	AR2	Afloramento de Rocha/ Litólicos	RLd	Afloramento de Rocha / Neossolos Litólico Distrófico
	PL	Planossolos	SXe	Planossolos Hidromórficos Eutróficos
B	Pva	Podzólico Vermelho - Amarelo	PVA	Argissolos Vermelho – Amarelo
	RL	Neossolos Litólicos	R	Neossolos
	PL	Planossolos	SXe	Planossolos Hidromórficos Eutróficos
	HG	Solos Hidromórficos	G	Gleissolos

Fonte: Adaptado de CUNHA *et al.* (1996b,d; 1997b); *Nova classificação EMBRAPA (2006).

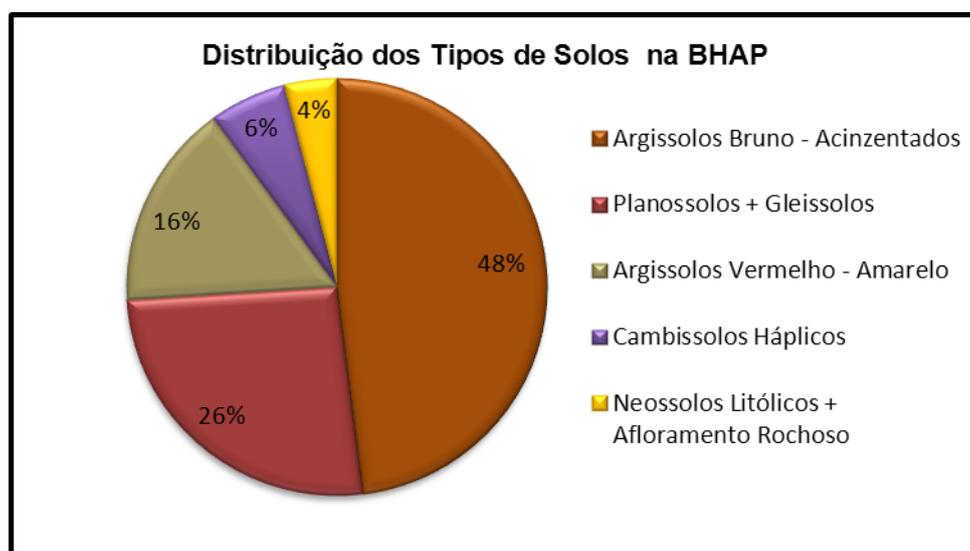


Gráfico 1 : Distribuição dos Tipos de Solos na BHAP. Elaborado: pela autora.

De acordo com as análises o tipo de solo predominante na BHAP são os Argissolos, sendo encontrados tanto no setor A (Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense), quanto no setor B (Planície e/ou Terras Baixas Costeiras), sendo estes da subcategoria Argissolos Bruno – Acinzentados (somente no setor A) e Argissolos Vermelho – Amarelo (Setor A e B). Os Cambissolos do tipo Háplico foram encontrados somente no setor A, relacionados a altitudes acima de 200 m. Os Neossolos encontram-se no setor A, nas áreas com altitudes acima de 160 m, estes por serem solos em processo de formação, apresentam-se associados a diversos afloramentos rochosos. Nas Terras Baixas Costeiras os solos predominantes são os Planossolos associados aos Gleissolos e, em menor quantidade, os Argissolos Vermelho – Amarelo.

A seguir, descrevem-se os tipos de solos encontrados na BHAP, tendo como referência o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2006) e a caracterização dos mesmos desenvolvida a partir de estudos realizados por Streck *et al.* (2002, 2008).

2.4.1.1. Argissolos

Segundo SiBCS, os Argissolos são definidos por um horizonte B textural imediatamente abaixo de um horizonte A ou E. O B textural deve apresentar argila de atividade baixa ou, excepcionalmente, alta, se conjugada com saturação também alta de alumínio. Formam uma classe relativamente heterogênea, que tem em comum o aumento da argila em profundidade; compreendem muitos solos intermediários para outras classes. São geralmente solos profundos a muito profundos; podem se originar de variados tipos de rochas, tais como granitos, basaltos, arenitos e sedimentos.

A vegetação natural mais encontrada nos Argissolos são as florestas. A maior parte dos Argissolos é relativamente boa para a agricultura, desde que não estejam situados em áreas montanhosas, ou com fortes declividades, pois nessas condições estão sujeitos à erosão. Esta suscetibilidade à erosão e à degradação são maiores quando o horizonte A é mais arenoso, com um aumento abrupto da argila em profundidade. A maior parte destes solos é ácida e pobre em nutrientes e, por isso, necessita do uso adequado de corretivos e fertilizantes na agricultura.

Na BHAP os Argissolos (Fig. 13) estão subdivididos em duas subordens de acordo com o SiBCS, que são:

- A) Argissolo Vermelho-amarelo (Unidade Camaquã) abrange a área geomorfológica da Encosta da Serra do Sudeste (Trata-se da paisagem suavemente ondulada e mais elevada dos morros, correspondente ao PUSRG), que corresponde ao setor A da BHAP (Streck et al., 2002). Em relação às suas características físicas este solo é bem desenvolvido e profundo, com boa drenagem, e ocorre em relevo suavemente ondulado até fortemente ondulado, tendo como característica marcante o horizonte B de textura argilosa. Este tipo de solo também aparece em menor quantidade no setor B da bacia.
- B) Argissolo Bruno – Acinzentado aparece especificamente no setor A da BHAP, situado, sobretudo, no Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense (STRECK *et al.*, 2002), são caracterizados por apresentar a parte superior do horizonte B (inclusive BA) um pouco mais escurecida (bruno escuro ou bruno-acinzentado muito escuro), em relação aos horizontes inferiores (tipicamente policrômicos). O matiz do B (parte superior) é 5 YR ou mais amarelo, com valor 3 a 4 e croma igual ou menor que 4, (inclusive Planossolos), espessura do “*solum*” normalmente entre 60 e 100 cm. São solos com argila de atividade alta e caráter alítico (EMBRAPA, 2005).



Figura 13: Perfil de Argissolos encontrados no setor A da BHAP. Fonte: autora (2010).

2.4.1.2. Cambissolos

Lepsch (2010) conceitua os Cambissolos como solos em início de formação, ou embriônicos, com poucas características diagnósticas. Segundo o SiBCS, eles são definidos pelo horizonte B incipiente, subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial desde que o perfil não apresente requisitos definidos para Chernossolos, Plintossolos ou Gleissolos. O nome Cambissolo refere-se, então, ao material em estado de transformação.

Na BHAP, as drenagens destes solos podem variar de bem drenado à imperfeitamente drenados. Devido ao fato de estarem em processo de formação, apresentam característica insuficiente para ser um solo bem desenvolvido.

Os perfis mais típicos dos Cambissolos ocorrem em áreas de relevo acidentado. São pouco profundos, com argilas de atividade média a alta, com quantidade relativamente elevadas de minerais primários facilmente intemperizáveis e, alguns, também, apresentam fragmentos de rocha.

Uma grande parte dos Cambissolos está sob vegetação natural, em áreas fortemente onduladas do setor A da BHAP com declividades de aproximadamente 24%, o que acaba por dificultar o acesso e o manejo. Na área de estudo encontra-se então, a subordem dos Cambissolos Háplicos (Fig. 14), que constituem solos rasos, bem drenados, com texturas medianas, baixa saturação (distróficos) e associados aos Neossolos Litólicos, o que ocasiona baixa fertilidade e restringe a prática agrícola (pastagens e reflorestamento).

O uso desses solos deve levar em consideração a sua capacidade, ou seja, devido às condições de relevo e às altas declividades, devem-se utilizar práticas conservacionistas e de controle aos processos de erosão.



Figura 14: Perfil de Cambissolos encontrados no setor A da BHAP. Fonte: autora (2010).

2.4.1.3. Gleissolos

Estes solos são comuns em baixadas úmidas, saturadas com água por períodos suficientes para que o ferro seja reduzido, removido, e o solo torne-se descolorido, com padrões acinzentados característicos. Segundo o SiBCS, eles são definidos pelo material construtivo, predominantemente mineral, com um horizonte glei (redução de ferro).

A maioria dos Gleissolos situa-se em várzeas que permanecem encharcadas de água na maior parte do ano, apresentando lençóis freáticos elevados. Para serem usados na agricultura, necessitam de drenagem e de proteção contra inundação, como por exemplo, a construção de diques.

Na BHAP, os Gleissolos (Fig. 15) estão localizados no setor B, associados à orizicultura, e quando bem drenados são utilizados em culturas anuais, como o milho, feijão, soja e pastagens. Em alguns locais constituem

depósitos argiloso acinzentados, popularmente conhecidos como “barro de olarias”, extraídos para serem comercialmente usados como matéria-prima na confecção de tijolos e telhas.



Figura 15: Perfil de Gleissolos encontrados no setor B da BHAP. Fonte: autora (2011).

2.4.1.4. Neossolos e Afloramento Rochoso

Os Neossolos são solos com pouca ou nenhuma evidência de horizonte pedogenético subsuperficial (LEPSCH, 2010). Segundo o SiBCS, eles são definidos pelo material mineral ou orgânico que os constitui, com menos de 20cm de espessura, sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

Na BHAP, os Neossolos (Fig. 16) são encontrados tanto no setor A quanto no setor B. De acordo com Streck *et al.* (2008) as duas subordens de Neossolos que se encontram na área de estudo são:

A) Neossolos lítólico distrófico: situam-se no limite entre os municípios de Pelotas e Canguçu. Podem ser diferenciados visualmente na paisagem, pois estão associados a afloramentos rochosos (Unidade Suíte Intrusiva Pinheiro Machado). Estes solos têm baixo desenvolvimento, são rasos pelo fato de as rochas estarem a pouca

profundidade, tem baixa capacidade de infiltração e armazenamento de água, desta forma são altamente susceptíveis à erosão hídrica.

B) Neossolos quartzarênico: aparecem associados a outros tipos de solos principalmente no setor B da BHAP; estes solos são muito arenosos, apresentam limitações pela baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes as plantas.

Os afloramentos rochosos (Fig. 17) encontram-se principalmente no setor A da área de estudo e está associado a condições do relevo fortemente ondulado, nas maiores declividades e altitudes, sendo encontrados principalmente em topos de morros.



Figura 16: Perfil de Neossolos encontrados no setor A e B da BHAP. Fonte: autora 2011.



Figura 17: Afloramento Rochoso encontrado no setor A da BHAP. Fonte: autora (2009).

2.4.1.5. Planossolos

Os Planossolos compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano.

Segundo o SiBCS sua característica distintiva marcante é a diferenciação bem acentuada entre os horizontes A ou E e o B, devido à mudança textural abrupta, ou com transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para o horizonte B. Decorrência bastante notável, nos solos quando secos, é a exposição de um contato paralelo à disposição dos horizontes, formando limite drástico, que configura um fraturamento muito nítido entre o horizonte A ou E e o B.

Na BHAP, os Planossolos (Fig. 18) encontram-se tanto no setor A quanto no setor B, sendo que no segundo, em menor quantidade. Conforme Streck *et al.* (2008), a subordem encontrada na área de estudo é Planossolos hidromórficos eutróficos. Estes solos localizam-se em áreas de várzea e em relevos levemente ondulados. Os Planossolos hidromórficos ainda apresentam um ambiente desfavorável ao infiltramento, por causa de seu horizonte B mais argiloso, o qual acaba favorecendo a ocorrência de inundações nas várzeas.



Figura 18: Perfil de Planossolos encontrado no setor A e B da BHAP. Fonte: autora (2011).

A maior parte dos Planossolos possui limitações físicas para a agricultura, o excesso de sódio trocável dispersa as argilas, diminui a permeabilidade à água e dificulta a penetração de raízes, bem como o lençol freático suspenso temporário, advindo da baixa permeabilidade do horizonte B, pode prejudicar o enraizamento de plantas cultivadas não adaptadas a essa situação. Apesar destas restrições, na área de estudo, principalmente no setor B, são muito utilizados para o cultivo de arroz e pastagens.

2.5. Clima

A análise do clima é importante para aplicação do DFC, pois este influencia na densidade da cobertura vegetal, na relação entre temperatura e precipitação pluviométrica, que acaba por ser um dos fatores que interferem na taxa de erosão de uma região, à medida que tendem a provocar as primeiras etapas da erosão hídrica.

No Rio Grande do Sul, especificamente, na região sudeste, onde se encontra a área de estudo ocorre o clima subtropical úmido, com influência das massas de ar Polar Atlântica e Tropical Marítima (porção oriental do Estado). Trata-se de clima relativamente úmido, com precipitação média anual de 1.200 mm e médias térmicas entre 15 °C e 19 °C.

No quadro 1 observam-se as normais climatológicas do período de 1971 a 2011. Os dados de 1971 a 2000 foram compilados pela Estação Agroclimatológica de Pelotas/UFPel, enquanto que os demais, de 2001 a 2011, foram analisados a partir das estações automáticas de Camaquã, Canguçu e Rio Grande (estações que cobrem a área da BHAP). Todos os dados disponíveis nos boletins emitidos mensalmente pela Estação Agroclimatológica de Pelotas e pelo Instituto Nacional de Meteorologia.

Quadro 1 – Normais Climatológicas do Período de 1971/2011, mensais e anuais.

Meses	Temperatura Média (°C)	Precipitação Pluviométrica (mm)	Umidade Relativa do Ar (%)	Direção Predominante do Vento
Janeiro	23,3	112,4	74,7	E
Fevereiro	23,2	153,1	79,9	E
Março	21,1	108,7	45,9	NE
Abril	18,1	114,6	79	NE
Mai	15,4	127,1	85	SW
Junho	12,9	114,4	85,4	SW
Julho	12,2	120,4	74,9	SW
Agosto	13,4	118,4	84	NE
Setembro	14,7	128,1	83,4	NE
Outubro	16,9	93,1	80,4	NE
Novembro	20,5	89,9	70,5	E
Dezembro	21,9	106,4	73,1	E
Anual	17,9	1286,6	78,5	NE

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da Estação Climatológica da EMBRAPA/UFPEL/ INMET entre os anos de 1971 e 2011.

Analisando os dados, observa-se que a área da BHAP possui uma temperatura média anual de 17,9 °C, no que se refere à umidade relativa do ar, a média anual fica em torno dos 80% caracterizando, assim, um clima bastante úmido. Os meses mais frios são junho e julho (em torno de 12,5 °C) e os mais quentes janeiro e fevereiro (média de 23,2 °C), quanto à média anual da precipitação pluviométrica evidencia-se que não ultrapassa 1300 mm e a direção predominante dos ventos são nordeste (NE).

Desta forma, a análise do clima e suas condições contribuem para evidenciar o zoneamento dos grupos de solos e para um melhor entendimento da ocorrência das diferentes tipologias dos solos encontrados na área de estudo.

2.6. Cobertura Vegetal

A vegetação, pelo seu inerente potencial como indicador ambiental, é um tema muito valorizado. É um elemento do ambiente natural muito sensível às condições e tendências da paisagem, reagindo distinta e rapidamente às variações, sendo elas morfoclimáticas ou antrópicas. Segundo Santos (2004) a vegetação pode mudar abruptamente e em curtos períodos de tempo e dentro de pequenas distâncias. Seu estudo permite conhecer, por um lado, as condições naturais de determinada área e, por outro, as influências antrópicas recebidas, podendo-se inferir globalmente, a qualidade do ambiente. Assim, quanto mais próxima à vegetação estiver de seus limites de tolerância, maiores serão as variações dos fatores bióticos e abióticos.

A cobertura vegetal é um dos principais indicadores ambientais para a análise da degradação ambiental e o principal fator no equilíbrio da paisagem. Esta ainda influi, ou melhor, participa de processos vitais no ambiente, ou seja, atua no nível de composição gasosa da atmosfera; no grau de umidade no ar e no solo; proteção e processos químicos dos solos; cadeia trófica e manutenção de ecossistemas.

A vegetação herbácea, a cobertura arbórea e os detritos vegetais que recobrem o solo interceptam a chuva e retardam o escoamento superficial das águas precipitadas, além de facilitar a infiltração e proteger o solo da atuação de processos erosivos que levam ao assoreamento dos canais fluviais e a degradação do ambiente (CASSETI, 1991).

Outra importante ação da vegetação é na proteção das margens de rios e arroios, contribuindo para o equilíbrio do regime hídrico, evitando excessos de alagamentos durante as cheias. As matas ciliares evitam a erosão lateral e não raro prolongam-se por extensões marginais, aumentando a área florestal.

Segundo Rambo (1956), o Rio Grande do Sul divide-se em duas grandes formações vegetais: os campos e as florestas. Da área total do Estado, cerca de 131.896 km² (46,26%) eram campos, 98.327 km² (34,47%) matas e o restante, atribuído à vegetação litorânea, banhados inundáveis e outras formações. Portanto, dois terços da área do Estado foram originalmente ocupados pela formação campestre, uma paisagem de estepe, isto é, formação semixerofítica, porém em um ambiente de clima caracterizado por umidade alta.

Para o mesmo autor, as variações climáticas das diversas partes do Estado não são suficientes para explicar a presença dessas duas formações, uma vez que a formação climática conveniente no Estado do Rio Grande do Sul é a da Floresta Alta Subtropical. Os campos são formações climáticas e edáficas na sua origem. Segundo Jarenkow (1994), outras formações ou subformações florestais, de maior ou menor importância, podem ainda ocorrer no Estado, no interior das diferentes regiões fitogeográficas, como Matas de Restinga, Matas Insulares, Matas de Galeria, entre outras. Para o autor a distribuição atual das formações vegetais do sul do Brasil resulta de um processo histórico, cujo entendimento remete a abordagens multidisciplinares, em diferentes momentos de sua evolução, principalmente aqueles ocorridos a partir do final do Terciário.

Segundo Leite e Klein (1990) a vegetação do Rio Grande do Sul é classificada em florestal e não florestal. Considera-se vegetação florestal aquela, ombrófila ou estacional, cujas formações são constituídas por comunidades arbóreas mais ou menos estáveis e compatíveis com o clima atual. É considerada vegetação não florestal todos os demais tipos de formações, que por diversas causas não alcançaram os níveis de desenvolvimento e organização tidos como em equilíbrio com o clima. Trata-se de vegetação xeromorfa e xerofítica e das formações pioneiras.

De acordo com o Inventário Florístico Contínuo do Rio Grande do Sul (SEMA, 2001), a vegetação do Estado está dividida em nove regiões fitoecológicas ou fitogeográficas, que são:

- Região da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica);
- Região da Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária);
- Região da Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Subcaducifólia);
- Região da Floresta Estacional Decidual (Floresta Caducifólia);
- Região da Savana (Cerrado e Campo);
- Região da Estepe (Campanha Gaúcha);
- Região da Savana Estépica (Campanha Gaúcha);
- Áreas das Formações Pioneiras de Influência Marinha (Restingas e Dunas);
- Área de Tensão Ecológica (contatos).

Na área de estudo é possível identificar duas das nove regiões fitogeográficas e/ou fitoecológicas: Área de Formação Pioneira, que está associada à vegetação de áreas de solos mais planos, com formações arbóreas e herbáceas e a Floresta Estacional Semidecidual, a qual, segundo o RADAM BRASIL (1986), na área de estudo se divide em três outras formações (tendo como critério a altitude): Florestas Aluviais (nos cursos d'água), Florestas de Terras Baixas (até 30 m), Floresta Submontana (30 a 400 m).

A abordagem em relação à cobertura vegetal da área de estudo será mais detalhada no capítulo V deste trabalho, destacando-se tanto a cobertura vegetal atual quanto a original da BHAP. Na figura 19 é possível ter uma prévia do tipo e densidade da cobertura vegetal.

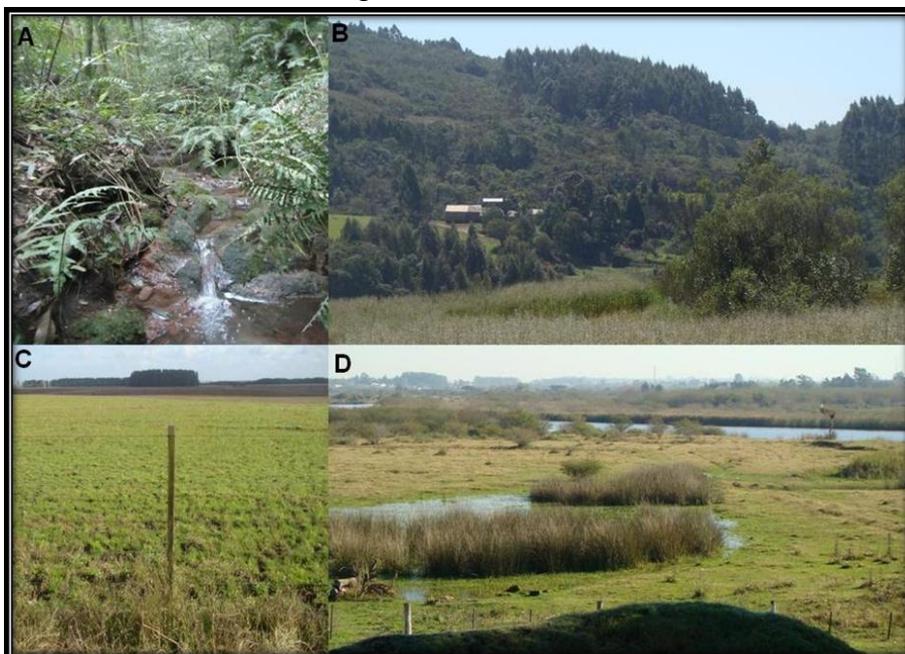


Figura 19: Cobertura vegetal da BHAP; A/B Escudo Sul-Rio-Grandense, C/D Planície Costeira do RS. Fonte: autora (A/B 2010) e (C/D 2011).

2.7. Uso e Ocupação do Solo

No Diagnóstico Físico-Conservacionista, não se prevê a análise do fator socioeconômico, mas durante a pesquisa, percebeu-se que seria interessante para uma melhor compreensão do uso e ocupação do solo, esta análise. Assim, abordar-se-á este fator, analisando o uso e a ocupação do solo de cada município integrante da BHAP.

O conhecimento sobre o uso do solo adquire importância pela necessidade de garantir a sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas. Ele representa a forma de como se dá a apropriação do homem em relação aos recursos naturais. O estudo do uso do solo é de grande relevância, na medida em que um uso desordenado pode causar a deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensa, as inundações, os assoreamentos de reservatórios e cursos d'água são algumas das consequências de um uso inadequado do solo.

Como dito anteriormente, o processo de degradação ambiental pode ser intensificado pelo uso e ocupação do solo inadequado. Por isso se fez necessário o conhecimento das características sociais da BHAP, tendo em vista que algumas das atividades exercidas pela população podem ser responsáveis por um agravamento da degradação na área pesquisada.

Cabe lembrar também que da mesma forma que a população pode acabar por agravar a degradação em um determinado ambiente, a própria fragilidade deste mesmo ambiente pode acabar por provocar danos tanto no âmbito social quanto no econômico.

A seguir, analisa-se cada um dos quatro municípios que compõem a BHAP, quanto à sua população rural e urbana; principais atividades econômicas e o setor responsável pelo desenvolvimento da economia. Os dados foram coletados junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), FEE (Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul), EMATER-RS (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural), Azonasul (Associação dos Municípios da Zona Sul) e EMBRAPA Clima Temperado (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

➤ Arroio do Padre:

Município predominantemente rural, com uma área territorial de 124,3 km², população total de 2.730 habitantes, divididos em 94% rural e 6% urbano. Sua principal atividade econômica é a agropecuária, que movimenta a economia do município.

Dentre as atividades agrícolas apresentadas no quadro 2, o cultivo de destaque é o fumo, seguido do milho, da batata inglesa e do pêssego. Dentre as atividades relacionadas à pecuária, o destaque corresponde à criação de aves para o abate e produção de ovos (Quadro 3).

Quadro 2 – Arroio do Padre - Principais Atividades Agropecuárias – Item Agricultura

Agricultura	Cultivo	Toneladas	Hectares
Lavoura Permanente	Pêssego	320	40
	Laranja	164	15
	Uva	80	4
Lavoura Temporária	Fumo	1.755	1.170
	Milho (Grão)	1.250	500
	Batata Inglesa	375	45
	Soja	96	40
	Feijão	40	40

Fonte: Informações obtidas dos cruzamentos dos dados do IBGE (2010) e EMBRAPA (2010).

Quadro 3 – Arroio do Padre - Principais Atividades Agropecuárias – Item Pecuária

Pecuária	Utilização	Cabeças (aproximadamente)
Bovinos	Corte e Produção de leite e derivados	3.760
Ovinos	Corte e Lã	165
Suínos	Corte	1.575
Aves	Corte e Ovos	83.013

Fonte: Informações obtidas dos cruzamentos dos dados do IBGE (2010) e EMBRAPA (2010).

➤ Canguçu:

Outro município predominantemente rural, com área territorial de 3.525,3 km², população total de 53.259 habitantes, sendo destes 87% rural e 13% urbano. Caracteriza-se ainda por ser o município gaúcho com o maior número de pequenas propriedades, tendo como modelo o minifúndio e a policultura.

Possui como principal atividade econômica a agropecuária. Dentre as atividades agrícolas relacionadas no quadro 4, destacam-se as lavouras de milho e soja seguidas do fumo. Interessante ressaltar que houve reordenação dos cultivos, ou seja, em 2007 o fumo era o principal, mas em 2010 percebe-se que perdeu posição para o milho e a soja. Dentre os cultivos da fruticultura, o pêssego ainda continua sendo o destaque. Dentre as atividades relacionadas à pecuária, destaca-se a criação de aves para o abate e produção de ovos, seguida da criação de bovinos (Quadro 5).

Quadro 4 – Canguçu - Principais Atividades Agropecuárias – Item Agricultura

Agricultura	Cultivo	Toneladas	Hectares
Lavoura Permanente	Pêssego	18.900	2.700
	Laranja	2.400	240
	Alho	450	150
	Tangerina	376	47
	Uva	100	20
Lavoura Temporária	Fumo	13.362	8.908
	Milho (Grão)	67.200	28.000
	Batata Inglesa	8.800	1.000
	Soja	31.500	15.00
	Feijão	4.275	6.250
	Arroz	5.239	890
	Tomate	2.400	100

Fonte: Informações obtidas dos cruzamentos dos dados do IBGE (2010) e EMBRAPA (2010).

Quadro 5 – Canguçu - Principais Atividades Agropecuárias – Item Pecuária

Pecuária	Utilização	Cabeças (aproximadamente)
Bovinos	Corte e Produção de leite e derivados	158.545
Ovinos	Corte e Lã	40.882
Suínos	Corte	29.889
Aves	Corte e Ovos	302.89

Fonte: Informações obtidas dos cruzamentos dos dados do IBGE (2010) e EMBRAPA (2010).

➤ Morro Redondo:

É um município predominantemente rural, com uma área territorial de 244.646 km², população total de 6.227 habitantes, sendo destes 91% rural e 9% urbano. Possui como principal atividade econômica a agropecuária, desta forma o setor primário é o responsável por movimentar a economia do município. Dentre as atividades agrícolas apresentadas no quadro 6, destacam-se as lavouras de milho, arroz e fumo.

Dentre os cultivos da fruticultura o pêssego e a laranja continuam sendo os destaques. Dentre as atividades relacionadas à pecuária, o destaque é a criação de aves para o abate e produção de ovos, seguida pela criação de bovinos (Quadro 7).

Quadro 6 – Morro Redondo - Principais Atividades Agropecuárias – Item Agricultura

Agricultura	Cultivo	Toneladas	Hectares
Lavoura Permanente	Pêssego	4.800	750
	Laranja	1.995	133
	Figo	180	18
	Uva	108	9
Lavoura Temporária	Fumo	1.250	250
	Milho (Grão)	6.160	1.900
	Batata Inglesa	616	82
	Soja	600	250
	Feijão	150	200
	Arroz	5.239	890
	Batata Doce	500	50

Fonte: Informações obtidas dos cruzamentos dos dados do IBGE (2010) e EMBRAPA (2010).

Quadro 7 – Morro Redondo - Principais Atividades Agropecuárias – Item Pecuária

Pecuária	Utilização	Cabeças (aproximadamente)
Bovinos	Corte e Produção de leite e derivados	14.643
Ovinos	Corte e Lã	1.520
Suínos	Corte	1.318
Aves	Corte e Ovos	234.191

Fonte: Informações obtidas dos cruzamentos dos dados do IBGE (2010) e EMBRAPA (2010)

➤ Pelotas:

Este município se diferencia dos demais por ser predominantemente urbano e o mais populoso da área de estudo. Apenas 5% da população encontram-se na zona rural. Entretanto, a maior parte da BHAP está inserida no meio rural do município, mais especificamente, nos distritos de Quilombo, Santa Silvana e Monte Bonito.

Pelotas diferencia-se também por ser o município que tem por principal atividade econômica o comércio, ainda que o setor primário também seja importante para o desenvolvimento econômico da região. Dentre as atividades agrícolas apresentadas no quadro 8, destacam-se as lavouras de arroz irrigado, seguidas das de milho, soja e fumo. Cabe salientar que em 2007 o fumo era o segundo cultivo mais importante, porém, atualmente, perdeu posição para o cultivo de milho e soja. Na fruticultura, os cultivos de pêsego e laranja continuam no topo da lista. Na pecuária (Quadro 9), a criação de aves e bovinos ainda continua como a primeira em produtividade, seguida pela criação de ovino e suínos.

Quadro 8 – Pelotas - Principais Atividades Agropecuárias – Item Agricultura

Agricultura	Cultivo	Toneladas	Hectares
Lavoura Permanente	Pêssego	24.000	3.000
	Laranja	2.849	407
	Tangerina	462	68
	Figo	60	20
	Uva	192	24
Lavoura Temporária	Fumo	7.875	3.500
	Milho (Grão)	46.200	11.000
	Batata Inglesa	616	82
	Soja	12.600	6.000
	Feijão	400	500
	Arroz	70.723	10.109
	Batata Doce	3.360	600

Fonte: Informações obtidas dos cruzamentos dos dados do IBGE (2010) e EMBRAPA (2010).

Quadro 9 – Pelotas - Principais Atividades Agropecuárias – Item Pecuária

Pecuária	Utilização	Cabeças (aproximadamente)
Bovinos	Corte e Produção de leite e derivados	52.586
Ovinos	Corte e Lã	6.845
Suínos	Corte	13.395
Aves	Corte e Ovos	227.214

Fonte: Informações obtidas dos cruzamentos dos dados do IBGE (2010) e EMBRAPA (2010).

Dentre todos os cultivos os principais são o arroz e o milho, sendo que este último ganhou destaque a partir de 2007, deixando o fumo em terceiro lugar. Estes cultivares caracterizam-se por apresentarem lavouras do tipo intensiva e que utilizam muitos agrotóxicos e maquinários agrícolas pesados, que acabam por impactar os solos causando, sempre, algum tipo de degradação.

Em relação à fruticultura na área da BHAP, o cultivo de pêsego se constitui na atividade mais tradicional desta região, abrangendo os quatro municípios da área de estudo. Contudo, esta atividade, bem como a produção de cítricos, ocorre em áreas não adequadas, ou seja, as plantações se desenvolvem em topos de morros e/ou, nas encostas dos morros, sem a utilização de técnicas que evitem a erosão (Figs. 20 e 21).



Figura 20: Plantação de Pêssegos na BHAP. Fonte: autora (2010).



Figura 21: Plantação de Cítricos. Fonte: autora (2010).

O plantio de milho e fumo é feito sobre tudo em pequenas propriedades utilizando mão-de-obra familiar (Figs. 22 e 23). A demanda de uso de agrotóxicos para exterminar com as pragas, principalmente nas lavouras de fumo, acaba por deixar o solo muitas vezes infértil, fator que induz a prejuízos financeiros ao agricultor, ou seja, à medida que o solo perde sua camada fértil e de nutrientes, demandará reposição dos mesmos através do uso de fertilizantes e adubos. O que acaba por encarecer a produção.



Figura 22: Cultivo de Milho na BHAP. Fonte: autora (2011).



Figura 23: Cultivo de Fumo na BHAP. Fonte: autora (2011).

De todas as atividades agrícolas desenvolvidas na BHAP, a orizicultura (Fig. 24) é a que dispõe de maior investimento. Desta forma, ela constitui a atividade que mais transforma e altera a paisagem, pois utiliza maquinários modernos e grande quantidade de insumos, gerando, como consequência, a contaminação dos solos e dos cursos d'água por agrotóxicos, além do aumento nas taxas de erosão, proporcionando, ainda, impactos negativos em relação às matas ciliares, tendo em vista que muitos produtores (latifundiários) desmatam para aumentar suas áreas produtivas.

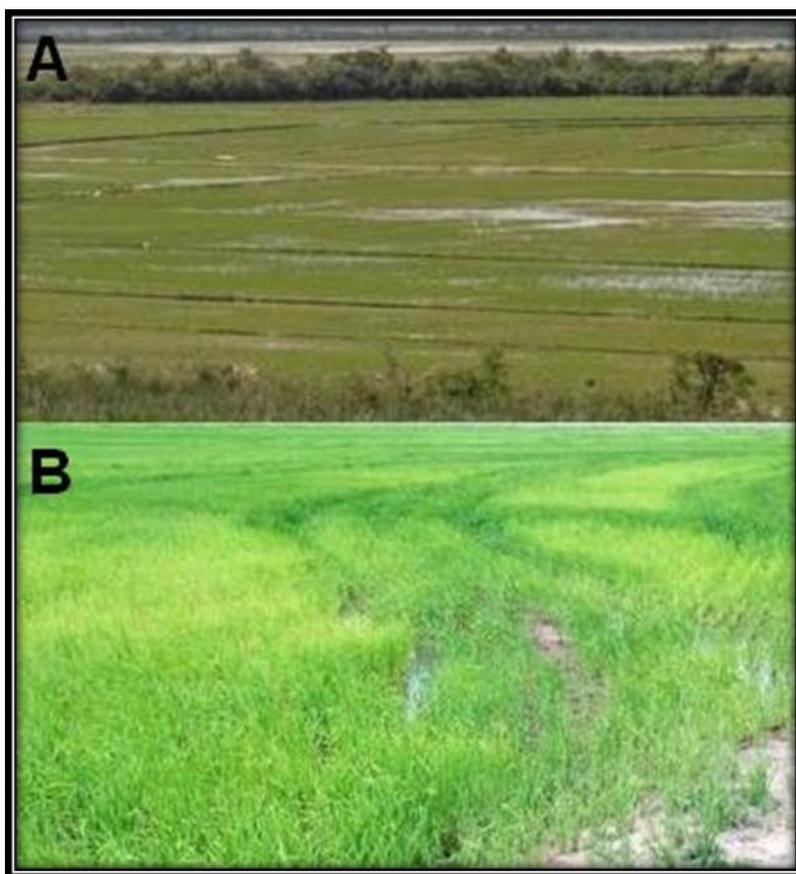


Figura 24: Orizicultura na BHAP. Fonte: a autora (A/2010; B/2011).

Desta forma, identifica-se que a degradação ambiental, não está relacionada unicamente com as propriedades físicas de um determinado ambiente, mas também às condições econômicas de uma determinada região, à medida que o uso do solo representa a forma como se dá a apropriação dos recursos naturais pela sociedade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Relação Sociedade – Natureza

A destruição da natureza é tão antiga quanto à existência da humanidade, uma vez que os modelos de sociedade das civilizações até nossos dias foram projetados pelo homem para acumular riquezas materiais, bens e serviços. Segundo Brito e Câmara (1998), a humanidade teve a seu favor a ciência e a tecnologia, o que lhe possibilitou adquirir novos conhecimentos e interferir progressivamente nos processos naturais, ocupando e usando a seu desejo os recursos naturais.

A convivência entre a sociedade e a natureza sofreu diversas mudanças em toda a história da humanidade, contudo, nos últimos séculos a visão da economia de mercado, está disponível para servir à chamada 'sociedade de consumo'. Santos (2004) menciona que esta perspectiva possui como principal enfoque o planejamento econômico, fato que trouxe inúmeros problemas, como a degradação dos ambientes, o que reflete diretamente na relação da sociedade com a natureza.

Bernardes e Ferreira (2003) afirmam que a compreensão clássica da relação sociedade e natureza empregada até o século XIX, ligada ao processo de produção capitalista, vinculava o homem à natureza como pólos opostos, com a concepção de uma natureza objeto, fonte ilimitada de recursos à disposição do homem.

Para Hutchison (2000), a dificuldade da relação da sociedade com a natureza tende a tornar complicada a inserção do homem como parte integrante do ambiente natural, e não como um ser superior a ela. O autor salienta ainda que há três orientações diferenciadas que ao longo da história formam a base para a relação do ser humano com o ambiente natural, ou seja, o ser humano como subjugado à natureza (sendo o meio natural onipotente,

incapaz de ser manejado), o ser humano como dominador (o ser humano como mestre e superior ao meio natural) e o ser humano como parte implícita da natureza (a interligação entre a vida humana e o funcionamento da natureza).

Entretanto, deve-se aceitar que o processo de desenvolvimento e evolução da sociedade e da natureza se dê de forma completamente diferente. Desta forma, Mendonça (1989) lembra que se por um lado, a natureza desenvolve-se e evolui de acordo com suas próprias leis, a sociedade, por suas próprias características, desenvolve-se e evoluiu de acordo com seus próprios critérios traçados por indivíduos e/ou grupos que, utilizam-se da faculdade de pensar e de transformar o ambiente de forma correta.

3.2. Abordagem Sistêmica

A relação sociedade-natureza é uma das relações mais complexas de ser analisada, à sua compreensão antecede um quadro metodológico e teórico que possa processar as inúmeras variáveis e interações entre os elementos do ambiente natural. Assim, em estudos de cunho geográfico e ambiental é importante adotar uma visão sistêmica do ambiente.

A abordagem sistêmica é a maneira como pensar sobre o trabalho de gerenciar. Ela fornece uma estrutura para visualizar fatores ambientais internos e externos como um todo integrado. (...) Os conceitos sistêmicos criam uma maneira de pensar a qual, de um lado, ajuda o gerente a reconhecer a natureza de problemas complexos e, por isso, ajuda a operar dentro do meio ambiente percebido. (...) Mas é importante reconhecer que os sistemas empresariais são uma parte de sistemas maiores (...) (e) estão num constante estado de mudança - eles são criados, operados, revisados e, frequentemente, eliminados (BOULDING, 1956).

Contudo, antes de trabalhar com a noção de "sistêmico" é preciso conhecer o termo básico da análise sistêmica, ou seja, o que é sistema. Neste sentido, podem ser citados alguns pesquisadores que trabalham com este conceito, como Bertalanffy (1950), Hall e Fagen (1956), Chorley e Kennedy (1971), Tricart (1977) e Christofolletti (2002).

Os sistemas foram definidos como conjuntos de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade (BERTALANFFY, 1950). Há formulações mais complexas, porém, como a de Hall e Fagen (1956), que definem sistema como

o conjunto de elementos e das relações entre eles e seus atributos. Chorley e Kennedy (1971) lembram ainda que:

O conceito de sistema, agregando a ideia de complexidade e dinâmica, sendo o sistema um conjunto estruturado de objetos e/ou atributos, que exibem relações discerníveis um com os outros e operam conjuntamente como um todo complexo, de acordo com determinado padrão (CHORLEY e KENNEDY, 1971).

Complementando o conceito de sistema, Tricart (1977) lembra que atualmente, este é o melhor instrumento lógico de que se dispõe para estudar os problemas ambientais. Ele permite adotar a dialética entre a necessidade de análise, que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação, e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse ambiente. Ainda, o conceito de sistema é, por natureza, de caráter dinâmico e por isso adequado a fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação, o que não é caso de um inventário, por natureza estática. Neste sentido, o autor afirma que:

Lembramos somente que um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema. Desta forma, o conceito lógico de sistema é de aplicação universal, as relações mútuas entre os subsistemas definem certa taxonomia destes (TRICART, 1977).

A adoção deste conceito é utilizada nas mais variadas pesquisas, sejam de ordem ambiental, agrônômica, geográfica ou econômica, pois o mesmo permite a compreensão dos fenômenos como um todo e, ainda, a caracterização das interações de causa e efeito.

No universo sistêmico, o meio ambiente é constituído pelos sistemas que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas. Os sistemas ambientais são responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas socioeconômicos e deles recebem os seus produtos, ou seja, edificações, insumos, dejetos, emissões entre outros (CHRISTOFOLETTI, 2002).

Neste sentido Monteiro lembra que:

Um sistema pode ser definido como um conjunto de objetos agrupados por alguma interação ou interdependência, de modo que existam relações de causa e efeito nos fenômenos que ocorrem com os elementos desse conjunto, ou seja, um sistema é dinâmico quando algumas grandezas que o caracterizam variam no tempo (MONTEIRO, 2002).

Deve ser lembrado o conceito de Geossistema o qual deriva da Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy, o qual foi introduzido na literatura soviética pelo russo Viktor Borissovitch Sotchava em 1962, com a preocupação de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, enfocando aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial em substituição aos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas. Para este autor geossistema ordena-se como:

A dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais se encontram em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana, ou seja, a principal concepção de geossistema é a conexão da natureza com a sociedade, pois embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciando sua estrutura e particularidades especiais são levadas em consideração durante a sua análise (SOTCHAVA, 1962).

No entanto, em 1968 o francês Georges Bertrand aperfeiçoa o conceito de Sotchava e dá à unidade geossistêmica conotação mais precisa, estabelecendo uma tipologia espaço-temporal compatível com a escala socioeconômica, enfocando os fatores biogeográficos e socioeconômicos enquanto seus principais conformadores, além de considerar a teoria da bioresistasia do pedólogo alemão Erhart, relacionando a evolução dos solos à cobertura vegetal e às condições de evolução do relevo e seus processos adjuntos.

Define geossistema como "situado numa determinada porção do espaço, sendo o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpetua evolução". Onde desta forma surge um sistema taxonômico de hierarquização da paisagem (BERTRAND, 1972).

Contudo Sotchava (1978) salienta que os geossistemas são sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem.

Sendo o elemento básico para a classificação do espaço e tudo o que nele está contido em integração funcional, e do ponto de vista geográfico em três escalas: topologia, regional e planetária, ou seja, permite a identificação da diversidade de interações, sua funcionalidade, seu estado e suas relações com o ambiente.

Entretanto Christofolletti menciona que:

Os geossistemas, ou sistemas ambientais físicos, são uns sistemas naturais, não necessariamente homogêneos, abertos, ligados a um território que se caracteriza por possuir certa morfologia (estruturas espaciais, verticais e horizontais), por um funcionamento (energia solar, gravitacional, ciclos biogeoquímicos, processos morfogenéticos e pedogenéticos) e comportamento específico (mudança em sequência temporal). Reagrupa geofácies e geotópos dinamicamente, e do ponto de vista vegetacional, por exemplo, representa um mosaico. Na verdade o geossistema acentua o complexo geográfico e a dinâmica de conjunto, bem como uma forte unidade ecológica e biológica (CHRISTOFOLETTI, 2001).

Neste sentido, como mencionado anteriormente, foi a partir da Teoria Geral dos Sistemas proposta pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy em 1940, que foi exposta ao meio científico a noção de sistema. Pode-se dizer que é a partir de uma crítica ao reducionismo e na busca de uma unidade nas ciências que este autor legitimou sua abordagem dos sistemas. Ele afirmou que:

A abordagem sistêmica é representada pela forma de compreensão do espaço geográfico como um todo, pois, homem e natureza são considerados como partes de um complexo sistema de integração, no qual não se podem compreender os elementos isoladamente (BERTALANFFY, 1950).

Nas palavras de Bertalanffy a Teoria Geral dos Sistemas recebe a designação de que é:

Regida por três premissas básicas, ou seja, sistemas existem dentro de sistemas, que são abertos e caracterizados por um processo de intercâmbio infinito com o ambiente. As funções de um sistema dependem de suas estruturas, desta forma as análises sistêmicas das organizações permitem revelar o geral no particular, mantendo-se em contínuo intercâmbio de matéria, energia e informações com o ambiente (BERTALANFFY, 1977).

A Geografia, como parte das ciências, também foi influenciada por esta evolução teórico-científica, no qual como exposto anteriormente, teve destaque com o desenvolvimento do conceito de geossistema.

A abordagem sistemática serve ao geógrafo como instrumento conceitual que lhe facilita tratar dos conjuntos complexos, como os da organização espacial. A preocupação em focalizar as questões geográficas sob a perspectiva sistêmica representou características que favoreceu e dinamizou o desenvolvimento da Nova Geografia (CHRISTOFOLETTI, 1982).

A aplicação de uma abordagem sistêmica se faz necessária, devido ao fato, de ser representada pela forma de compreensão do espaço geográfico como um todo, ou seja, homem e natureza são considerados como partes de um complexo sistema de interação, no qual não se podem compreender os elementos isoladamente.

3.3. Planejamento Ambiental

As primeiras informações a cerca do planejamento do espaço descrevem aldeias ligadas à agricultura ou a pesca. Nelas, as ordenações do território levavam em consideração aspectos ambientais como microclima e topografia. Segundo Santos (1997) um exemplo tradicional de um embrião do planejamento advêm das aldeias da Mesopotâmia, cerca de 4.000 a.C, cujos registros apontam os primeiros “planejadores profissionais”. Eles foram, na realidade, autoridades religiosas preocupadas com a organização das cidades. Ao longo da história, até se formarem as primeiras grandes cidades, os homens planejaram seu espaço buscando atender preceitos religiosos, de estética e de conforto.

Planejar é, talvez, a principal característica que distingue as atividades humanas das dos outros animais. Por ser racional, o homem pode analisar o que ocorreu em situações semelhantes para prever o que é necessário fazer no futuro, repetindo o que deu certo e evitando os erros do passado.

Simonds (1978) menciona que, planejamento é um meio sistemático de determinar o estágio em que se está, onde se deseja chegar e qual o melhor meio para chegar lá.

Para Hidalgo (1990):

O planejamento ambiental é um processo político, social, econômico e tecnológico, de caráter educativo e participativo, onde o homem, em conjunto com a sociedade, deve escolher as melhores alternativas para a conservação da natureza, gerando o seu desenvolvimento equilibrado e compatível com o conceito de meio ambiente (HIDALGO, 1990).

Santos (1997) afirma que:

Ao processo de organizar previamente as atividades futuras com base no conhecimento do passado chamamos “planejamento”. Planejar é estar a serviço de interesse público, por meio do ordenamento das atividades humanas (SANTOS, 1997).

Por sua vez, Souza (2002) diz que:

Planejar significa tentar prever a evolução de um fenômeno ou, para dizê-lo de modo menos comprometido com o pensamento convencional tentar simular os desdobramentos de um processo com o objetivo de melhor precaver-se contra prováveis problemas ou, inversamente, com o fito de tirar partido de prováveis benefícios (SOUZA, 2002).

Nas palavras de Santos (2004):

O planejamento ambiental é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou as escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Tem como finalidade a melhoria de uma determinada situação e ao desenvolvimento das sociedades, ou seja, busca a adequação de ações à potencialidade, vocação local e a sua capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade de ambiente físico, biológico e social (SANTOS, 2004).

A autora lembra ainda que o planejamento é a preparação para a gestão futura buscando-se evitar ou minimizar problemas e ampliar margens de manobra. E dentre as possíveis fases de um planejamento ambiental, a fase do diagnóstico possui inúmeras metodologias e ferramentas.

Em um contexto geral, Santos (2004) sustenta que:

O diagnóstico representa o caminho para compreender as potencialidades e as fragilidades da área de estudo, da evolução histórica de ocupação e das pressões do homem sobre os sistemas naturais (SANTOS, 2004).

Macedo (2005) corrobora com Santos (2004) ao declarar que:

A finalidade básica de um diagnóstico ambiental é a de identificar o quadro físico, biótico e antrópico de uma dada região, mediante seus ambientes constituintes e, sobretudo, as relações e os ciclos que conformam, de modo a evidenciar o comportamento e as funcionalidades dos ecossistemas que realizam. Além disso, os diagnósticos ambientais deverão, obrigatoriamente, caracterizar as potencialidades e as vulnerabilidades da região em estudo, ante as atividades transformadoras que nela ocorrem, além de outras atividades que eventualmente ali se instalem (MACEDO, 2005).

3.3.1. Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas

As bacias hidrográficas (BH) constituem, nos dias de hoje, importantes ferramentas de planejamento do espaço geográfico, pois permitem avaliar de forma integrada os elementos e fatores impactantes no ambiente em que estão inseridas.

Por ter características bem definidas, a bacia hidrográfica é uma unidade que permite a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de planejamento e gerenciamento, estudo e atividade ambiental. A abordagem por bacia hidrográfica tem várias vantagens apontadas por Tundisi, das quais podemos citar:

A bacia hidrográfica é uma unidade física com fronteiras delimitadas podendo estender-se por várias escalas espaciais. É um ecossistema hidrológicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos. Oferece oportunidade para o desenvolvimento de parcerias e a resolução de conflitos, estimula a participação da população e a educação ambiental e sanitária. Garante visão sistêmica adequada para o treinamento em gerenciamento de recursos hídricos e para o controle da eutrofização (gerentes, tomadores de decisão e técnicos) (TUNDISI, 1994).

Para o planejamento de uma bacia hidrográfica é fundamental considerar a mudança de paradigma de um sistema setorial, local e de respostas à crise para um sistema integrado, preditivo, e em nível de ecossistema. Isso deverá resultar em um diagnóstico mais abrangente dos problemas para que se possa desenvolver um bom planejamento e gerenciamento.

A adoção do conceito de bacia hidrográfica para a conservação de recursos naturais está relacionada à possibilidade de avaliar, em uma determinada área geográfica, o seu potencial de desenvolvimento e a sua produtividade biológica, o que determina melhores formas de seu aproveitamento, com o mínimo de impactos ambientais. Segundo Pires *et al.* (2002), na prática, a utilização do conceito de BH consiste na determinação de um espaço físico funcional, sobre o qual devem ser desenvolvidos mecanismos de gerenciamento ambiental na perspectiva do desenvolvimento ambientalmente sustentável.

Ao analisar a bacia hidrográfica do ponto de vista de um planejador, há um direcionamento em relação à conservação dos recursos naturais, ou seja, o conceito tem sido ampliado, com uma abrangência além dos aspectos hidrológicos, uma vez que envolve o conhecimento da estrutura biofísica da BH, bem como as mudanças nos padrões de uso do solo suas implicações ambientais, sociais e culturais.

Para Botelho (1999), há algumas desvantagens e vantagens na utilização de bacias hidrográficas. A desvantagem seria que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações de causa-efeito de caráter econômico e político. Já a vantagem é que a rede de drenagem de uma bacia consiste num dos caminhos preferenciais de boa parte das relações causa-efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico.

Botelho e Silva (2004) afirmam que a BH foi, no fim dos anos 1960, reconhecida como unidade espacial na Geografia Física, contudo, durante a última década ela foi, de fato, incorporada pelos profissionais não somente da Geografia, mas da grande área denominada “ambientais”, em seus estudos e projetos de pesquisa e entendida como célula básica da análise ambiental.

Conforme Silveira (1993), a BH pode ser compreendida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída ou exutório.

Hidalgo (1990), Guerra e Cunha (1998), Castro Filho e Muzilli (1999), Rocha e Kurtz (2001) definem a BH como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais, verifica-se o escoamento superficial das chuvas, das quais originam os rios. A noção de BH envolve a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores de água principais, afluentes e subafluentes. Em todas as BH deve existir uma hierarquização da rede de drenagem, escoando a água dos pontos mais altos para os mais baixos.

Reis (2004) lembram que,

A bacia hidrográfica integra o comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que, mudanças significativas em ambos os casos podem gerar alterações, efeitos e até impactos a jusante e a montante da bacia e nos fluxos energéticos de saída. Segundo o mesmo autor, as mudanças dentro de um sistema de drenagem podem ser de causas naturais e/ou pela ação antrópica que, na maioria das vezes, tem um papel acelerador dessas mudanças (REIS, 2004).

Santos (2004) justifica a adoção da BH para estudos ambientais por esta representar um sistema natural delimitado no espaço, abranger uma unidade geográfica na qual os recursos naturais se integram e, sobretudo, por se constituir numa unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, que contém as interações e pressões sobre os sistemas naturais ou criados pelo homem.

No Brasil, a seleção da BH, como área de trabalho para avaliação ambiental, está assumida em muitos estudos acadêmicos, planejamentos oficiais e em atos legais. Santos (2004) cita a Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) 001/86, a qual estabelece as diretrizes para a avaliação de impactos ambientais, onde no artigo 5º item III, declara:

[...] definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada de área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza (RESOLUÇÃO DO CONAMA 001/86).

Além disso, há uma recomendação da FAO (*Foods and Agriculture Organization*), desde a década de 1970, de que o planejamento adequado de BH é fundamental para a conservação de regiões tropicais.

Conforme Ferreira (2009) a utilização de BH como unidade de análise em estudos de avaliação ambiental está sendo muito empregada, principalmente a partir da Lei Federal dos Recursos Hídricos nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997), ao instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos e formar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, modificando consideravelmente a forma de gerenciamento desses recursos no Brasil. Este sistema que foi regulamentado pelo Decreto nº 2612 de 3 de junho de 1998, é constituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CRNH), Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), Órgãos dos Poderes Públicos Federal, Estaduais e Municipais, Comitês de Bacias Hidrográficas e Agência de Bacias.

Andreoli (2003) lembra que esta lei traz características mais adequadas para o gerenciamento e proporciona a conciliação dos diferentes usos da água, prezando inclusive o programa do crescimento demográfico e as metas para o uso racional da terra e da água.

Segundo Carvalho (2004) pesquisar uma BH implica em reconhecer os seus elementos fundamentais, assim como as ligações com o seu contexto, através dos *inputs* e *outputs*. Sendo os elementos principais: uso do solo, hidrologia, geologia, solos, relevo, áreas urbanizadas, agrícolas e clima.

Na concepção de Lima (1999), pode-se afirmar que a BH constitui revelação bem definida de um sistema natural aberto e pode ser vista como unidade ecossistêmica da paisagem, em termos da integração dos ciclos naturais de energia, de nutrientes e principalmente da água.

Para Coelho Netto (1998) mesmo sendo considerado um sistema aberto, ou seja, que recebe influência dos agentes externos pode-se considerar a BH como uma unidade geomorfológica, que é constituída por um grupo de cursos de escoamento d'água interligados, que compreende uma zona da superfície terrestre onde escoam, além de água, sedimentos e materiais dissolvidos para um mesmo local em um curso fluvial, podendo ser um rio, lago ou oceano.

Desta forma, Carvalho (2004) lembra que inserido dentro dessa proposição, o Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) tem como objetivo determinar o estado de degradação ambiental de uma BH, a partir de elementos naturais, por meio de parâmetros potenciais que serão representados de forma numérica, demonstrando o grau de degradação e propiciando uma análise quantitativa quanto à conservação desses recursos. Nesse sentido a bacia hidrográfica é um excelente instrumento de análise e aplicação do DFC.

3.4. Degradação e Impactos Ambientais

Nesta pesquisa é de suma importância a discussão sobre dois termos que permeiam este estudo: degradação e impactos ambientais. Contudo, faz-se necessário elucidar o contexto em que os mesmos são abordados, havendo a necessidade de conceituá-los.

Sánchez (2008) citando Johnson (1997) lembra que degradação ambiental é um termo de conotação claramente negativa. Seu uso na

“moderna literatura ambiental científica e de divulgação é quase sempre ligado a uma mudança artificial ou perturbações de causa humana – é geralmente uma redução percebida das condições naturais ou do estado de um ambiente”. O agente causador de degradação ambiental é sempre o ser humano: “processos naturais não degradam ambientes, apenas causam mudanças”.

O mesmo autor ainda afirma que a degradação de um objeto ou de um sistema é muitas vezes associada à ideia de perda de qualidade. Degradação ambiental seria, assim, uma perda ou deterioração da qualidade ambiental. A Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) define degradação ambiental como “alteração adversa das características do meio ambiente” (art. 3º, inciso II), definição suficientemente ampla para abranger todos os casos de prejuízo à saúde, à segurança, ao bem-estar das populações, às atividades sociais e econômicas, à biosfera e às condições estéticas ou sanitárias do meio, que a mesma lei atribui à poluição.

Assim, degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Em outras palavras, degradação ambiental corresponde a um impacto ambiental negativo (SÁNCHEZ, 2008).

Desta forma, é consenso que todas as atividades antrópicas causam algum tipo de alteração no ambiente, dentre as possíveis alterações, o termo degradação ambiental possui destaque, principalmente pelas consequências trazidas.

Para Guerra (1977):

A degradação ambiental é causada pela ação do homem, que na maioria das vezes, não respeita os limites impostos pela natureza. A degradação ambiental é mais ampla que a degradação dos solos, pois envolve não só a erosão dos solos, mas a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição de nascentes, rios, lagos e bacias, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem (GUERRA, 1997).

Quanto à exploração dos recursos naturais, Christofolletti (1999) menciona que estes decorrem da valoração a eles atribuída. Assim, o conceito de recursos naturais é sensível ao contexto no qual está inserido e é utilizado.

Os componentes existentes na superfície terrestre não surgem como recursos naturais apenas porque se encontram em um sistema natural. Passam a esta categoria quando ganham relevância em função da intervenção humana, pelo conhecimento de sua existência, pelo conhecimento de como pode ser tecnicamente explorado e pela sua integração a determinadas necessidades das sociedades (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Lima-e-Silva *et al.* (1999) mencionam que a degradação ambiental ocorre em toda parte nos mais variados ambientes, com maior ou menor grau de intensidade, dependendo das técnicas utilizadas na exploração dos recursos naturais, e, da preocupação local na manutenção e conservação desses recursos.

As ações humanas que degradam o ambiente, muitas vezes são aceleradas pelas imposições inerentes ao modelo socioeconômico atual, que se apropria dos recursos naturais e vai expandindo e ampliando espacialmente as áreas de exploração destes recursos, gerando consequências negativas para o ambiente e para a sociedade (CHUEH, 2000).

Desta forma, o conceito de degradação ambiental é de suma importância nessa pesquisa, tendo em vista que, a metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista tem como meta determinar a degradação ambiental de uma bacia hidrográfica, a partir de fatores naturais, como subsídio ao planejamento e manejo dos recursos naturais.

A locução "impacto ambiental" é encontrada frequentemente na imprensa e no dia a dia. No sentido comum, ela é, na maioria das vezes, associada a algum dano à natureza (SÁNCHEZ, 2008). Embora essa noção esteja incluída na noção de impacto ambiental, ela dá conta de apenas uma parte do conceito. Segundo o mesmo autor, na literatura técnica, há várias definições de impacto ambiental, quase todas elas largamente concordantes quanto a seus elementos básicos, embora formuladas de diferentes maneiras.

Alguns exemplos de autores que trabalham com impactos ambientais: Westman (1985) trata como sendo o efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem. Wathern (1988) menciona que a mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade tivesse sido iniciada. Já para Moreira (1992) impacto ambiental seria qualquer alteração no ambiente em um ou mais de seus componentes, provocada por uma ação humana.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 001, de 23/01/1986, no artigo 1º, considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Um fato interessante relatado por Sánchez (2008) quanto à Resolução do CONAMA 01/86 é a de que há impropriedade na definição de impactos, que felizmente não é executada na prática de avaliação de impacto ambiental nem é tomada em seu sentido restrito na interpretação. Trata-se, na verdade, de uma definição de poluição, como se observa pela menção a “qualquer forma de matéria ou energia” como fator responsável pela “alteração das propriedades químicas, físicas e biológicas” do ambiente.

Paradoxalmente, a definição de poluição dada pela Lei 6.938/81 (PNMA), reflete melhor o conceito de impacto ambiental, embora somente no que se refere a impacto negativo, como se sabe, impacto ambiental também pode ser positivo. No quadro 10 é possível apontar algumas características do conceito de impacto ambiental quando comparado ao de poluição.

Quadro 10 – Características dos conceitos de Impacto Ambiental e Poluição

1 ^a	Impacto ambiental é um conceito amplo e substancialmente distinto de poluição;
2 ^a	Poluição tem somente conotação negativa, impacto pode ser benéfico ou adverso (positivo ou negativo);
3 ^a	Poluição refere-se à matéria ou energia, ou seja, grandezas físicas que podem ser medidas e para as quais se podem estabelecer padrões (níveis admissíveis de emissão ou de concentração);
4 ^a	Várias ações humanas causam significativo impacto ambiental sem que sejam fundamentalmente associadas à emissão de poluentes (por exemplo, um parque de geradores eólicos);
5 ^a	A poluição é uma das causas de impacto ambiental, mas os impactos podem ser ocasionados por outras ações além de poluir;
6 ^a	Toda poluição (ou seja, emissão de matéria ou energia além da capacidade assimilativa do meio) causa impacto ambiental, mas nem todo impacto ambiental tem a poluição como causa.

Fonte: Adaptado de Sánchez (2008).

Enquanto Guerra e Guerra afirmam que:

Impacto ambiental é a expressão utilizada para caracterizar uma série de modificações causadas ao meio ambiente, influenciando na estabilidade dos ecossistemas. Os impactos ambientais podem ser negativos ou positivos, mas, nos dias de hoje, quando a expressão é empregada, já está implícito que os impactos são negativos. Os impactos podem comprometer a flora, fauna, rios, lagos, solos e a qualidade de vida do ser humano (GUERRA e GUERRA, 1997).

Outra definição sobre impacto ambiental é dada pela norma NBR ISO (*International Organization for Standardization*) 14.001: 2004, “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização ”(item 3.4 da norma).

Sánchez (2008) postula que o impacto ambiental pode ser causado por uma ação humana que implique:

Supressão de certos elementos do ambiente, a exemplo de supressão de componentes do ecossistema, como a vegetação; inserção de certos elementos no ambiente, como a introdução de uma espécie exótica; sobrecarga (introdução de fatores estressantes, além da capacidade de suporte do meio, gerando desequilíbrio), ou seja, qualquer poluente (SÁNCHEZ, 2008).

Nas palavras de Coelho (2009):

Impacto ambiental é, portanto, o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações (uma nova ocupação e/ou construção de um objeto novo: uma usina, uma estrada ou indústria) no ambiente. Diz respeito ainda à evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações entre forças externas e internas à unidade espacial e ecológica, histórica ou socialmente determinada. É a relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencial e dinamicamente. Os impactos ambientais são inscritos no tempo e incidem diferencialmente, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço (COELHO, 2009).

A mesma autora ainda justifica que na produção dos impactos ambientais, as condições ecológicas alteram as condições culturais, sociais e históricas, e são por elas transformadas. Como um processo em movimento permanente, o impacto ambiental é, ao mesmo tempo, produto e produtor de novos impactos. Como produto, atua como novo condicionante do processo no momento seguinte. É importante considerar que as novas condições não permanecem idênticas àquelas do início do processo.

O impacto ambiental não é, obviamente, só resultado de uma determinada ação realizada sobre o ambiente, segundo Coelho (2009): é a relação (de mudanças sociais e ecológicas em movimento). Se impacto ambiental é, portanto, movimento o tempo todo, ao fixar impacto ambiental ou ao retratá-lo em suas pesquisas o cientista está analisando um estágio do movimento que continua. Em suma, sua pesquisa tem, acima de tudo, a importância de um registro histórico, essencial ao conhecimento do conjunto de um processo, que não finaliza, mas se redireciona, com as ações mitigadoras.

3.5. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como Ferramentas na Elaboração do Diagnóstico Físico-Conservacionista

As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, diagnóstico, gestão, manejo e em outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico. Essas considerações tornam-se importantes à medida que profissionais das mais diversas áreas atuam diretamente com questões

espaciais. Entretanto, a interatividade necessária para que se possa trabalhar o meio ambiente como um todo, de forma interdisciplinar, torna necessária uma busca por ferramentas para sua concretização.

O geoprocessamento demonstra ser uma ferramenta eficaz no que diz respeito à precisão, confiabilidade e velocidade na geração de dados relativos à avaliação de um ambiente, permitindo a modelagem da realidade ambiental, tornando viável a manipulação de grande volume de dados, no qual possui um tratamento e disponibilidade rápida de um universo de informações.

Assad e Sano (1998) salientam que o termo geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias utilizadas para a coleta e tratamento das informações espaciais. As ferramentas do geoprocessamento permitem integrar dados diferenciados e processá-los, cruzando estes dados, através de *layers* (planos de informações), com estruturas matriciais e vetoriais.

O geoprocessamento é uma área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o manuseio de informações geográficas. Seu campo de aplicação é amplo, sendo utilizado na cartografia, na análise espacial de recursos naturais, no planejamento urbano - regional e também nos estudos de bacias hidrográficas (ASSAD e SANO, 1998).

Conforme Jacintho (2003) citando Star e Estes (1990); Câmara (1995) e Bonham-Carter (1996):

No universo do geoprocessamento, os programas denominados de Sistema de Informações Geográficas (SIG's) podem ser definidos como um sistema computacional, dotado de ferramentas para manipulação, transformação, armazenamento, visualização, análise e modelagem de dados georreferenciados, voltados para a produção de informação, constituindo-se de uma importante ferramenta de suporte a tomada de decisão (JACINTHO, 2003).

Star e Estes (1990) mencionam ainda que os SIG's funcionam como meio para a integração de dados espaciais adquiridos em tempos diferentes, e em diferentes escalas e formatos. Esses autores expõem ainda que os usuários de SIG normalmente desenvolvem quatro atividades principais: medição, mapeamento, monitoramento e modelagem.

Quanto ao Sensoriamento Remoto, as definições encontradas na literatura variam um pouco. Desta forma alguns autores conceituam como sendo este a ciência e a arte de obtenção de informações sobre um objeto,

área ou fenômeno através da análise dos dados obtidos por um aparelho que não esteja em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação (LILLESAND e KIEFER, 1994).

De acordo com Paredes (1994), o geoprocessamento e o sensoriamento remoto tornam-se atrativos em condições de carência de informações pelos custos relativamente baixos de implementação, facilidade de desenvolvimento e rapidez na aquisição de resultados. Suas aplicações vão desde o mapeamento e monitoramento de recursos naturais à proteção de ambientes sensíveis à exploração e degradação, ou seja, favorecem a tomada de decisão nas atividades de planejamento, licenciamento e planejamento ambiental auxiliando no desenvolvimento socioeconômico sustentado.

3.6. Diagnóstico Físico – Conservacionista

O DFC visa genericamente contribuir para a utilização racional e sustentável dos recursos naturais através do estudo das características físicas do solo, do diagnóstico da situação atual em termos de sua ocupação e da formulação de medidas capazes de corrigir eventuais desequilíbrios ambientais entre a utilização atual e o potencial dele. Garcia (2001) complementa que este diagnóstico, como mencionado anteriormente, permitirá formular medidas de controle da erosão, cheias, secas, adequação das atividades agrícolas e planejamento de ações de florestamento.

O Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) deve ser sempre o primeiro a ser elaborado em uma bacia hidrográfica, devido a sua primordial importância. Nele, são usadas técnicas de quantificação e retenção de águas das chuvas por infiltração, associadas a vários fatores correlatos, tais como: limpeza de canais e tributários, seleção de terras apropriadas para o reflorestamento, faixa de contenção, controle de áreas agrícolas e pastoris, todos os processos de conservação do solo, entre outros (são feitos planejamento para cada caso). Os benefícios obtidos são direcionados a toda população residente nas áreas estudadas, bem como a toda a fauna, a flora, ao solo e aos recursos hídricos (KURTZ *et al.*, 2003).

Ferretti (2003) menciona ainda que o DFC atua como indicador do estado de deterioração de uma bacia hidrográfica por apresentar resultados quantitativos, em especial, às áreas mais críticas, atendendo, assim, a demanda do planejamento ambiental. O estado ambiental da bacia, identificado após a sua aplicação, constitui um subsídio básico para programas de

extensão rural e/ou projetos que visem à recuperação ambiental da área, pois fornece indicativos para a racionalização do uso e manejo dos recursos.

Desta forma, o Diagnóstico Físico-Conservacionista, contribui para muitos estudos relacionados a manejo e proteção de recursos naturais. Esta metodologia foi primeiramente, desenvolvida pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT), com sede na Venezuela, e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) deste mesmo país. Beltrame (1994) coloca essa metodologia como parte de um Diagnóstico Integral da Bacia Hidrográfica (DIBH), pois além do DFC, realiza vários outros diagnósticos: socioeconômico, hídrico, fauna, solos, entre outros.

Segovia e Palma (1987) desenvolveram em Honduras o DFC na sub-bacia do Rio Concepción. A partir dos resultados obtidos, reforçam a viabilidade da aplicação da metodologia como padrão para futuros planos de manejo de BH naquele país.

Reafirmando Carvalho (2004), o Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) tem como objetivo determinar o estado de degradação ambiental de uma BH, a partir de elementos naturais, por meio de parâmetros potenciais que serão representados de forma numérica, demonstrando o grau de degradação e propiciando uma análise quantitativa quanto à conservação desses recursos.

No Brasil, o DFC foi aplicado em vários estados, como nos trabalhos realizados por Beltrame (1994) na bacia do rio do Cedro, Município de Brusque – SC; Ferretti (1998) na bacia do rio Marreca – PR; Ferretti (2003) na bacia do rio Tagaçaba – PR; Carvalho (2004), na bacia do rio Quebra – Perna, Ponta Grossa – PR; Chueh (2004) na BH do Rio Pequeno – São José dos Pinhais/PR; Farias (2006) na BH da Barragem Vaca Brava – Areia/PB; Deamo *et al.* (2009) no Córrego Pindaíba, Marimondo e Tenda, Uberlândia – MG;

O quadro 11 apresenta um comparativo entre a metodologia do DFC desenvolvida pelo CIDIAT – MARNR da Venezuela e as adaptações feitas por Beltrame que foram aplicadas na Bacia Hidrográfica do Rio do Cedro no Estado de Santa Catarina. Neste quadro percebe-se que há a troca de alguns elementos de análise. Cabe salientar que adaptações podem ser feitas, em função das características do meio físico da área onde será aplicado o DFC, por exemplo, no estudo realizado em Santa Catarina verifica-se que a análise da densidade de drenagem seria de maior importância do que a análise de

sedimentos. Portanto, houve a troca desses elementos na análise realizada. Na presente pesquisa, se dará primazia à mescla das duas linhas, tanto a aplicada pelo CIDIAT – MARNR, quanto à utilizada por Beltrame.

Quadro 11 – Metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC), desenvolvida na Venezuela e as adaptações feitas por Beltrame (1990).

Metodologia CIDIAT – MARNR (1978)	Metodologia adaptada por Beltrame (1990)	Mescla das Metodologias utilizadas na BHAP (2010)
Zona de vida	Cobertura vegetal original	Cobertura vegetal original
Vegetação por fotos aéreas	Cobertura vegetal atual, por imagens LANDSAT – TM5.	Cobertura vegetal atual, por imagens LANDSAT – TM5 e fotos aéreas.
Degradação específica	Erosividade da Chuva	Erosividade da Chuva
Declividade média	Declividade média	Declividade média
Sedimentos	Parâmetro não considerado	Parâmetro não considerado
Geologia/Erosividade das rochas	Potencial Erosivo do Solo	Potencial Erosivo do Solo
Cobertura do processo atual	Balanço Hídrico	Balanço Hídrico
Parâmetro não considerado	Densidade de Drenagem	Densidade de Drenagem

Fonte: Adaptada de MARNR (1978) e Beltrame (1990).

A metodologia utilizada pelo CIDIAT, leva em consideração a análise da Zona de Vida (ZV), a qual foi, primeiramente, desenvolvida pelo naturalista americano Clinton Hart Merriam em 1889. Este primeiro conceito de ZV descreve as áreas com comunidades semelhantes de plantas e animais, observando que as mudanças que ocorriam nestas comunidades eram semelhantes quando havia deslocamentos de latitudes e altitudes.

O DFC desenvolvido na Venezuela, no que diz respeito às ZV, utilizou o Sistema de Holdridge, o qual aprimorou o conceito desenvolvido por Merriam. O Sistema de Classificação de Zonas de Vida de Holdridge baseia-se na fisionomia ou aparência da vegetação e na composição florística e os principais fatores levados em consideração para a classificação de uma região são a biotemperatura e precipitação, ou seja, os limites das zonas de vidas são

definidos pelos valores médios anuais desses componentes, como demonstrado no gráfico 2.

Como mencionado anteriormente, o DFC tem como objetivo primordial determinar o potencial de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica. Diante disto, Beltrame (1994) bem como Chueh (2004) mencionam que com este intuito foram desenvolvidos os parâmetros de potencial de proteção ou degradação dos recursos naturais renováveis de uma BH. Estes parâmetros foram selecionados devido a sua capacidade potencial intrínseca de contribuírem para a degradação dos recursos naturais renováveis de uma BH, ou demonstrarem essa degradação.

Estes parâmetros foram expressos numericamente, segundo Beltrame (1994), por meio de uma fórmula descritiva, os quais resultaram no índice de risco de degradação física de uma BH. Para cada parâmetro evidenciado, foi definido um índice de classificação previamente estabelecido. Os parâmetros associados a seus respectivos índices aplicados na fórmula descritiva indicam uma análise qualitativa à preservação dos recursos naturais da bacia em estudo.

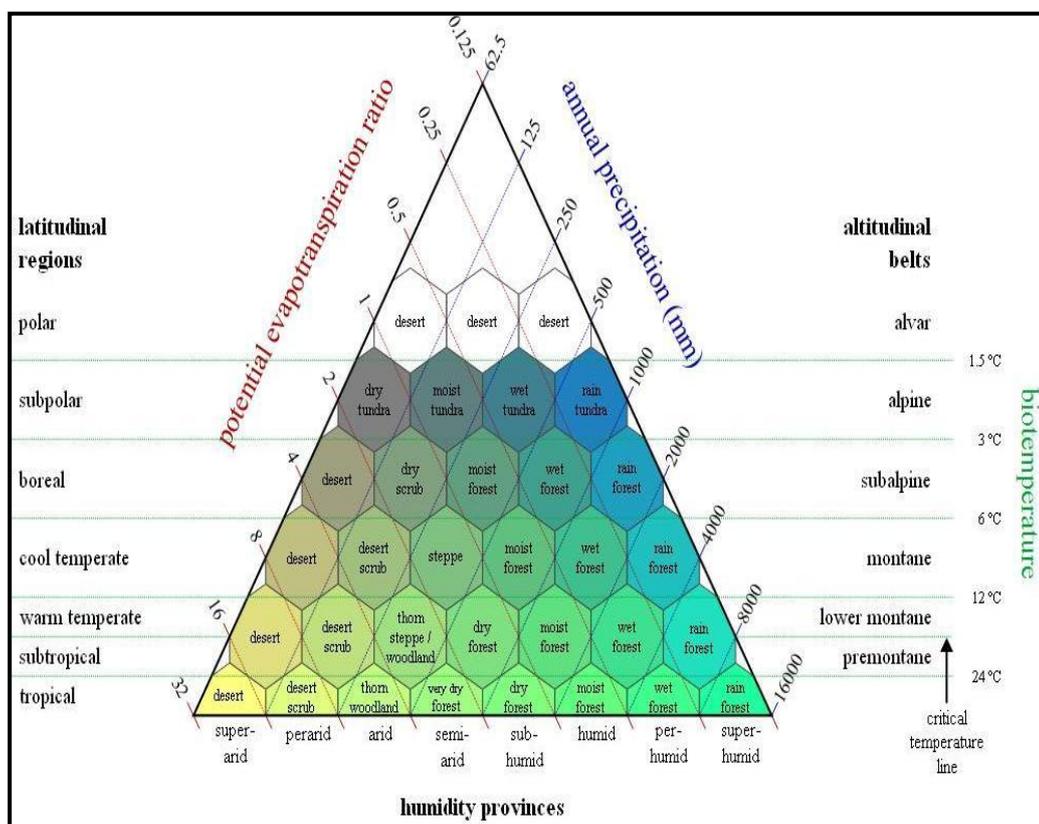


Gráfico 2: Classificação das ZV de Holdridge (1982).

Na procura de um valor numérico que fosse representativo, foi estabelecido o padrão de melhores e piores condições ambientais, ou seja, quando o somatório dos índices for mínimo em cada parâmetro significa que melhor serão as condições ambientais, e quando o somatório dos índices for máximo pior será o estado físico da área de estudo.

A metodologia apresenta, assim, o valor crítico do processo erosivo encontrado para uma dada bacia. Quanto maiores os valores dos índices de cada parâmetro, maior o potencial de risco de degradação aos recursos e vice-versa (BELTRAME, 1994).

Conforme o exposto consideram-se quatro fatores potenciais naturais de degradação física e, a partir deles, definiram-se sete parâmetros componentes da fórmula descritiva do estado físico conservacionista da área de estudo (Quadro 12).

Quadro 12- Relação entre os Fatores e os Parâmetros no DFC.

Fatores		Parâmetros
I	Vegetação	<p>A) Grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original dos setores da bacia (CO);</p> <p>B) Grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo (CA);</p> <p style="text-align: center;">CO + CA</p>
II	Clima	<p>A) Erosividade da chuva (E);</p> <p>B) Balanço hídrico dos setores da bacia (BH);</p> <p style="text-align: center;">E + BH</p>
III	Características Geológicas e Pedológicas	<p>A) Suscetibilidade da textura à erosão, associada à declividade (PE);</p> <p>B) Densidade de drenagem (DD);</p> <p style="text-align: center;">PE + DD</p>
IV	Características do Relevo	<p>(A) Declividade média, em que se observa também a geomorfologia, curva hipsométrica, altura média, coeficiente de massividade e o coeficiente orográfico. (DM).</p>

Fonte: Adaptado de Beltrame (1990).

A metodologia do DFC, segundo CIDIAT/MARNR (1978), Hidalgo (1990), Beltrame (1994), Ferretti (1998), entre outros, é um diagnóstico preliminar, necessário para o embasamento de todos os demais. Mesmo sendo genérico, é abrangente e prático na obtenção de valores objetivos que avaliem o estado físico conservacionista de uma bacia hidrográfica, de modo que servirá de base à análise da degradação física do ambiente na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

4. METODOLOGIA

4.1. Levantamento de Dados

Para o levantamento de dados necessários a execução do DFC na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, foram necessárias algumas informações prévias sobre a área de estudo, a fim de compor o cálculo dos parâmetros, que determinaram o grau de degradação ambiental.

Primeiramente, efetuou-se o levantamento bibliográfico, ou seja, um inventário documental junto a órgãos de ensino superior e governamentais, além da utilização do acervo pessoal para o reconhecimento da área de estudo e do referencial teórico, a fim de se obter o máximo de informações.

Para os levantamentos de dados e delimitação da área de estudo, foram utilizadas nove cartas topográficas (Tab. 4) da DSG (Diretoria de Serviços Geográficos do Exército Brasileiro) e do IBGE, na escala de 1: 50.000, bem como a base cartográfica digital do COREDE Sul (Conselho Regional de Desenvolvimento) na mesma escala.

Para a elaboração do mapa geológico foi utilizada a base de dados da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Brasil) em escalas de 1:250.000 e 1: 1.000.0000; mapa de solos tendo como base o estudo dos solos do Rio Grande do Sul desenvolvido pela Embrapa Clima Temperado.

Informações sobre o relevo foram extraídas a partir do mosaico gerado pelo processamento de imagens da Embrapa Monitoramento por satélite, de onde os dados foram obtidos a partir do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Através do Hidro Web, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas

(ANA), foram coletadas informações hidrológicas, como dados de estações pluviométricas e fluviométricas.

Tabela 4 – Cartas Topográficas

Nome das Cartas Topográficas	Código Internacional
Boqueirão	SH 22 3011 – 4
Canguçu	SH 22 3010 – 4
Capão do Leão	SH 22 3019 – 4
Ilha da Torotama	SH 22 3020 – 4
Lagoa Pequena	SH 22 3020 – 2
Monte Bonito	SH 22 3020 – 1
Passo das Pedras de Cima	SH 22 3019 - 2
Pelotas	SH 22 3020 – 3
Santa Silvania	SH 22 3011 – 3

Fonte: Organizada pela autora.

A análise de fotografias aéreas foi realizada a partir do acervo da UFRGS e da ALM-UFPel (Agência da Lagoa Mirim), também foram utilizadas imagens *LandSat (Land Remote Sensing Satellite)*, satélite L5, sensor TM (*Thematic Mapper*), órbita 221/ponto 82 e órbita 222/ponto82, disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

4.2.Determinação dos Parâmetros do Diagnóstico Físico-Conservacionista

Como mencionado no tópico anterior, à análise do DFC parte da análise de quatro fatores e estes dão origem a sete parâmetros. Parâmetros estes que serão determinados em:

- Parâmetro CO→ cobertura vegetal original: caracteriza-se por definir o tipo de vegetação que deveria existir originalmente de acordo com algumas características fitogeográficas e/ou edáficas. À medida que se obtém os dados necessários das características deste parâmetro, há a necessidade de se elaborar um mapa correspondente, e correlacioná-

lo com o uso do solo, verificando, assim, o grau de semelhança entre a vegetação que existe atualmente e a original. O resultado é associado a um índice que indicará o grau de semelhança que comporá a fórmula descritiva final;

- Parâmetro CA → cobertura vegetal atual: define o grau de proteção do solo proporcionado pelo tipo de cobertura existente. Também se deve elaborar um mapa dos tipos de uso do solo da bacia, e calcular as áreas ocupadas conforme os tipos de uso das mesmas. É uma classificação qualitativa, em que o grau de proteção proporcionado pelos tipos de cobertura será relacionado com índices numéricos específicos, que posteriormente serão acrescentados na fórmula descritiva final;
- Parâmetro E → erosividade da chuva: corresponde à quantidade de solo que se perde pela erosão causada pelas chuvas;
- Parâmetro (BH) → balanço hídrico: é a relação da entrada e saída de água no solo. Desequilíbrios no balanço hídrico poderão causar danos irreversíveis sobre os recursos naturais renováveis da área de estudo, sendo considerado um indicador potencial natural de degradação e/ou conservação física da bacia hidrográfica.
- Parâmetro (PE) → potencial erosivo do solo: é a erodibilidade dos solos, ou seja, a suscetibilidade que apresentam de erodirem em diferentes taxas, devido às diferenças em suas propriedades e seus diversos usos. Assim, são componentes importantes para este parâmetro a geologia, em um contexto mais amplo, pois oferece informações sobre a gênese, formação e transformações ocorridas no substrato rochoso da área estudada. A geomorfologia, que orienta as características do relevo, e deve ser relacionada com a litologia. As características morfológicas e o comportamento geral dos solos também são fatores que associados à suscetibilidade à erosão, podem estabelecer um índice referente a este aspecto. Esta característica, integrada à declividade do solo, comporá o parâmetro potencial de erosividade.
- Parâmetro (DD) - densidade de drenagem: é o potencial da bacia e de seus setores em permitir maior ou menor escoamento superficial da

água, o qual, por sua vez, conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação dos canais.

Após a análise dos índices obtidos em cada um dos parâmetros (Tab. 5), aplica-se a fórmula descritiva final, a qual se expressa como:

$$E(f) = CO_a + CA_b + DM_c + E_d + PE_e + DD_f + BH_g$$

Tabela 5 – Descrição da Fórmula Descritiva Final

Parâmetro	Descrição
<i>E(f)</i>	Estado físico ambiental do setor que é proporcional aos parâmetros.
<i>CO_a</i>	Grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a cobertura vegetal atual; “a” é o índice específico do parâmetro.
<i>CA_b</i>	Cobertura vegetal atual relacionada com a proteção fornecida; “b” é o índice específico do parâmetro.
<i>DM_c</i>	Declividade média; “c” é o índice específico do parâmetro.
<i>E_d</i>	Erosividade da chuva; “d” é o índice específico do parâmetro.
<i>PE_e</i>	Potencial erosivo do solo; “e” é o índice específico do parâmetro.
<i>DD_f</i>	Densidade de drenagem; “f” é o índice específico do parâmetro.
<i>BH_g</i>	Balanço hídrico; “g” é o índice específico do parâmetro.

Fonte: Adaptação de Beltrame (1994).

5. APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PELOTAS

5.1. Setorização da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas

Para realizar a setorização da BHAP, foram considerados critérios geológicos, hidrográficos (linha de divisores de águas) (Fig. 25), a declividade (Fig. 26) e a hipsometria (Fig. 27).

Posteriormente a análise dos critérios, foi definida a linha divisória que deu origem aos setores, os quais foram definidos como setor A e setor B (Fig.28). Esta divisão ocorreu principalmente pelas características geológicas da área de estudo, ou seja, a Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, está inserida em duas províncias geológicas, o ESRG e a PCRS, na qual a linha de contato entre estas serviu como divisor dos setores.

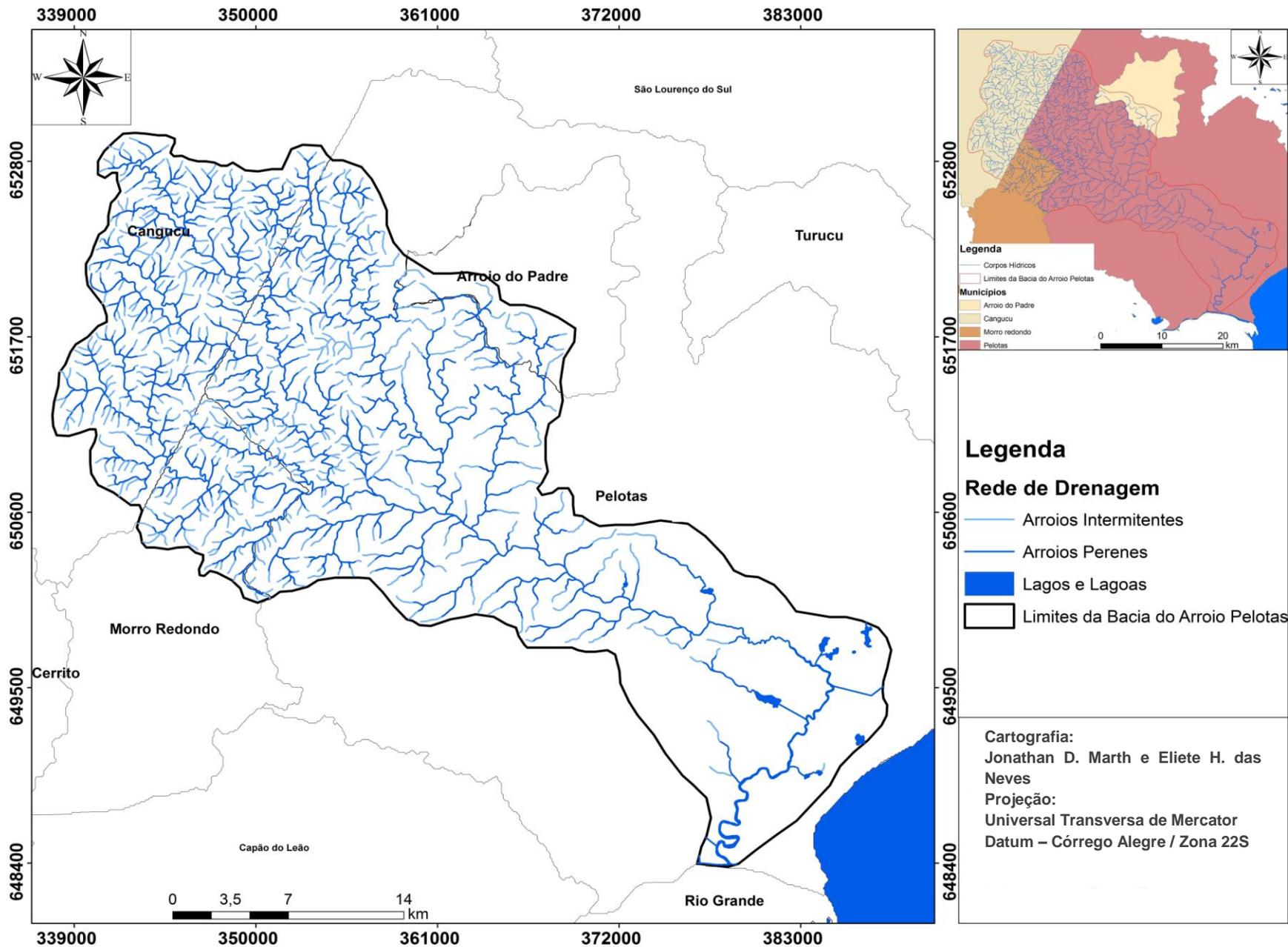
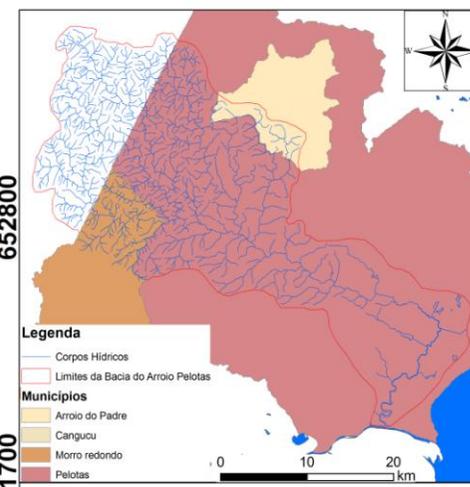
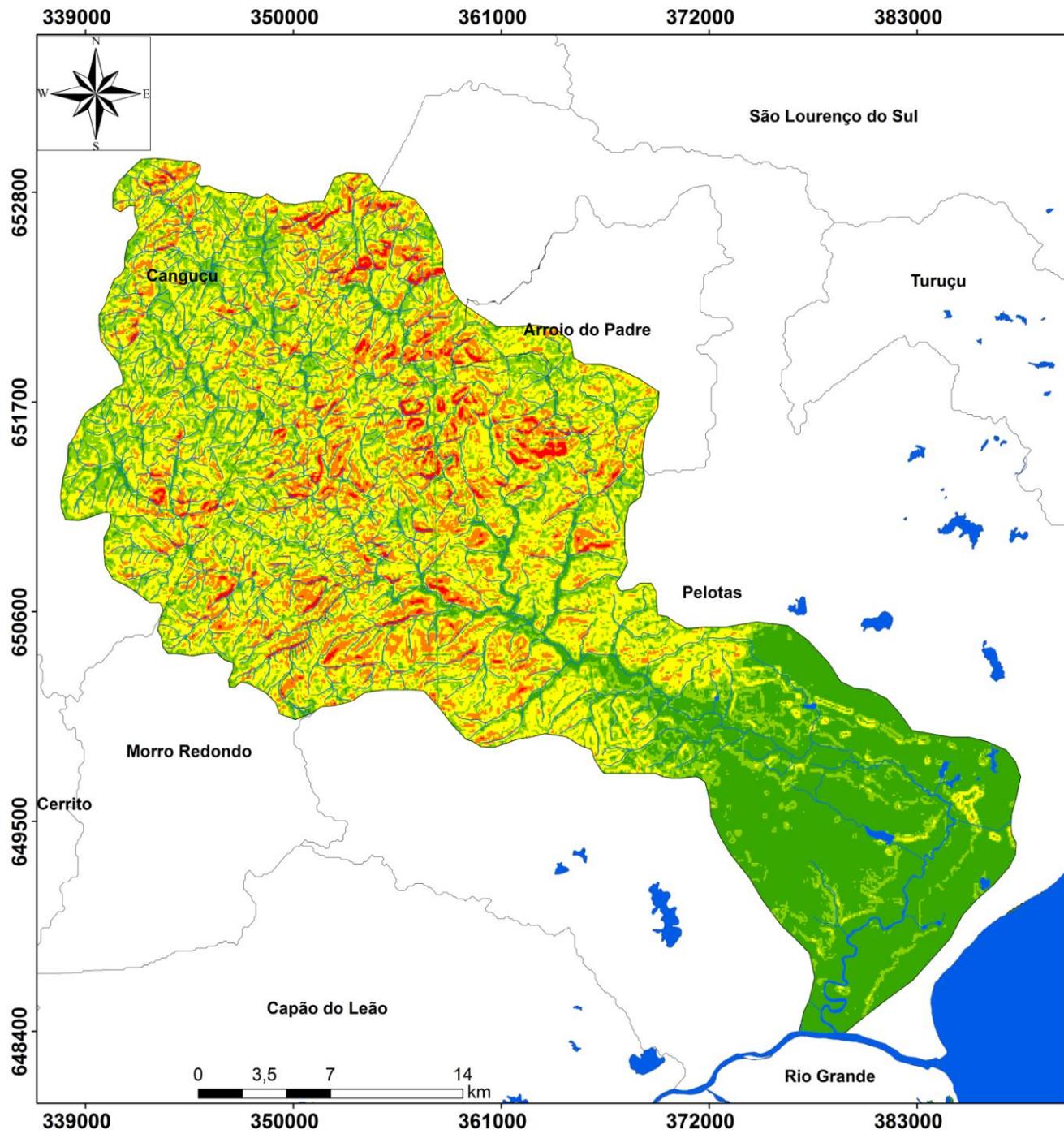


Figura 25: Mapa da Rede de Drenagem da BHAP.



Cartografia:
Jonathan D. Marth e Eliete H. das Neves
Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Datum – Córrego Alegre / Zona 22S

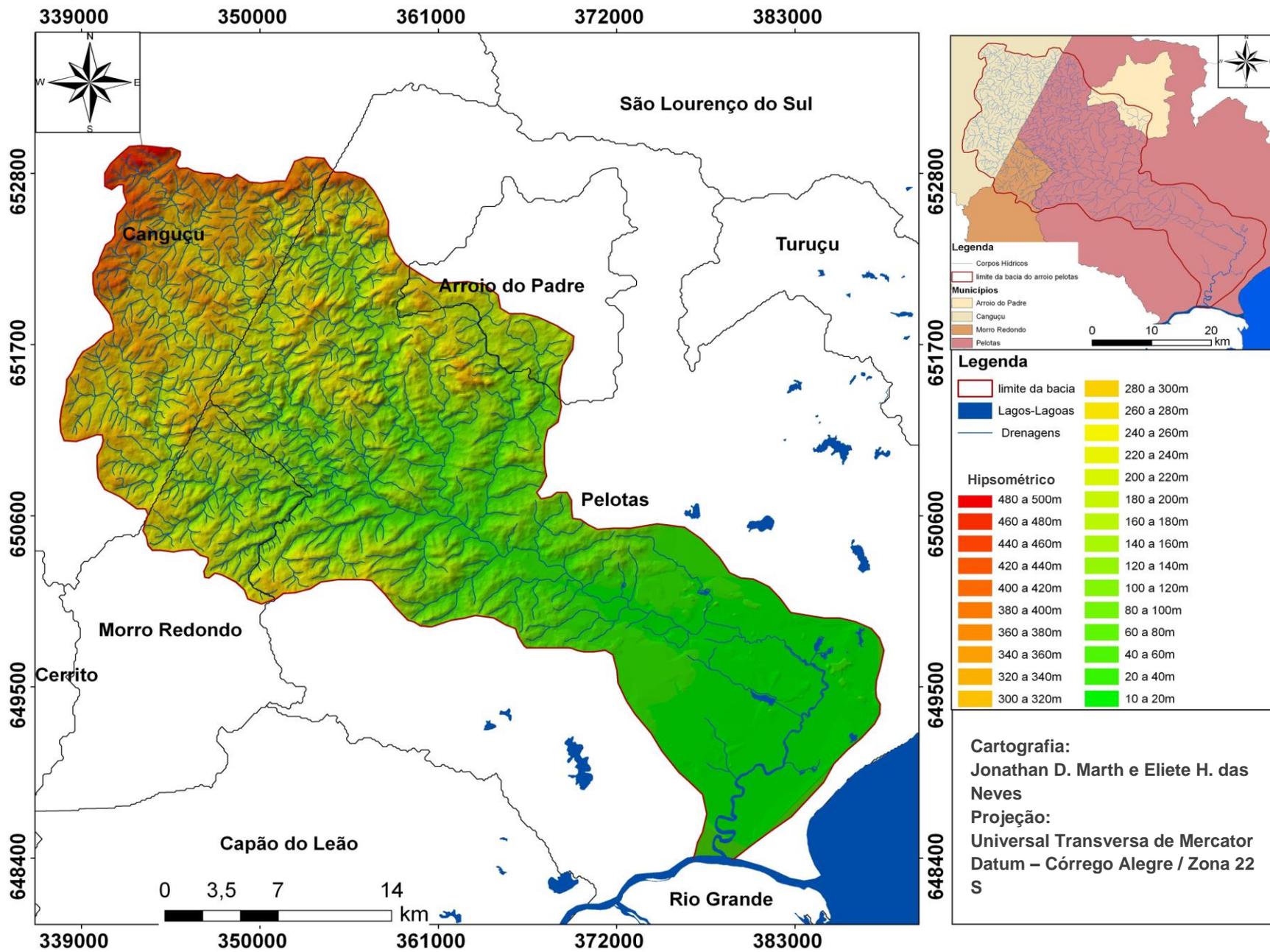


Figura 27: Mapa Hipsométrico da BHAP.

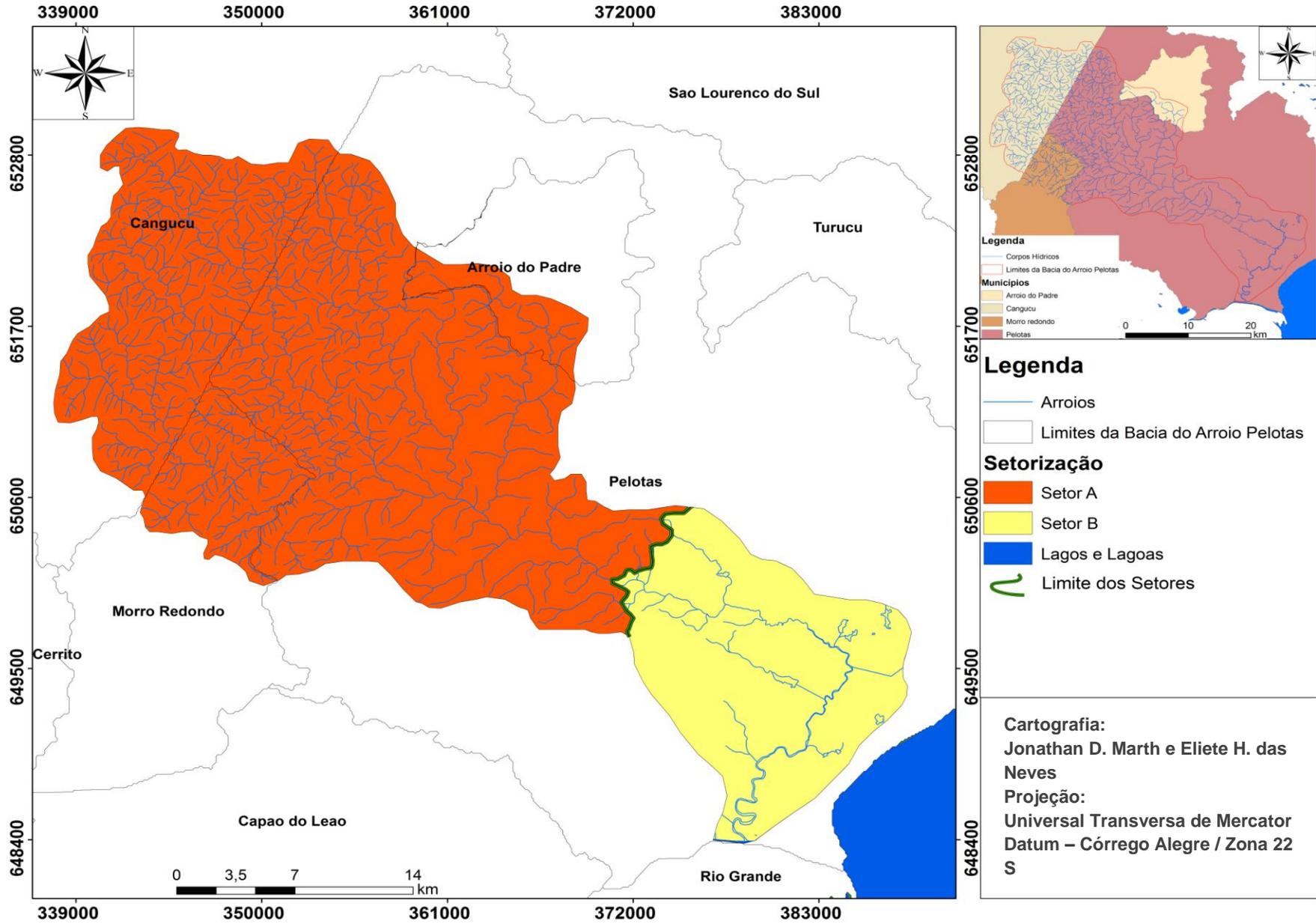


Figura 28: Mapa de setorização da BHAP.

O setor A, corresponde à parte da BHAP, onde se encontram as maiores altitudes, abrangendo as nascentes do Arroio Pelotas e da maioria dos tributários. As altitudes variam em torno de 480m até a cota de 100m que é a linha divisória entre o setor A e B, representando as menores altitudes deste setor.

Esse setor foi definido em razão da declividade, da hipsometria e principalmente pela geologia, do qual pode ser percebido a “ruptura” e passagem de unidades geológico-geomorfológicas. O padrão de drenagem é do tipo dendrítico (Fig. 29), como em toda a BHAP, ou seja, arborescente, ou que lembra as nervuras de uma folha vegetal com diversas ramificações, que constituem seus afluentes; os canais fluviais estão dispostos de duas formas: retilíneos (alto curso) e meandrícos (médio curso).

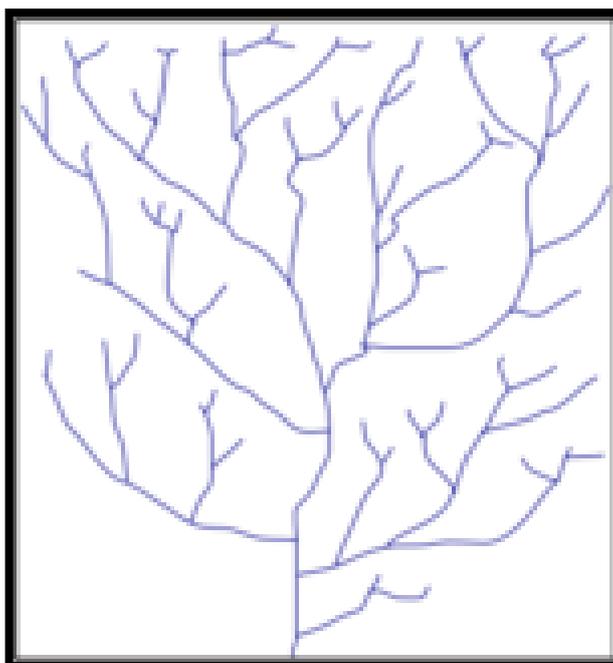


Figura 29: Padrão Dendrítico. Fonte: Christofolletti (1981).

O setor A abrange uma área de 699km², que correspondem a 75,73% da área total da BHAP. As declividades predominantes neste setor estão compreendidas entre 12% a 56%.

O setor B corresponde à parte inferior da bacia, apresentando menor área, ou seja, totalizando a 224 km², ocupando 24,27 % do total da bacia, possui altitudes em torno de 10m a 80m, com classes de declividades variando

entre 12% a < 6%. Este setor situa-se na unidade relativa à Planície Costeira e/ou Terras Baixas Costeiras.

No gráfico 3 é possível observar a área de cada setor, representada tanto em quilômetros quadrados, quanto em porcentagem na BHAP.

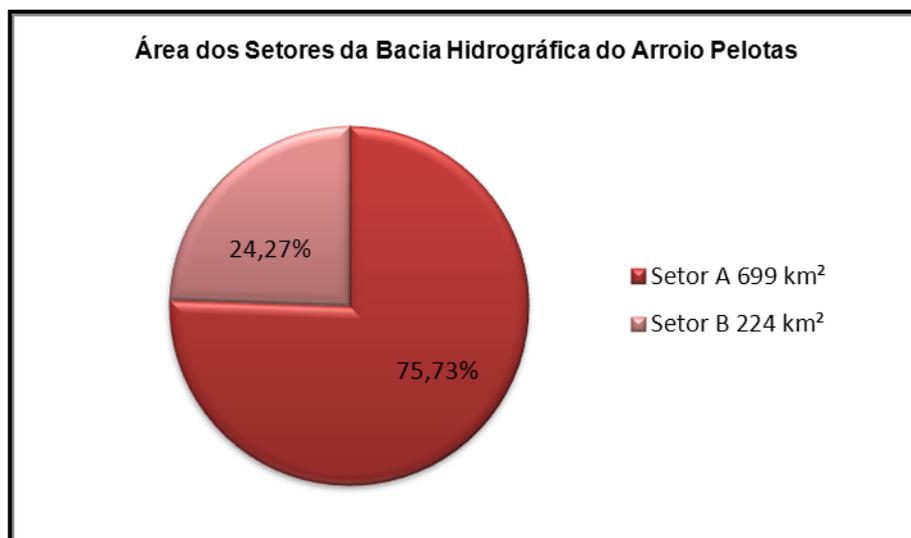


Gráfico 3: Área dos setores da BHAP. Fonte: autora.

5.2. Aquisição dos Índices dos Parâmetros

5.2.1. Cobertura Vegetal Original (CO)

Neste parâmetro obtiveram-se resultados referentes à cobertura vegetal original (CO), na qual a área da pesquisa divide-se em duas formações principais: No setor A encontra-se a Floresta Estacional Semidecidual, também conhecida por Floresta Estacional Caducifólia, caracterizando-se pela estacionalidade fisiológica das plantas que constituem essa formação, ou seja, formação vegetal característica de condições climáticas com temperaturas médias mensais abaixo de 14°C no período de inverno (IBGE, 1992). Este tipo de cobertura vegetal se apresenta na área de estudo dividida em quatro tipologias, as quais estão relacionadas à altitude: Florestas Aluviais (ao longo do curso dos rios); Floresta de Terras Baixas (até 30m); Floresta Submontana (30 a 400m) e Floresta Montana (acima de 400m).

No Setor B encontra-se a Formação Pioneira, que está relacionada, segundo IBGE (1992), a uma vegetação de primeira ocupação de caráter edáfico, que ocupa os terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições de

areias marinhas nas praias e restingas, os aluviões nas embocaduras dos rios e os solos ribeirinhos fluviais e lacustres. São essas as formações que se consideram como pertencentes “ao complexo vegetacional edáfico de primeira ocupação”. São encontradas espécies herbáceas e arbóreas.

Como mencionado por Chueh (2004), os resultados caracterizam-se por serem informações “hipotéticas”, baseadas em informações extraídas de bibliografias que contemplam a área de estudo. No quadro 13 esta apresenta-se a classificação quanto ao grau de semelhança entre a vegetação atual e a original, estas informações foram obtidas a partir do mapa de cobertura vegetal original (Fig. 30), tendo como base o mapa de unidades de vegetação do RS – RADAM (IBGE, 2010) e o mapa de uso do solo. De modo que, perante estas informações, foi possível chegar próximo do que era a cobertura vegetal original na BHAP.

Deve ser lembrado que o grau de semelhança atribuído refere-se às características de densidade da cobertura vegetal, não considerando-se a semelhança botânica entre as espécies originais e atuais (BELTRAME, 1994). Na tabela 6 são apresentados os resultados do nível de semelhança da cobertura vegetal original nos setores A e B da área de estudo.

Estes resultados foram generalizados, ou seja, para cada setor foi quantificado os valores totais de cada tipo de variação dentre as duas formações de vegetação que configuram o mosaico do parâmetro CO na BHAP.

Quadro 13 – Grau de Semelhança entre a Cobertura Vegetal Original e Atual

Grau de Semelhança	Índice	Níveis
81 – 100%	CO1	Altamente Semelhante
61 – 80%	CO2	Semelhante
41 – 60%	CO3	Mediamente Semelhante
21 – 40%	CO4	Baixa Semelhança
0 – 20%	CO5	Nenhuma Semelhança

Fonte: Adaptado de MARNR (1978).

Tabela 6 – Nível de Semelhança da Cobertura Vegetal Original e Atual, nos Setores da BAHP

Setor	Área (Original/ha)	Área (Atual/ha)	% no Setor	Nível de Semelhança	Índice
A	19.057,9	11.396,6	59,8	Mediamente Semelhante	CO3
B	5.715,8	2.297,7	40,2	Baixa Semelhança	CO4

Fonte: Elaborado pela autora.

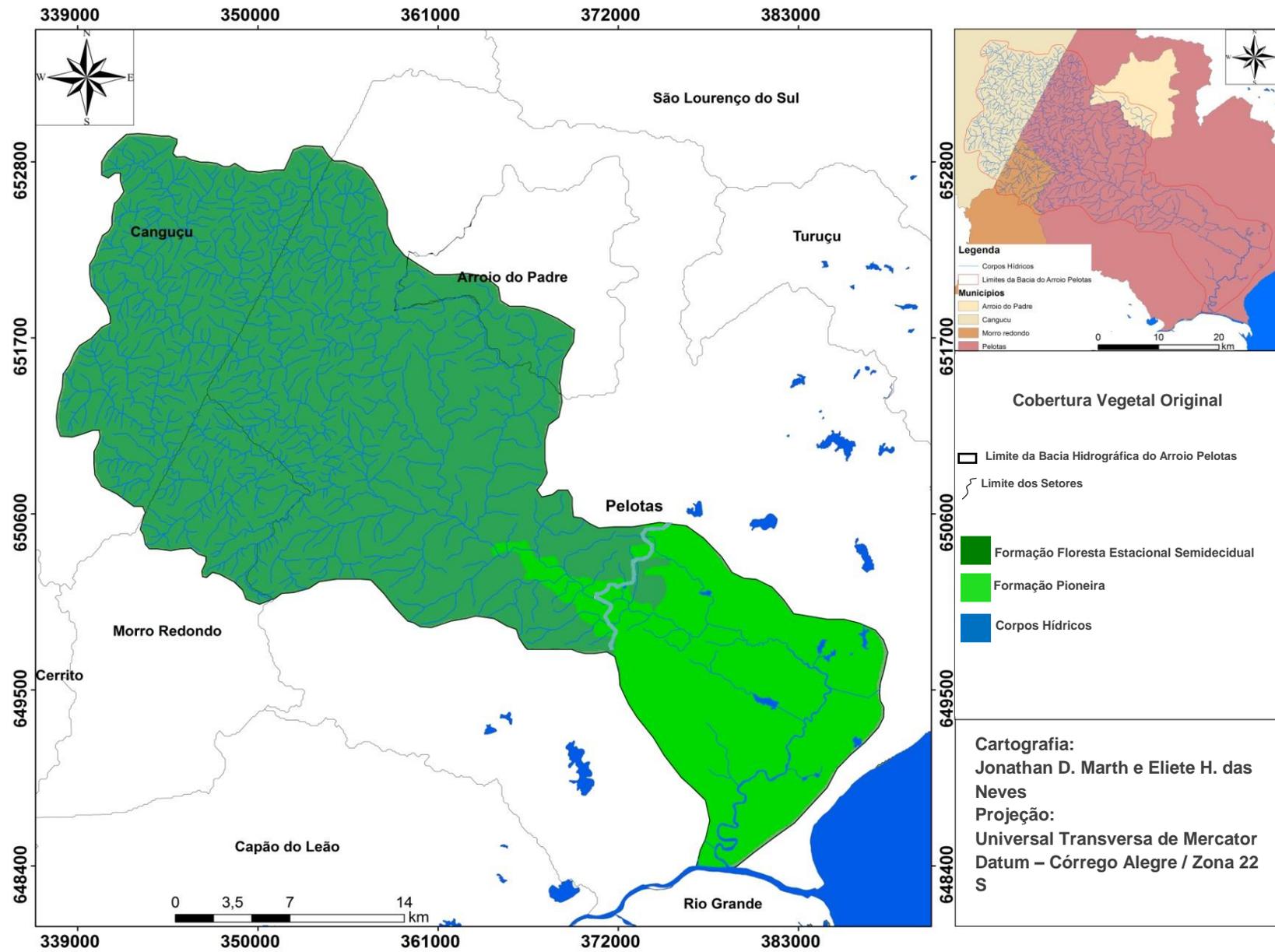


Figura 30: Mapa de Cobertura Vegetal Original (CO) da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

5.2.2. Cobertura Vegetal Atual (CA)

Neste parâmetro foi analisado o grau de proteção que a cobertura vegetal proporciona ao solo, tendo em vista que esta atua como uma “blindagem”, ou seja, é a defesa natural da superfície contra a desestruturação do solo, passando a oferecer maior resistência à ação dos processos erosivos.

Anterior ao cálculo do parâmetro CA, é necessário identificar as classes de uso do solo, por setores, na BHAP. As classes adotadas nesta pesquisa foram estabelecidas a partir da classificação feita pelo IBGE para o projeto “Mapeamento de Cobertura e Uso da Terra do Rio Grande do Sul em Detalhe”, na escala de 1:250.000; sendo preciso reclassificar algumas áreas quanto ao tipo de uso e adequar a escala de trabalho.

Para a reclassificação, utilizou-se a imagem de satélite LANDSAT 5; sensor TM (*Thematic Mapper*) com 30 metros de resolução espacial; cena 221/82; bandas 453 RGB (Infravermelho próximo, infravermelho médio e vermelho) com datas de 06/10/1985 e 28/10/2011. Utilizou-se a técnica de classificação supervisionada Máxima Verossimilhança (Max-Ver / esta técnica baseia-se na escolha de áreas que possam ser representativas para a determinação de feições conhecidas).

A classificação Max-Ver foi a que demonstrou melhor desempenho, gerando a menor matriz de confusão. A elaboração foi desenvolvida no *Software* ENVI 4.2, posterior a classificação foi aplicado o índice *Kappa* (Quadro14) para confirmar a qualidade das classificações, as quais obtiveram os resultados que estão expressos na tabela 7, esta informação foi obtida a partir da Matriz de Confusão (*Confusion Matrix*, neste mesmo *software*).

Após estes procedimentos foram definidos os tipos de usos e suas respectivas áreas na BHAP, apresentados no quadro 15, e também foram elaborados mapas de usos dos solos (Figs. 31 e 32) em anos diferentes para que fosse possível fazer uma análise temporal da cobertura e uso do solo na BHAP. Na tabela 8 apresenta-se um comparativo do uso do solo nos três anos analisados.

Quadro 14 – Qualidade da Classificação Associada ao Índice Kappa

Valor Kappa %	Qualidade
< 0,00	Péssima
0,01 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito Boa
0,81 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977)

Tabela 7 – Valor do índice Kappa e Exatidão Global

Ano	Índice Kappa %	Exatidão Global Acurácia %	Qualidade
1985	0,7657	82,79	Muito Boa
2011	0,9269	94,89	Excelente

Fonte: Elaborado pela autora.

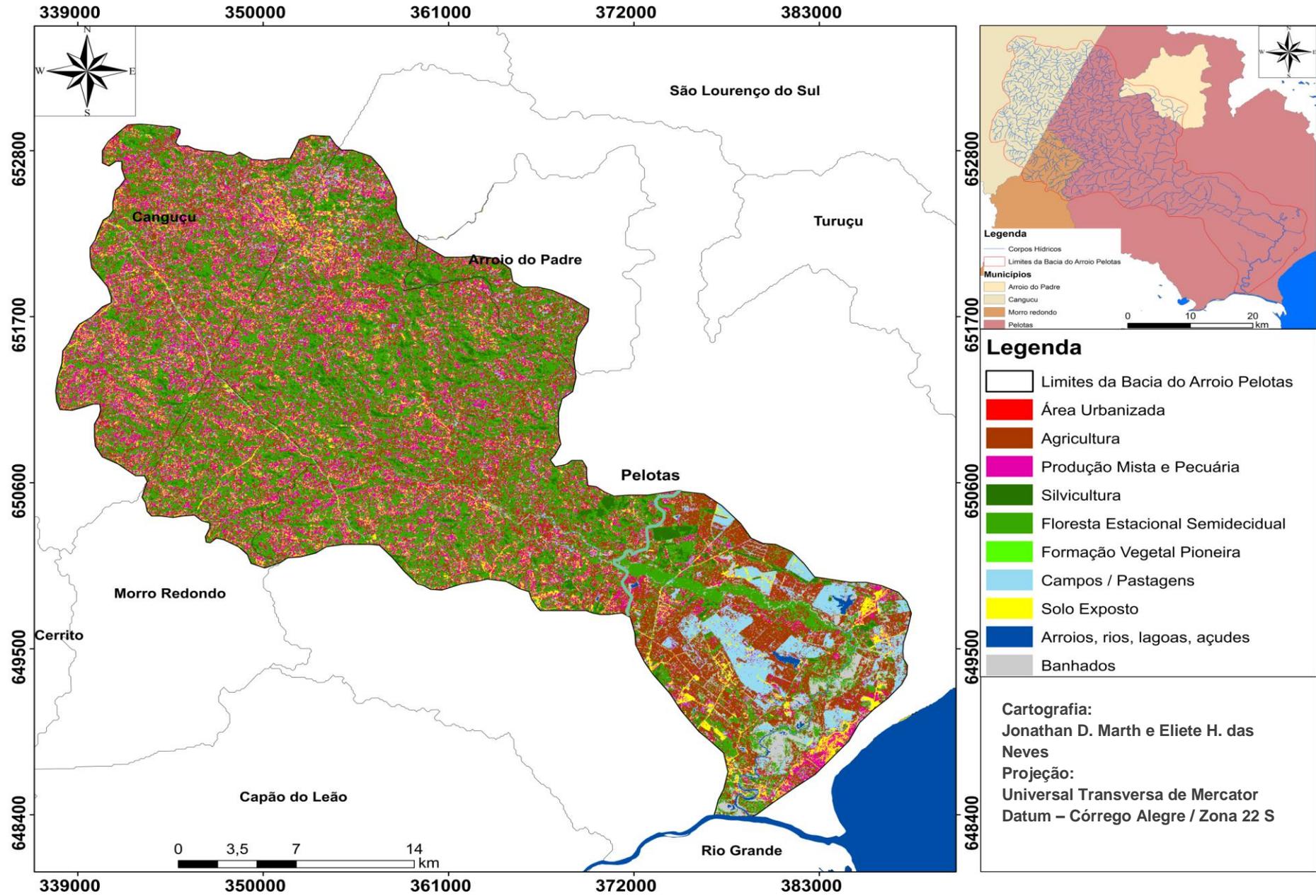


Figura 31: Mapa de Uso do Solo na BHAP em 1985.

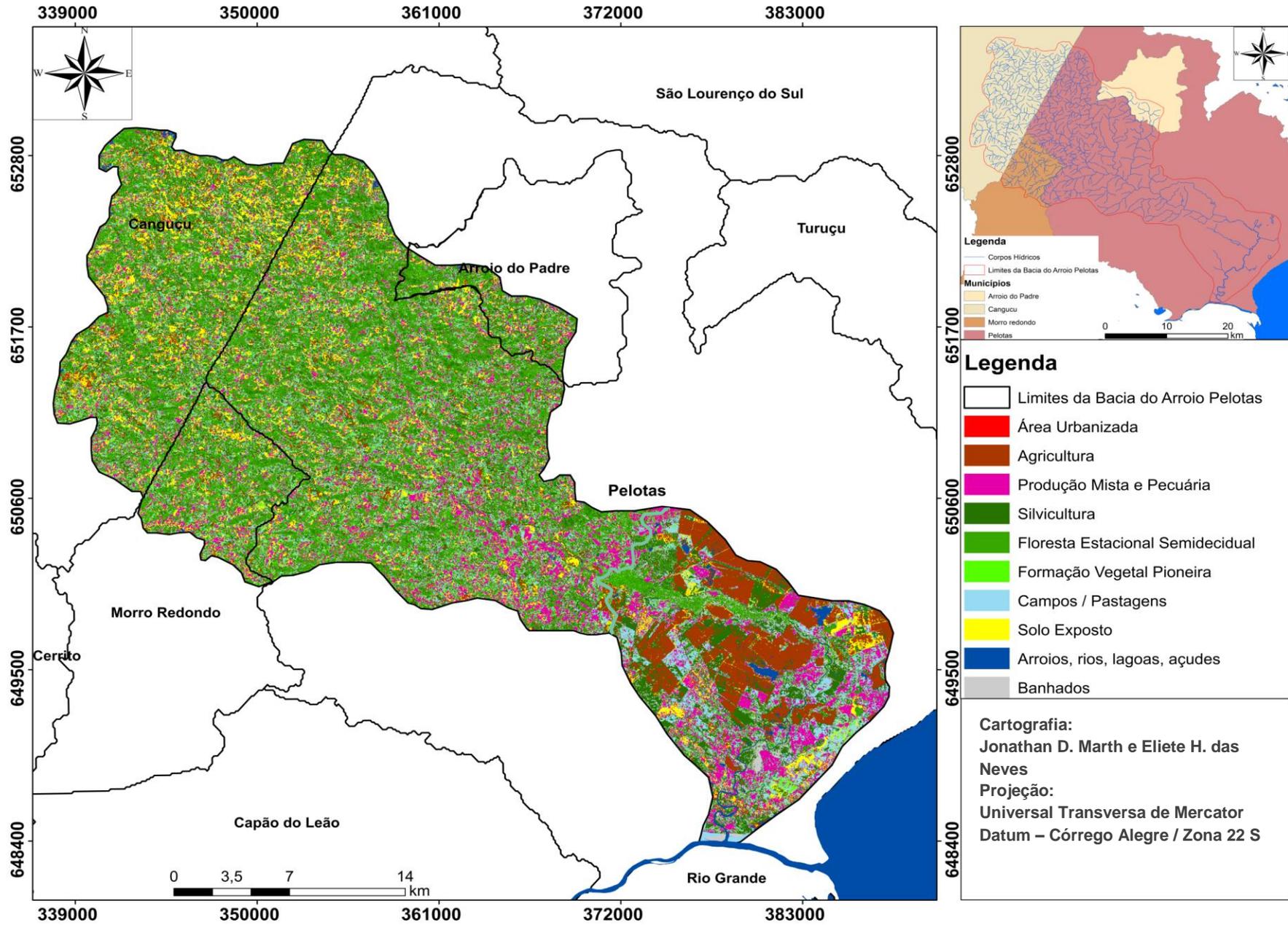


Figura 32: Mapa de Uso do Solo na BHAP em 2011.

Quadro 15 – Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas em 2011

Classes de Uso	Setor A		Setor B		BHAP	
	ha	%	ha	%	ha	%
Área Urbanizada	0,1037	0,21	0,2903	0,65	0,3940	0,4
Culturas Temporárias						
Orizicultura Soja Milho Fumo } Agricultura	13.672	28,96	17.260	38,26	30.932	33,5
Culturas Permanentes						
Citricultura Persicultura Viticultura Pecuária } Produção Mista	6.900	14,63	4.052	8,99	10.952	11,9
Reflorestamento						
Silvicultura	3.662	7,76	0,770	1,71	4.432	4,8
Campos / Pastagens	7.240	15,35	6.722	14,90	13.962	15,1
Solo Exposto	0,1711	0,37	0,1089	0,25	0,2800	0,3
Vegetação						
Formação Pioneira Floresta Estacional Semidecidual }	12.603	26,71	8,626	18,94	21.229	23,0
Água						
Açudes Arroios Banhados Lagos e lagoas Rios }	2.838	6,01	7.355	16,03	10.193	11,0
Total Aproximado	47.189	100	45.111	100	92.300	100

Fonte: Elaborado pela autora.

No quadro 16 foi identificado o uso do solo na BHAP, no ano de 1985, para que fosse comparado com o uso do solo em data mais atual, no caso o ano de 2011.

Quadro 16 – Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas em 1985

Classes de Uso	Setor A		Setor B		BHAP	
	ha	%	ha	%	ha	%
Área Urbanizada	0,1192	0,26	0,1710	0,38	0,2902	0,33
Culturas Temporárias						
Agricultura	14.066	30,11	17.757	38,78	31.823	34,42
Culturas Permanentes						
Produção Mista / Pecuária	6.369	13,64	3.739	8,2	10.108	10,97
Reflorestamento						
Silvicultura	2.015	4,31	0,424	0,93	2.439	2,62
Campos / Pastagens	8.360	18,0	7.768	17,0	16.128	17,42
Solo Exposto	0,0912	0,20	0,1434	0,31	0,2346	0,27
Vegetação						
Formação Pioneira Floresta Estacional Semidecidual	12.791	27,2	11.334	24,8	24.125	26,15
Água						
Açudes, arroios, banhados, lagoas e rios.	2.904	6,21	4.310	9,6	7.214	7,82
Total Aproximado	46.714	100	45.586	100	92.300	100

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 8 – Dados de Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas em 1985 e 2011.

Cobertura do Solo	1985		2011	
	ha	%	ha	%
Floresta Estacional Semidecidual	13.126	15,84	13.213	16,13
Formação Pioneira	10.998	13,26	8.016	9,81
Silvicultura	2.439	2,94	4.432	5,41
Campos / Pastagens	16.128	17,04	13.963	17,04
Agricultura / Pecuária	41.931	50,56	41.882	51,13
Áreas Urbanizadas	0,2903	0,35	0,3941	0,48
*Total	84.912	100	81.900	100

*Nestes dados não estão inseridos os valores de solo exposto e água.

Fonte: Elaborada pela autora.

Adaptando-se as relações de proteção da cobertura vegetal atual proposta por Hidalgo (1990) e Beltrame (1994), aos índices de proteção para as classes de uso do solo na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, elaborou-se o índice de proteção por tipologia de uso, apresentado na tabela 9.

Tabela 9 – Índice de Proteção ao Solo por Tipo de Uso

Cobertura do Solo	Índice de Proteção
Floresta Estacional Semidecidual	1,0
Formação Pioneira	0,8
Silvicultura	0,7
Campos / Pastagens	0,5
Agricultura / Pecuária	0,4
Áreas Urbanizadas	0,2

Fonte: Adaptado de Hidalgo (1990) e Beltrame (1994).

Para obter o índice final de proteção fornecida ao solo pela cobertura vegetal atual de cada setor da BHAP, executaram-se cinco etapas:

- a) Para cada tipo de cobertura vegetal, foram determinadas as áreas através do *software ENVI 4.2*. Determinando-se, assim, os valores da coluna (1) da tabela 10;
- b) Na coluna (2) foram colocados os respectivos índices de proteção de cada tipo de cobertura existente em cada setor, de acordo com a tabela apresentada anteriormente;
- c) A coluna (3) é o produto da coluna (1) pela (2);
- d) Somam-se os valores da coluna (3).
- e) O índice de proteção total por setores é obtido então, dividindo-se o valor da somatória da coluna (3) pela somatória da coluna (1).

Tabela 10 – Tipos de Uso do Solo e Índice de Proteção ao Solo, por Área de cada Classe Agrupada por Setores.

Setor	Cobertura do Solo	A (ha) (1)	Índice de Proteção (2)	Superfície Reduzida (3)	Índice de Proteção Total por Setor
A	Floresta Estacional Semidecidual	11.888	1,0	11.888	
	Formação Pioneira	0,715	0,8	0,572	
	Silvicultura	3.662	0,7	2.563	
	Campos / Pastagens	7.329	0,5	3.664	
	Agricultura / Pecuária	20.572	0,4	8.228	
	Áreas Urbanizadas	0,1037	0,2	0,020	
Total		44.269		26.935	0,60
B	Floresta Estacional Semidecidual	1.325	1,0	1.325	
	Formação Pioneira	7.301	0,8	5.840	
	Silvicultura	0,770	0,7	0,539	
	Campos / Pastagens	6.811	0,5	3.405	
	Agricultura / Pecuária	21.312	0,4	8.524	
	Áreas Urbanizadas	0,2903	0,2	0,058	
Total		37.809		19.691	0,52

Fonte: Elaborada pela autora.

Obtido o índice de proteção total por setor, associa-se este valor a um símbolo (Tabela 11), que irá compor a fórmula descritiva final do DFC. Na tabela 12, sintetizam-se os respectivos índices e símbolos de proteção oferecidos pela cobertura vegetal a cada setor da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

Tabela 11 – Índice e Símbolo de Proteção Total da Vegetação

Índice de Proteção total	Símbolo
1,0	CA1
0,8 – 0,99	CA2
0,6 – 0,79	CA3
0,4 – 0,59	CA4
0,2 – 0,39	CA5
0,0	CA6

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994).

Tabela 12 – Síntese da Proteção Oferecida pela Cobertura Vegetal por Setores

Setores	Índices	Símbolos
A	0,60	CA3
B	0,52	CA4

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2.3. Declividade Média (DM)

O parâmetro da declividade média é utilizado para caracterizar o relevo dos setores de uma bacia hidrográfica. O valor numérico encontrado comporá a fórmula descritiva para cada setor da área de estudo.

Para obter os valores da DM dos setores A e B, foram extraídos dados através dos programas ArcGIS 9.3 e gvSIG 1.11.0, onde foram medidas as longitudes totais das curvas de nível de cada setor (obtido através de média aritmética). Através dos programas encontrou-se a equidistância entre as curvas, a qual é de 20 metros, e posteriormente os dados obtidos foram aplicados na expressão abaixo para determinar a DM de cada setor.

$$DM = \frac{L. C. N \times E}{A}$$

Onde:

DM: Declividade média (km/km²);

L. C. N: Longitude (extensão) das curvas de nível (km) por setor;

E: Equidistância entre as curvas de nível (m);

A: Área (km²).

No quadro 17 foram estabelecidas as classes de declividade, formas de relevo e os índices utilizados no DFC na área pesquisada. Após a associação das classes de declividade à respectiva forma de relevo, foram estabelecidos na tabela 13 os resultados obtidos na fórmula anteriormente mencionada, obtendo-se a classificação da DM nos dois setores da BHAP.

Quadro 17– Classes de Declividades, Relevo e Índices Utilizados na Bacia do Arroio Pelotas

Declividades	Relevo	Índices
0 - 5%	Plano	DM1
5 – 12%	Ondulação Suave	DM2
12 – 26%	Ondulado	DM3
26– 45%	Ondulação Moderada	DM4
>45%	Ondulação Forte	DM5

Fonte: Adaptado de DE BIASI (1992).

Tabela 13 – Classificação da Declividade Média nos Setores A e B

Setor	L. C. N (km)	E (m)	A (km ²)	DM (%)	Relevo	Índice
A	581,0	20	699	16,62	Ondulação Moderada	DM4
B	42,41	20	244	3,78	Plano	DM1

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2.4. Erosividade da Chuva (E)

A erosividade da chuva caracteriza-se como a quantidade de solo que se perde pela erosão causada pela chuva. Os dados foram obtidos na Estação Agrometeorológica de Pelotas (EMBRAPA/UFPel), localizada nas coordenadas 31° 52' 00" S e 52° 21' 24" W e Estação Encruzilhada do Sul (30°31'00" S e 52°30'03" W.

Para elaborar o cálculo da perda de solo foi utilizada a equação desenvolvida por Bertoni e Moldenhauer (1980, *apud*, Bertoni e Lombardi, 1985), uma vez que este método demonstrou ser o mais viável e prático para avaliar o parâmetro E.

$$E = 6,886 (p^2/P)^{0,85}$$

Onde:

E: Média mensal do índice de erosão (t/ha.mm/h);

p: Precipitação média mensal (mm);

P: Precipitação média anual (mm).

No quadro 18, encontra-se a classificação da erosividade, para o Estado do RS, com respectivo símbolo. E na tabela 14 estão expressos os índices de erosividade da chuva para os setores da BHAP.

Quadro 18 – Classificação da Erosividade para o Estado do Rio Grande do Sul

Índice (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	Qualificação	Símbolo
< 4910,0	Erosividade débil	E1
4910,0 – 7365,0	Erosividade média	E2
7365,0 – 9820,0	Erosividade forte	E3
> 9820,0	Erosividade muito forte	E4

Fonte: Adaptado de Lago (2000)

Tabela 14– Parâmetro E por Setor da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas

Setor	Índice (MJ.mm.ha ⁻¹ h ⁻¹)	Qualificação	Símbolo
A	7653,0	Erosividade Forte	E3
B	5509,4	Erosividade Média	E2

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2.5. Potencial Erosividade do Solo (PE)

A erosão é um processo natural de evolução da paisagem, entretanto a velocidade deste processo varia com a suscetibilidade dos solos a erosão, decorrentes de fatores naturais como erosividade da chuva, as propriedades do solo (textura, densidade, porosidade, teor de matéria orgânica e pH), cobertura vegetal, as características do relevo, bem como as formas de uso e ocupação do solo. Beltrame (1994) salienta que, quando a ação antrópica atua acelerando os processos de erosão, tem-se a chamada erosão acelerada.

Em uma visão geral, as principais causas da erosão acelerada são o desmatamento, o cultivo inadequado das terras, a abertura de estradas e a ocupação urbana. Conseqüentemente, ocorre a desestruturação das terras agrícolas, o assoreamento de cursos d'água e reservatórios. A Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas não difere das demais bacias hidrográficas

brasileiras, pois está sujeita a processos erosivos, em geral, acelerados pela ação antrópica. Os principais agentes desagregadores são a ação das chuvas e as atividades agropecuárias.

Para determinar o parâmetro PE, foi elaborada uma matriz (Tabela 15) com dados referentes às classes de relevo, o mapa de declividades, mapa geológico e o mapa de solos (Fig. 33) da BHAP. A inserção de siglas na tabela 14 foi proposta para facilitar a quantificação dos dados.

Para a aquisição dos índices do potencial erosivo total por setores, adotaram-se como referência, os valores especificados no quadro 19, nos quais os índices foram adaptados de Salomão (2007), para a realidade da área de pesquisa.

Quadro 19 – Índices do Potencial de Erosão

Potencial Erosivo	Índice do Potencial Erosivo	Símbolo
Baixo	0,0 – 0,21	PE1
Moderado	0,21 – 0,4	PE2
Moderado a Alto	0,41 – 0,6	PE3
Alto	0,61 – 0,8	PE4
Muito Alto	0,81 – 1,0	PE5

Fonte: Adaptado de Salomão (2007).

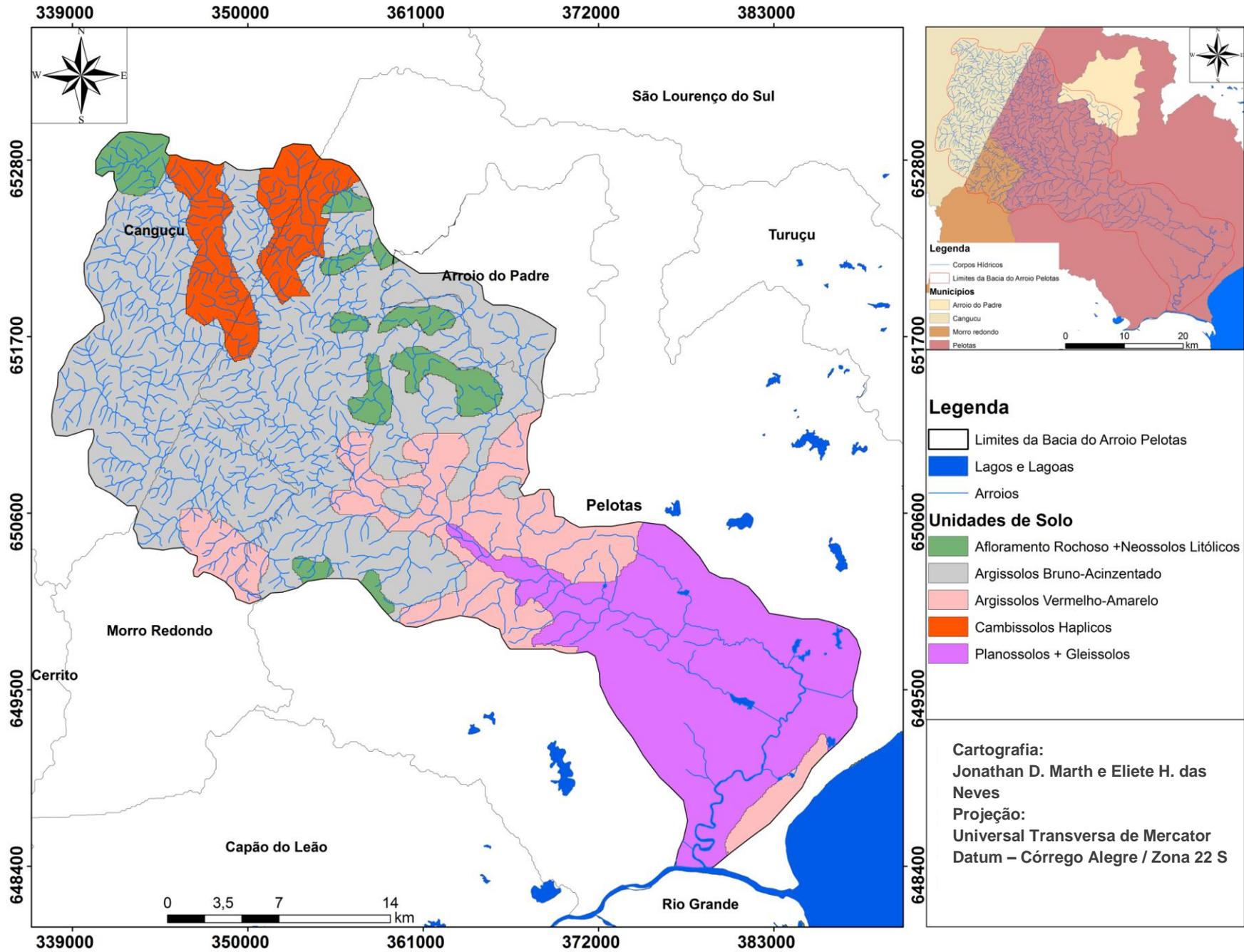


Figura 33: Mapa de Solo da BHAP. Adaptado de Megiato e EMBRAPA (2008).

Tabela 15 – Matriz de Referência, Dados de Declividade, Solos, Geologia e Relevo na BHAP.

Setor	Classes de Relevo	Geologia	Solo	Declividade %	Símbolos
A	Morros com Topos Planos (C)	SIPM } GAM } c	PVA } S1 PBAC } S2 CXbd } S3 RLD } S4 SXe } S5 G } S6	0-5 (1) 5-12 (2) 12-26 (3) 26-45 (4) >45 (5)	CcS13 CcS23 CcS24 CcS33
	Morros com Topos Convexos e Vertentes Suaves (D)	SIPM } SDFSH } SDFCG } GAM } d	PVA } S1 PBAC } S2 CXbd } S3 RLD } S4 SXe } S5 G } S6	0-5 (1) 5-12 (2) 12-26 (3) 26-45 (4) >45 (5)	DdS23 DdS24 DdS25 DdS34
	Morros com Topos Convexos e Vertentes Íngremes (E)	SIPM } SDFSH } SDFCG } GAM } d	PVA } S1 PBAC } S2 CXbd } S3 RLD } S4 SXe } S5 G } S6	0-5 (1) 5-12 (2) 12-26 (3) 26-45 (4) >45 (5)	EdS13 EdS23 EdS34 EdS45
	Colinas com Topos Convexos (F)	SIPM } f	PVA } S1 PBAC } S2 CXbd } S3 RLD } S4 SXe } S5 G } S6	0-5 (1) 5-12 (2) 12-26 (3) 26-45 (4) >45 (5)	FfS12 FfS23 FfS33
	Planície Flúvio-Coluvial (G)	SIPM } DA } g	PVA } S1 PBAC } S2 CXbd } S3 RLD } S4 SXe } S5 G } S6	0-5 (1) 5-12 (2) 12-26 (3) 26-45 (4) >45 (5)	GgS12 GgS52 GgS62
B	Planície Lagunar (H)	DPL ² } DPL ⁴ } DE } h	PVA } S1 PBAC } S2 CXbd } S3 RLD } S4 SXe } S5 G } S6	0-5 (1) 5-12 (2) 12-26 (3) 26-45 (4) >45 (5)	HhS11 HhS22 HhS51
	Planície Lagunar com Dunas e Banhados (I)	DLP ³ } DPL ⁴ } DPCL } T } i	PVA } S1 PBAC } S2 CXbd } S3 RLD } S4 SXe } S5 G } S6	0-5 (1) 5-12 (2) 12-26 (3) 26-45 (4) >45 (5)	liS11 liS21 liS51 liS62 liS61
	Planície Flúvio Lagunar (J)	DA } DE } DPL ³ } DPL ⁴ } j	PVA } S1 PBAC } S2 CXbd } S3 RLD } S4 SXe } S5 G } S6	0-5 (1) 5-12 (2) 12-26 (3) 26-45 (4) >45 (5)	JjS51 JjS52 JjS61 JjS62

*A coluna "Símbolos" foi gerada a partir do cruzamento dos dados das demais colunas (cada letra representa um item de cada coluna).

Fonte: Elaborado pela autora.

Com base na matriz de potencial erosivo, foram organizadas as classes do PE de menor e maior erodibilidade, expressa no quadro 20 e que serão descritas a seguir:

Classe 1 – Nesta classe o solo apresenta processos erosivos baixos está associada a declividades que variam de baixas a fortes, com predomínio de solos do tipo Argissolos Bruno-Acinzentados. No setor A da BHAP esta classe associa-se a um alto grau de proteção ao solo, ou seja, diz respeito às áreas em que há o adensamento de matas ciliares, o que acaba impedindo a erosão causada pelo impacto das gotas de chuva, está presente também a cobertura vegetal em morros com topos convexos com vertentes suaves, bem como em morros com topos planos e colinas com topos convexos. No setor B, está associada à planície lagunar com depósito de praia lagunar, altitudes que variam de 6 a 17 m; planície lagunar com dunas e banhados, os solos associados são Argissolos Vermelho-amarelo, Argissolos Bruno-acinzentado, e Planossolos. Nesta área é possível perceber o quanto está sendo erodido a montante, devido à trilha de erosão em forma de sedimentos com as mais variadas granulometrias que são encontradas ao longo dos leitos dos rios. Neste setor, também, é possível identificar que essa carga de sedimentos em uma área plana pode influenciar em períodos de inundações.

Classe 2 - Nesta classe o solo apresenta processos erosivos moderados, representa a maior porção da BHAP, associa-se a essa, relevos planos. No setor B da BHAP, está relacionada a declividades inferiores ou iguais a 5%, correspondendo à planície lagunar e eólica, solos do tipo Planossolos e Gelissolos apresentando baixa capacidade de infiltração, por estas características esses tipos de solos são utilizados, principalmente, para a orizicultura do tipo irrigada, o que permite maior retenção de água. O processo de erosão neste setor está ligado a superexploração do uso do solo relacionado à agropecuária e aos latifúndios.

Classe 3 – Nesta classe o solo apresenta processos erosivos moderados a altos, representada por um relevo suave e também morros com topos convexos e vertentes suaves, colinas com topos convexos e morros com topos planos, com o predomínio de solos do tipo Argissolos Bruno-acinzentado, Argissolos Vermelho-amarelos e em menor quantidade Cambissolos, solos

estes que apresentam boa infiltração e bom desenvolvimento. Apresenta cota em torno de 90 a 200 m. Devido à forma de relevo suave a convexo o escoamento superficial ocorre por deslocamento laminar, o que proporciona o aparecimento de erosão do tipo laminar.

Classe 4 – Nesta classe o solo apresenta processos erosivos altos, pode ser identificada uma redução de aproximadamente 14% na declividade em relação à classe de erosão do solo muito alto; está associada a formas de relevos ondulados e alguns de morros com topos convexos e vertentes íngremes; ocorrem solos do tipo argissolos, neste tipo de solo o uso está principalmente relacionado à produção mista, ou seja, pecuária, cultivo de milho, fumo, pêssegos, cítricos entre outros. No setor B esta classe relaciona-se também à planície lagunar, com solos do tipo Planossolos e Gleissolos, destaque para o uso do solo em função da pecuária, orizicultura, silvicultura, áreas urbanizadas e áreas de solo exposto.

Classe 5 – Nesta classe o solo apresenta processos erosivos muito altos, no setor A está associada a declividades superiores a 20%, correspondendo às bordas do Planalto Sul-Rio-Grandense, apresentando uma morfologia de morros com topos convexos. A erosão está associada, diretamente, ao aumento da declividade, bem como aos solos do tipo Neossolos litólicos e afloramento rochoso, no qual dispõem de uma baixa taxa de infiltração acarretando em um aumento do escoamento superficial. Neste setor há intensa atividade antrópica, o que ocasiona um desequilíbrio no ambiente, ou seja, não são efetuadas práticas conservacionistas de manejo dos solos, deixando essas áreas vulneráveis às intempéries de ordem climática e aos próprios processos erosivos. No setor B, esta classe está associada à planície flúvio lagunar, correspondendo a áreas próximas aos cursos d'água, ou seja, as chamadas planícies de inundação; os tipos de solos presentes nesse setor são os Neossolos, Planossolos e Gleissolos mal drenados. Em relação ao uso do solo, nesta área encontram-se banhados, mata ciliares ao longo do curso dos rios, cultivo de arroz, a pecuária de corte e a presença de áreas urbanizadas, como por exemplo, conjuntos habitacionais de classe média-alta que estão dispostos ao longo das margens do Arroio Pelotas, bem como o condomínio Marina Ilha Verde que se localiza em um dos meandros do arroio.

Quadro 20 – Matriz de Integração dos Dados do Potencial Erosivo

Classes	Potencial Erosivo	Cruzamento de Dados*
1	Baixo	CcS13, DdS23, EdS13, EdS23, FfS12, GgS12, HhS11, HhS22, liS11, liS21, JjS51
2	Moderado	GgS52, GgS62, HhS51, liS51, liS62, JjS51, JjS52.
3	Moderado a Alto	CcS23, CcS24, CcS33, DdS24, DdS25, FfS23, FfS33,.
4	Alto	CcS24, CcS33, DdS34, EdS34, EdS45, liS51, liS62, liS61.
5	Muito Alto	EdS34, EdS45, JjS62, JjS52.
*Os símbolos desta coluna estão relacionados com a tabela 15.		

Fonte: Elaborado pela autora.

Para obter o índice final do parâmetro potencial erosivo para cada setor da BHAP (Tabela 16), foram sistematizados os dados de acordo com:

- a) Coluna (1) a área (ha) de cada classe;
- b) Coluna (2) o índice de PE expresso no quadro 19;
- c) Coluna (3) produto dos valores das colunas (1) e (2);
- d) Para cada setor foram somados os valores das colunas (1) e (3);
- e) Para cada setor foi dividida a somatória da coluna (3) e (1), obtendo-se assim o índice final de PE.

Na tabela 16, estão expressos os índices do potencial erosivo dos solos na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas e na tabela 17 a síntese do PE. A partir dos dados relacionados para a confecção da matriz do potencial erosivo, foi possível identificar as áreas com potencial erosivo na área de estudo, expressas na figura 34.

Tabela 16– índice do Potencial Erosivo por Setor da BHAP

Setor	Classe do Potencial Erosivo	A (ha) (1)	Índice de Proteção (2)	Superfície Reduzida (3)		Índice do Potencial Erosivo
				(ha)	%	
A	Baixo	7.384	0,2	1.476	2,9	
	Moderado	25.507	0,4	10.202	20,46	
	Moderado a Alto	11.076	0,6	6.645	13,17	
	Alto	10.153	0,8	8.122	16,10	
	Muito Alto	3.962	1,0	3.962	7,8	
Total		58.082		30.407		0,52
B	Baixo	4.991	0,2	0.998	1,9	
	Moderado	9.897	0,4	3.958	8,03	
	Moderado a Alto	6.386	0,6	3.831	7,5	
	Alto	8.562	0,8	6.849	13,54	
	Muito Alto	4.382	1,0	4.382	8,6	
Total		34.218		20.018		0,58

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 17 – Síntese do Potencial Erosivo dos Solos por Setores

Setores	Classes	Índices	Símbolos
A	Moderado a Alto	0,52	PE3
B	Moderado a Alto	0,58	PE3

Fonte: Elaborado pela autora.

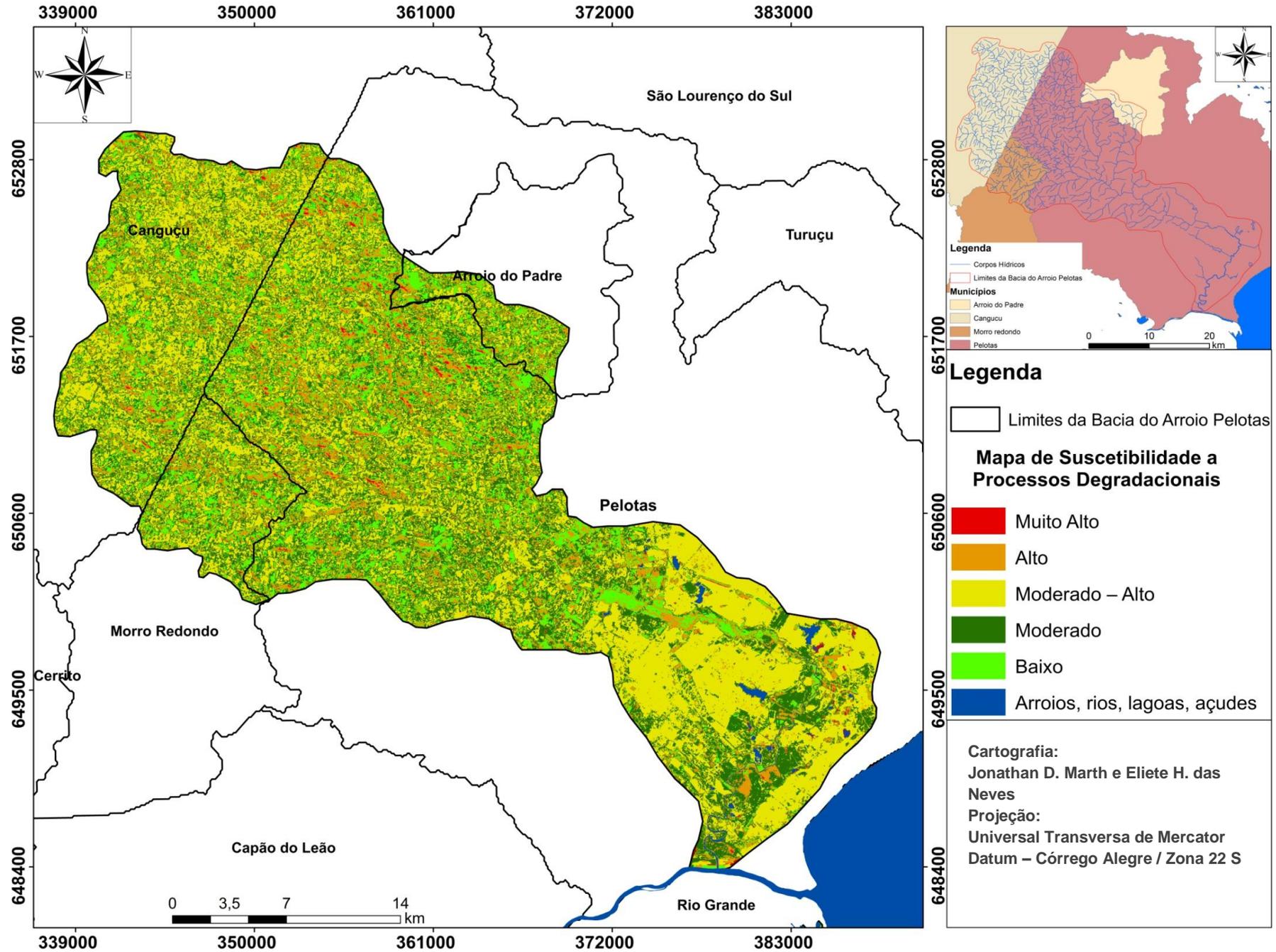


Figura 34: Mapa do Potencial Erosivo da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

5.2.6. Densidade de Drenagem (DD)

Christofolletti (1974) menciona que a densidade de drenagem relaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. A densidade de drenagem foi inicialmente definida por Horton (1945, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1974), podendo ser calculada pela equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde:

Dd: Densidade de drenagem (km/km²);

Lt: Comprimento total dos canais (km);

A: Área da bacia (km²).

O mesmo autor faz referência que, em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrológico das rochas repercute na densidade de drenagem, ou seja, nas rochas onde a percolação encontra maior dificuldade há condições melhores para o escoamento superficial, gerando possibilidade para a esculturação dos canais. Por exemplo, em rochas de granulação fina a densidade é mais elevada, o contrário ocorre com as rochas de granulometria grossa.

O cálculo da densidade de drenagem é importante na análise de bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

Villela e Matos (1975) sugerem que a densidade de drenagem oscile entre os índices de 0,5 km/km² para bacias com drenagem pobre e >3,5 km/km² para bacias com drenagens muito altas.

No quadro 21 é possível identificar a classificação dos valores da densidade de drenagem e simbologia utilizada para definir este parâmetro na BHAP, a qual se baseou na classificação utilizada por Beltrame (1994) em análises feitas em bacias hidrográficas no estado do Paraná.

Quadro 21 – Classificação dos Valores de Densidade de Drenagem (DD)

Valores da DD (km/km ²)	Qualificação da DD	Símbolo
< 0,5	Baixa	DD1
0,5 – 2,00	Mediana	DD2
2,00 – 3,50	Alta	DD3
> 3,50	Muito Alta	DD4

Fonte: Beltrame (1994).

Para a determinação do parâmetro DD foram calculados os comprimentos dos canais fluviais e as respectivas áreas dos setores da BHAP em meio digital, com o auxílio dos programas ArcGIS 9.3 e gvSIG 1.11.0, e posteriormente, aplicada a fórmula da densidade de drenagem, nos quais os resultados estão descritos na tabela 18.

Tabela 18– Parâmetro DD por Setor da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas

Setor	Lt (km)	Área (km ²)	DD (km/km ²)	Qualificação	Símbolo
A	10309,4	699	14,74	Muito Alta	DD4
B	240,90	224	1,07	Mediana	DD2

Fonte: Autora (2011).

5.2.7. Balanço Hídrico (BH)

Na análise do DFC o balanço hídrico é fundamental, tendo em vista que é considerado como um indicador potencial natural de degradação e/ou conservação física da bacia. Segundo Beltrame (1994), se houver desequilíbrio na relação de entrada e saída de água, podem ocorrer danos irreversíveis aos recursos naturais renováveis da área de estudo.

Este parâmetro foi determinado a partir de dados coletados junto a Estação Agroclimatológica da UFPEl, Embrapa, e a utilização do *software* HydroWeb 1.2.1.274, no qual encontram-se dados das estações pluviométricas e fluviométricas: Estação Cascata (código 03152004); Estação Granja São

Pedro (código 03152008); Estação Pelotas (código 03152014) e Estação Ponte Cordeiro de Farias (código 88850000).

Para o cálculo do balanço hídrico foi adotado o modelo de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando uma média de dados de 40 anos (1971-2011), sendo, porém, feita uma correção na evapotranspiração potencial, através do coeficiente de correção ($Cf\phi = ETr/ETp$). Foram adotados 100 mm como capacidade máxima de retenção de água no solo, de acordo com Mota (1976). Abaixo apresenta-se à equação do balanço hídrico.

$$P - ETr = Q$$

Onde,

P: Precipitação (mm);

ETr: Evapotranspiração real (mm);

ETp: Evapotranspiração potencial (mm);

Q: Escoamento superficial (m^3/s^{-1}).

$$Cf\phi = ETr/ETp$$

$$Cf\phi = 1329,73/1221$$

$$Cf\phi \approx 1,08$$

Logo:

$$ETr = Cf\phi \times ETp$$

No quadro 22 estão relacionadas as variáveis do balanço hídrico da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

Quadro 22- Balanço Hídrico da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas-Período 1971/2011

Mês	P	ETp	P-ETp	ARM	ALT	ETr	Déficit	Excedente
Janeiro	90,11	149	-58,89	32	-12	102,11	-12	0
Fevereiro	135,08	163	-28	25	-7	142,08	-7	0
Março	127,38	111	16	23	-2	129,38	-2	0
Abril	118,63	95	23,63	20	-3	121,63	-3	0
Maio	108,35	58	50,35	54	34	74,35	34	0
Junho	107,5	10	97,5	100	46	10	0	51,5
Julho	101,8	36	65,8	100	0	36	0	65,8
Agosto	103,8	152	-48,2	68	-32	135,8	-32	0
Setembro	119,2	74	45,2	100	32	74	0	13,2
Outubro	95,39	120	-24,61	81	-19	114,39	-19	0
Novembro	103,02	77	26,02	100	18	77	0	8,02
Dezembro	85,55	176	-90,45	44	-55	140,55	-55	0
Total	1295,81	1221	156,13			1157,29	-72	138,52

Fonte: Elaborada a partir de dados das estações agrometeorológicas.

O quadro 23 mostra a classificação qualitativa dos valores do balanço hídrico para a área de estudo e na tabela 19 apresenta-se a classificação do balanço hídrico pelos setores da BHAP e seus respectivos índices.

Quadro 23 – Classificação Qualitativa dos Valores do Balanço Hídrico

Balanço Hídrico	Qualificação do Balanço Hídrico	Índice
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico superior a 1500 mm/ano.	Muito Alto	BH1
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico entre 750 e 1500 mm/ano	Alto	BH2
Sem deficiência hídrica e excedente hídrico até 750 mm/ano	Médio	BH3
Com deficiência hídrica, pelo menos em mês/ano qualquer excedente.	Baixo	BH4

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994).

Tabela 19 – Classificação do Balanço Hídrico para os setores A e B

Setor	Excedente Hídrico	Qualificação	Índice
A	138,51 mm/ano	Baixo	BH4
B	138,51 mm/ano	Baixo	BH4

Fonte: Autora (2011).

A constante falta de um número significativo de estações meteorológicas, pluviométricas e fluviométricas, bem como um melhor ordenamento das mesmas no estado do Rio Grande do Sul, prejudica a precisão e também a obtenção do balanço hídrico para muitas bacias hidrográficas.

6.RESULTADOS DO DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA (DFC)

6.1.FÓRMULA DESCRITIVA

Com base nos parâmetros e seus respectivos índices foi aplicada a fórmula descritiva para cada setor da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, a qual expressa numericamente, o estado físico-conservacionista dos setores desta. Basicamente esta fórmula define o risco de degradação física em que se encontra a área de estudo. A seguir apresenta-se a fórmula descritiva, bem como seus índices e simbologias, (tabela 20).

Tabela 20 – Fórmula Descritiva Final e Índices Máximos e Mínimos

E(F): COa + CAb + DMc + Ed + PEe + DDf + BHg	
Símbolos	Descrição
E(F)	Estado físico-conservacionista dos setores da bacia, "F" é o índice da fórmula;
Coa	"a" é o índice do parâmetro, que varia entre 1 – altamente semelhante a 5 – nenhuma semelhança;
CAb	"b" é o índice do parâmetro, que varia entre 1 – alta proteção a 6– nenhuma proteção;
DMc	"c" é o índice do parâmetro, que varia entre 1 – plano a 6 – montanhoso;
Ed	"e" é o índice do parâmetro, que varia entre 1 – débil a 4 – muito forte;
PEe	"d" é o índice do parâmetro, que varia entre 1 – baixo a 5 – muito alto;
DDf	"f" é o índice do parâmetro, que varia entre 1 – baixo a 4 – muito alta;
BHg	"g" é o índice do parâmetro, que varia entre 1 – muito alto a 4 – baixo.

Fonte: Elaborada pela autora.

A partir de modificações feitas à metodologia venezuelana, bem como a utilizada por Beltrame (1994), obtiveram-se as informações necessárias para

cada setor da BHAP, as quais estão sintetizadas no quadro 24 que posteriormente serão expressos na fórmula descritiva final.

Quadro 24 – Síntese dos índices dos Parâmetros para cada Setor

Parâmetros	Setor A	Setor B
Cobertura Vegetal Original	CO3	CO4
Cobertura Vegetal Atual	CA3	CA4
Declividade Média	DM4	DM1
Erosividade da Chuva	E3	E2
Potencial Erosivo do Solo	PE3	PE3
Densidade de Drenagem	DD4	DD2
Balanço Hídrico	BH4	BH4
Somatório dos Índices	24	20

Fonte: Elaborada pela autora.

6.1.2. Cálculo do Valor do Processo de Degradação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas.

Para que fossem obtidos os valores finais da fórmula descritiva dos setores, em percentuais, foi utilizada a equação da reta. Desta forma, de acordo com os dados classificados nos itens anteriores, identificou-se que o valor mínimo possível a ser alcançado é 7 (somatória de todos os índices iguais a 1), que representa o melhor estado físico-conservacionista que o setor poderia apresentar.

Para o máximo valor que o setor possa apresentar, foi atribuído valor de 34, ou seja, (somatória de todos os valores máximos de cada parâmetro) o valor que representa o pior estado físico-conservacionista que os setores possam apresentar. Com estes valores máximo e mínimo tem-se o ângulo de inclinação da reta.

Plotando os valores nos eixos cartesianos, obtém-se os dados do gráfico 4, onde no eixo "x" estão contidos os valores da fórmula descritiva dos setores e no eixo "y" estão presentes as unidades representativas do risco a

degradação física na área de estudo. Para uma maior precisão nos dados, aplica-se a equação da reta, apresentada abaixo (simplificado na tabela 21) :

$$y = ax+b$$

Se $y = 0$	Se $y = 100$	$34 a + b - 100 = 0$
$x = 7$	$x = 34$	$7 a + b = 0 (-1)$
$7 a + b = 0$	$34 a + b = 100$	$27 a - 100 = 0$
		$a = - 3,703$

Substituindo o valor de “a” em qualquer uma das equações, obtêm-se o valor de “b”. Logo:

$$34 (3,7037) + b = 100$$

$$125,92 + b = 100$$

$$b = 100 - 125,92$$

$$b = - 25,92$$

Então, a equação da reta será $y = 3,703 x - 25,92$ resultando em:

Setor A: $y = 3,703 (24) - 25,92$	$y = 62,95$
Setor B: $y = 3,703 (20) - 25,92$	$y = 48,14$

Tabela 21 - Valores da Fórmula Descritiva Por Setores

Setor	Valor da Fórmula Descritiva	Unidade de Risco
A	24	62,95
B	20	48,14

Fonte: Elaborado pela autora.

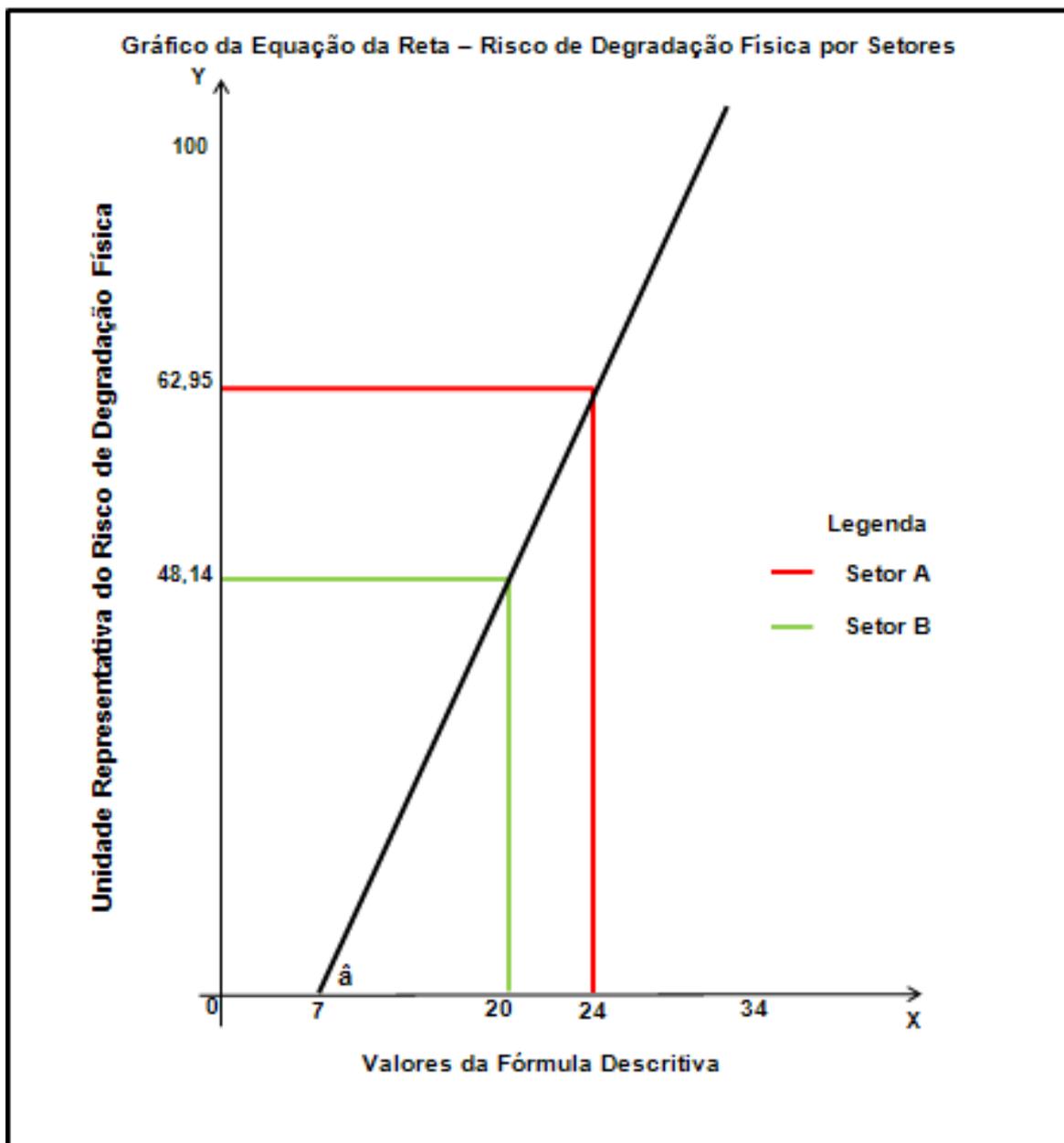


Gráfico 4: Equação da reta, elaborada pela autora.

Para a identificação do estado original da bacia no gráfico acima, optou-se por usar as coordenadas $x = 7$ e $y = 0$; na qual a reta deveria estar paralela ao eixo das ordenadas, formando assim um ângulo reto com o eixo das abscissas. Deste modo, verifica-se que as condições físico–conservacionistas dos setores são inversamente proporcionais ao ângulo (\hat{a}) de inclinação da reta, ou seja, quanto menor o ângulo de inclinação, piores são as condições em que se encontram os recursos naturais nos setores da bacia, e, por conseguinte, maior o risco de degradação física naquele ambiente.

6.2. Avaliação dos Resultados

A partir dos resultados obtidos na aplicação dos parâmetros, o potencial de degradação física de cada setor pode ser quantificado. Como resultados finais o setor A e B demonstraram valores diferentes quanto ao risco de degradação, ou seja, no setor A o índice foi de 62,95 e no setor B o índice foi de 48,14.

No setor A foi possível evidenciar que dos 69.900 ha (75,73%) que compõem esta área, 58.102 ha estão passando por algum tipo de processo degradacional, o que corresponde a aproximadamente 62,94% deste setor. Dentre a setorização da BHAP, este é o que dispõe de maior extensão territorial.

No setor B foram calculados que dos 22.400 ha (24,27%) distribuídos nesta área, 10.783 ha estão sobre o efeito de algum processo de degradação, o que corresponde a 11,69% deste setor.

Os parâmetros com índices distintos entre as fórmulas descritivas dos setores da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas foram representados da seguinte forma:

a) Cobertura vegetal original (CO): o setor B foi o que apresentou a menor semelhança entre a cobertura vegetal original e atual, fato este que pode ser explicado devido ao processo de ocupação desta área por extensas lavouras de arroz, da pecuária de gado de corte e em uma menor quantidade as lavouras de soja e urbanização, principalmente construções de conjuntos habitacionais em meandros do Arroio Pelotas. As próprias formas e padrões do ambiente ajudam para este tipo de prática, tendo em vista que estão associadas às morfoesculturas de Terras Baixas Costeiras, inseridas em planícies lagunares e flúvio-lagunar, as quais apresentam declividades de fraca a baixa e altitudes que alcançam no máximo 20 m. Desta forma, as áreas de vegetação pioneira, vão dando lugar a estes tipos de uso do solo.

No que tange o setor A, os dados do parâmetro evidenciaram que a cobertura vegetal original apresenta um índice de média semelhança com a atual, a descaracterização da cobertura se dá principalmente pelo uso misto do solo.

b) Cobertura Vegetal Atual (CA): no setor A o nível de proteção do solo, oferecido pela cobertura vegetal, é moderado, neste setor o que ocorre, são focos de processos degradacionais, ou seja, nesta área o uso do solo esta, principalmente, relacionado à produção mista. Produção, esta, que corresponde a culturas como a citricultura, persicultura, fumicultura, viticultura, silvicultura, pecuária e, em escala menor, a lavoura de soja e arroz. Esses cultivos são praticados, principalmente, na abertura de clareiras na mata e em regiões de topos de morros e/ou encostas.

No setor B o nível de proteção do solo é baixo devido, principalmente, a redução da cobertura vegetal original nesta área. Os maiores índices de proteção dos solos estão associados à cobertura da Floresta Estacional Semidecidual e a Formação Pioneira, coberturas estas que representam cerca de 21,26% e foram modificadas pela produção de arroz, pecuária extensiva e em menor proporção a expansão urbana. Embora ocorra a rotação de culturas e o período de pousio do solo, estes são insuficientes para que haja uma reestruturação da cobertura vegetal.

c) Declividade Média (DM): neste parâmetro foi possível identificar (em conjunto com a hipsometria e os aspectos geológicos-geomorfológico) a "ruptura" e/ou passagem de unidades geológico-geomorfológicas. O setor A apresenta índice de DM4 (16,62%), o que corresponde a relevo de ondulação moderada, abrangendo uma área de 699 km², com declividade de 12% a 56%, correspondentes a 75,73 % de toda a BHAP. O setor está associado a morfoesculturas do Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense e as morfoestruturas do Cinturão Dom Feliciano, parte do território dos municípios de Arroio do Padre, Canguçu, a área colonial de Pelotas e Morro Redondo.

No setor B estão localizadas as declividades mais baixas entre 5% e 12%, envolvendo uma área de 224 km², que corresponde a 24,27% da área total da BHAP. O valor do parâmetro foi de DM1 (3,78%), evidenciando um relevo plano que corresponde à morfoescultura de Planície e Terras Baixas Costeiras e morfoestruturas da Bacia Sedimentar de Pelotas. Neste setor está inserido somente o município de Pelotas.

d) Erosividade da Chuva (E): o setor A apresentou o índice E3, que significa forte grau de erosividade. Este fato está relacionado às

características topográficas, aos solos rasos e à exploração agrícola dos municípios. Os meses de outubro a janeiro apresentam-se com elevado risco para a ocorrência de erosão hídrica do solo.

No setor B o índice é de E2, ou seja, média erosividade, que está associada à cobertura vegetal, à exploração agrícola e pecuária. Do ponto de vista conservacionista, para os dois setores, o período de maior risco seria o que coincide com as épocas de preparo do solo e plantio de culturas de verão. Desta forma, o ideal seria que as operações necessárias ao plantio fossem planejadas para serem executadas em novembro, pois isso permitiria bom desenvolvimento da cobertura vegetal para aperfeiçoar um melhor controle nos processos de erosão hídrica no período de janeiro a março.

e) Potencial Erosivo (PE): os setores A e B apresentaram o mesmo índice de potencial erosivo (PE3), que significa índice de moderado a alto. Embora tenham recebido o mesmo índice, os critérios são diferenciados. No setor A, os processos erosivos estão associados a acentuadas declividades, aos solos com baixa capacidade de infiltração, que aumentam as taxas de escoamento superficial, pelas práticas agrícolas; também ocorrem em áreas de declividade medianas, com solos do tipo Argilossolos associados a um relevo mais ondulado, o que acaba por proporcionar uma barreira menor às práticas agrícolas e por consequência dinamiza o uso do solo.

No setor B, os processos estão associados às características pedológicas do solo, ou seja, os solos do tipo Planossolos apresentam baixa taxa de infiltração, no qual as argilas são facilmente transportadas para o horizonte B, o que leva a utilização deste tipo de solo para o cultivo de arroz irrigado. Neste setor a erosão está atrelada ao uso do solo, principalmente na superexploração pelas práticas agropecuárias nos latifúndios. Outro fator é que a área de planície lagunar e flúvio-lagunar é potencialmente propícia a processos de inundações.

f) Densidade de Drenagem (DD): o setor A é o que apresenta maior índice de densidade de drenagem (DD4 = muito alta), que está associada ao tipo de substrato rochoso do setor, a declividades mais elevadas, relevos mais ondulados e a presença de solos do tipo Argissolos caracterizados pela presença do horizonte b textural, geralmente são

solos mais impermeáveis que permitem maior escoamento superficial, conseqüentemente, há a formação de mais canais. O setor B apresenta densidade de drenagem mediana, que também está relacionada ao substrato rochoso e aos tipos de solos.

g) Balanço Hídrico (BH): os setores A e B apresentaram o mesmo índice de balanço hídrico, o qual foi BH4 – baixo nesse índice, embora apresente um excedente hídrico de 138,51 mm/ano, em alguns meses do ano apresenta também déficit hídrico, acontecendo principalmente devido as maiores taxas de evapotranspiração.

Considerando-se a Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas em sua totalidade (média dos setores), observa-se que a cobertura vegetal apresenta uma descaracterização mediana em relação à cobertura original; o grau de proteção do solo feito pela cobertura vegetal atual é de moderado a baixo; a declividade média evidenciou a compartimentação geológico-geomorfológica da área (Escudo Sul-Rio-Grandense e /ou Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense e a Planície Costeira e/ou Terras Baixas Costeiras); a erosividade da chuva mostrou-se de mediana a forte; o potencial erosivo com índices de moderado a alto; a densidade de drenagem mostrou-se muito alta e o balanço hídrico apresentou índices de excedente hídrico, mas deficiência em alguns meses do ano, o que acarreta em uma qualificação de baixo balanço.

Após o cruzamento de todos os dados, bem como a comparação entre os usos do solo nos anos de 1985 e 2011, foi possível criar um mapa (Fig. 35) que demonstrasse o potencial de suscetibilidade a processos degradacionais dos setores da BHAP. No quadro 25 estão relacionados os níveis de suscetibilidade e as medidas de otimização do uso.

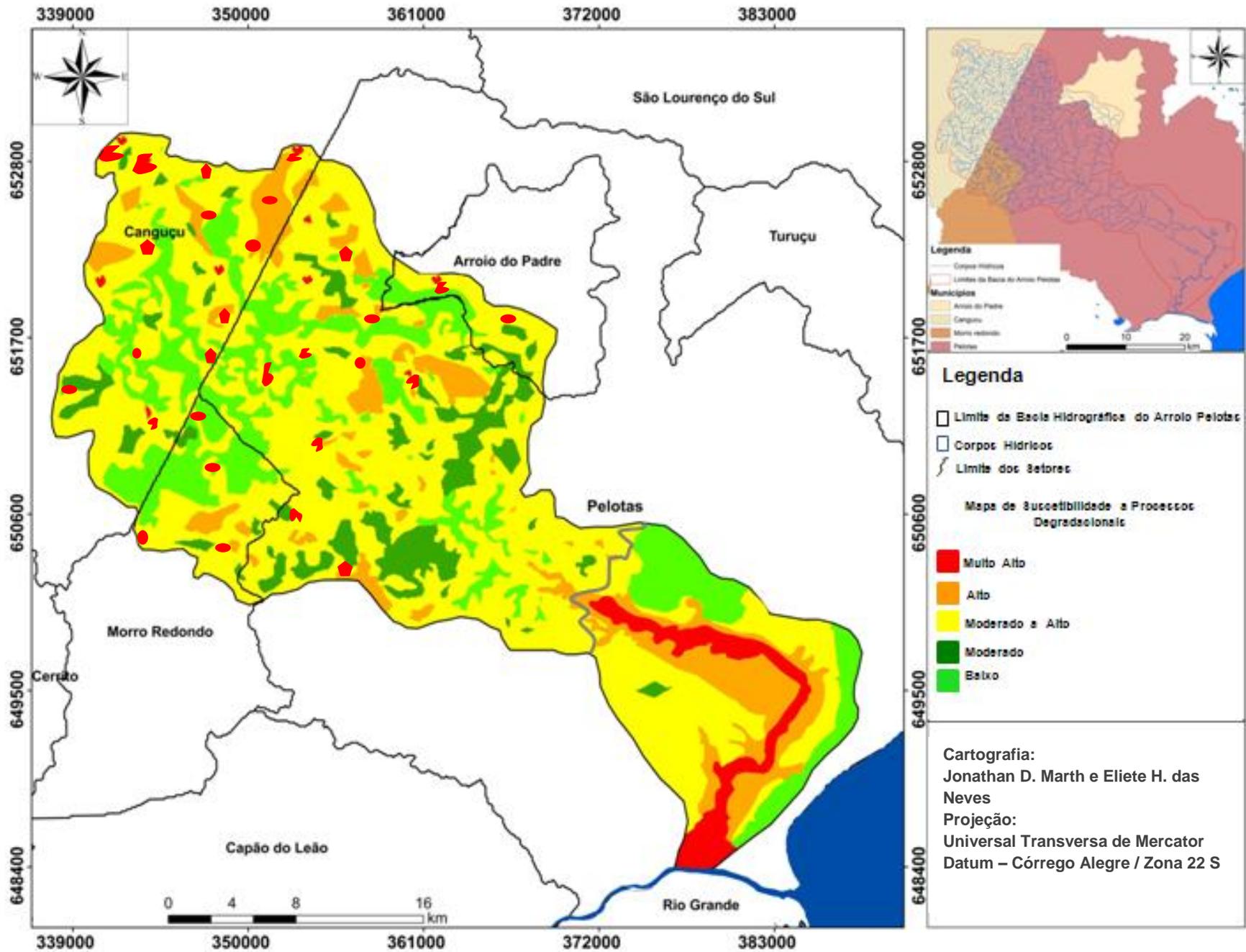


Figura 35: Mapa de Suscetibilidade a Processos Degradacionais na BHAP.

A seguir, apresentam-se as classes de otimização do uso do solo:

- a) Áreas a serem preservadas: são aquelas com presença de vegetação nativa e/ou áreas de Preservação Permanente (APPs). Na região de estudo seriam de 30 m para rios até 10 m de largura; 50m para rios entre 10 m e 50 m, e 100 m para rios entre 50 e 200 m; declividades maiores do que 25° nos topos de morros com vertentes íngremes, ao redor de lagoas e em locais de importâncias científica e histórica;
- b) Áreas a serem recuperadas: Compreendem áreas de APPs, locais de vegetação nativa (campos e matas) e que se encontram ocupadas por cultivos, principalmente pela orizicultura, pecuária e reflorestamento com espécies exóticas. O processo de aperfeiçoamento destas áreas incentivaria a recuperação da cobertura vegetal e, dessa forma, melhoraria o estado ambiental da BHAP, uma vez que seriam recuperados os parâmetros de CO e CA;
- c) Áreas a serem otimizadas: correspondem as áreas em que devem ser priorizadas suas características e que deverão receber atividades coerentes com a capacidade de uso do solo. Atualmente essas áreas são ocupadas por campos/pastagens, matas, reflorestamento e agropecuária. Devem ser aplicadas práticas conservacionistas para otimizar o uso do solo.
- d) Áreas a serem mantidas com mesmo uso: compreendem áreas de moderado-baixo potencial de suscetibilidade a processos degradacionais, ou ainda que estejam adequadas ao uso atual, mas que devem ser consideradas as práticas conservacionistas para que se evitem processos de degradação.

Abaixo serão demonstrados os níveis de suscetibilidade a processos degradacionais e as classes de otimização que melhor se adequam para cada nível.

Nível Muito Alto: neste nível encontram-se áreas situadas nos dois setores da BHAP, no setor A correspondem a morfologia de morros com topos convexos e vertentes íngremes associados às declividades superiores a 20%, os solos presentes são do tipo Cambissolos, Neossolos litólicos associados a afloramento rochoso, correspondendo a aproximadamente 10% da área. A proposta para aprimorar o uso dos solos corresponde a áreas a serem

preservadas, ou seja, devido à erodibilidade dos solos e as práticas agrícolas e de reflorestamento, esta área necessita de técnicas conservacionistas, no qual um exemplo que pode ser seguido é a utilização de curvas de nível em topo de morros.

No setor B, este nível relaciona-se à planície flúvio-lagunar, que embora a suscetibilidade a processos erosivos seja de moderada a fraca, apresenta índice forte para processos de inundação, fato este que está associado aos tipos de solos Planossolos mal drenados e Gleissolos, que acabam por acumular água em perfil. Este setor também corresponde a áreas a serem preservadas, principalmente a estabilização da mata ciliar, bem como a conservação das áreas de banhado e dunas. Trata-se de uma região extremamente produtiva para o cultivo de arroz irrigado, porém há desgaste no ambiente devido, principalmente, ao curto ciclo de rotação e pousio dos solos. A expansão urbana também é um problema, visto que nesta área vem sendo construídos condomínios de classe média alta, principalmente, próximo dos meandros do curso d'água principal (Arroio Pelotas). A planície flúvio-lagunar ocupa 8% deste setor.

Nível Alto: neste nível encontram-se áreas situadas nos dois setores, no setor A corresponde à redução de 14% nas declividades, mas ainda associados à forma de relevos ondulados, como os morros com topos convexos e vertentes íngremes e também na planície flúvio-coluvial formada por rampas levemente inclinada e planície de inundação mais rebaixada; neste setor o uso do solo é majoritariamente para agropecuária, campos, silvicultura e algumas evidências de solo exposto. O setor corresponde a áreas a serem recuperadas, tendo em vista que o local mais preocupante são as margens do curso principal e seus afluentes que apresentam focos de instabilidade da mata ciliar, onde esta é retirada para abrir passagem para lavouras e cultivo de plantas exóticas, o que facilita para a retirada de água para irrigação, aflorando manchas de solo exposto.

No setor B correspondem ao encontro entre a planície lagunar, flúvio-lagunar e planície lagunar com dunas e banhados, o uso do solo associado, também, corresponde atividades agropecuárias, silvicultura, áreas urbanizadas (entende-se como áreas com núcleo urbano, vilas, povoados, áreas industriais e sedes de fazendas).

Nível Moderado a Alto: correspondem as maiores áreas presentes nos dois setores da BHAP. No setor A, compreendem as áreas de ondulação suaves, como morros com topos convexos e vertentes suaves, morros com topos planos, colinas com topos convexos, e em menor quantidade planície flúvio-lagunar, com predomínio dos tipos de solos Argissolos Bruno-acinzentado, Argissolos Vermelho-amarelo, Cambissolos. O tipo de uso é referente ao uso misto, reflorestamento e campos/pastagens, a este nível é atribuído o processo de otimização do uso, através de práticas conservacionistas.

No setor B, compreendem a planície lagunar e em partes da planície flúvio-lagunar e planície lagunar com dunas e barreiras; os solos correspondentes são Argissolos Vermelho-amarelo, Planossolos e Gleissolos, quanto ao uso está relacionado a atividades agropecuárias, reflorestamento, campo/pastagens, áreas urbanizadas e áreas de extração mineral. A este setor é atribuído à otimização do uso aliada a práticas conservacionistas.

Nível Moderado: corresponde a áreas menores, mas presentes nos dois setores. No setor A compreendem as áreas de morros com topos convexos e vertentes suaves, morros com topos planos e colinas com topos convexos, os solos associados são do tipo Argissolos Bruno-acinzentado e Argissolos Vermelho-amarelo, quanto ao uso, também está associado à produção mista (feijão, milho, batata, fumo e gado leiteiro). A este setor é atribuído a permanência com o mesmo tipo de uso, ressaltando que devem ser aplicadas técnicas conservacionista para que não sejam intensificados os processos de degradação.

No setor B, é encontrada em uma pequena parcela, correspondente à planície lagunar onde é possível observar a prática de atividades agrosilvopastoris. A este setor é atribuído a permanência com o mesmo tipo de uso, ressaltando que devem ser aplicadas técnicas conservacionistas para que não sejam intensificados os processos de degradação.

Nível Baixo: corresponde a áreas presentes nos dois setores da BHAP. No setor A compreende as áreas de morros com topos planos, colinas com topos convexos e em algumas partes de morros com topos convexos e vertentes íngremes, estes locais correspondem a áreas de matas nativas preservadas em topos de morro. A este setor é atribuído à relação de áreas a

serem mantidas com o mesmo uso, ressaltando que devem ser aplicadas técnicas conservacionistas para que não sejam intensificados os processos de degradação.

No setor B, estão associados a áreas de planície lagunar com altitudes entre 8m e 16m e a planície lagunar com dunas e barreiras, com solos do tipo Argissolos Vermelho-amarelo e Argissolos Bruno-acinzentado com característica de mal drenados a moderadamente drenados e Planossolos + Gleissolos. As atividades de uso relacionam-se as práticas agrosilvopastoris, a este setor devem ser atribuídas às relações de áreas a serem mantidas com o mesmo uso, ressaltando que devem ser aplicadas técnicas conservacionistas para que não sejam intensificados os processos de degradação.

Quadro 25 – Cruzamento de Níveis de Processos Degradacionais e Otimização de Uso

Níveis	Muito Alto ha	Alto ha	Moderado a Alto ha	Moderado ha	Baixo ha
Otimização					
Áreas a serem preservadas					
Áreas a serem recuperadas					
Áreas a serem Otimizadas					
Áreas a ser mantido o mesmo uso					
As cores correspondem aos níveis degradacionais apresentados na figura 35, associados às classes de otimização de uso do solo.					

Fonte: Elaborado pela autora.

As práticas conservacionistas fazem parte das novas tecnologias da modernidade e permitem controlar os processos erosivos, ainda que não sejam suficientes para anular completamente, mas atuam reduzindo em proporções

significativas. Baseado em Lepsch (2010), entende-se por práticas conservacionistas:

- a) Práticas edáficas: Adubação (que consiste na aplicação de nutrientes que estão faltando ao solo, como por exemplo, o calcário moído que atua para fornecer macronutrientes e diminuir a acidez, ou adubação orgânica em áreas de pomares e hortifrúteis) e Sistema de Rotação de Culturas (em um mesmo terreno cultivam-se diferentes culturas em sequências regulares, alternando uma cultura que extraia mais nutrientes por outra de menor capacidade);
- b) Práticas mecânicas: a principal prática conservacionista é a Aração e plantio em Curvas de Nível ou semeadura em contorno (que consiste em executar as operações de plantio e cultivo no sentido perpendicular às maiores pendentes, com essa prática ainda a possibilidade de incluir outras técnicas de caráter vegetativo) e Terraceamento (uma prática eficiente, desde que bem planejada, executada e com boa manutenção);
- c) Práticas vegetativas: Reflorestamento (principalmente com espécies arbóreo-arbustivas nativas), Formação e Manejo de pastagens (que alguns tipos de pastos bem conduzidos evitam os processos erosivos acelerados, embora menos eficiente que as florestas) e Plantio Direto em Palha (que consiste em não revolver o solo com o arado, depositando as sementes com o auxílio de máquinas especiais, as desvantagens deste tipo de técnica é a utilização de herbicidas e a dificuldade de adquirir a palha em grandes quantidades, já as vantagens são o controle da erosão, economia de maquinários, semeaduras em épocas mais adequadas em tempos menores, as chamadas safrinhas e a maior retenção de umidade pelo solo).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou utilizar na íntegra a metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) desenvolvida na Venezuela e adaptada a realidade brasileira por Beltrame. O DFC mostrou ser eficiente também para avaliar o estado físico e ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas. Entretanto algumas modificações foram feitas no intuito de melhor adequar os parâmetros a realidade da área de estudo, tendo em vista que este diagnóstico não é uma metodologia simplesmente pronta, requer uma análise minuciosa de dados para dar aporte aos parâmetros. A metodologia proporciona flexibilidade na modificação da estrutura dos parâmetros.

Dentre as adaptações feitas à metodologia original, estão a setorização da bacia, na qual acabou sendo setorizada pelas unidades geológicas, mas foram integrados dados geomorfológicos, hipsometria, declividade e rede de drenagem. No parâmetro Cobertura Vegetal Atual, devido à falta de fotografias aéreas de datas recentes foram utilizadas imagens de satélite *LANDSAT TM 5*, com resolução de 30m e aplicada a classificação supervisionada de Máxima Verossimilhança, após a classificação foi aplicado o índice Kappa para apurar a qualidade do processamento, no qual obteve-se uma qualidade entre muito boa e excelente.

No parâmetro Declividade Média foi utilizada a classificação de De Biasi (1992) para a relação entre declividade e relevo, à medida que esta era mais condizente com a realidade da área de estudo. Na Erosividade da chuva utilizou-se o método desenvolvido por Bertoni e Moldenhauer (1980) que mostrou ser mais viável e prático. Quanto ao Potencial Erosivo foi elaborada uma matriz de referência, onde foram cruzados dados de classes de relevo,

geologia, solos e declividade, gerando símbolos que facilitaram a aplicação dos índices de PE.

Quanto à fórmula descritiva final, foi observado que se tornaria mais adequado utilizar o sinal de adição (+) entre os símbolos dos parâmetros, tendo em vista que a não utilização deste sinal deixa muito subjetivo a representação, ou seja, não deixa claro a operação que será realizada e, poderia dar margem a outras operações matemáticas. Ficando a fórmula expressa da seguinte maneira: E (f): $CO_a + CA_b + DM_c + E_d + PE_e + DD_f + BH_g$.

A partir dos resultados por setores da fórmula descritiva final, chegou-se a diferentes valores quanto ao risco de degradação ambiental. No setor A foi obtido o índice de 62,95; tornando evidente que dos 69.900ha (75,74%) que compõem este setor, 58.102 ha estão passando por processos degradacionais, restando 12,8% que estão intactos ou em processo de degradação estabilizado. Este setor encontra-se localizado sobre a unidade geológica do Escudo Sul-Rio-Grandense.

No setor B, o índice corresponde a 48,14; evidenciando que dos 22.400 ha que compõem a totalidade da BHAP, 10.783 ha estão sobre o efeito de algum processo de degradação. Mas, neste setor 12,59% o processo de degradação encontra-se estabilizado, quanto à unidade geológica a qual o setor está situado, corresponde a Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Dispondo dos índices de degradação de cada setor em conjunto com o mapa geológico, geomorfológico, de solos, declividades e de uso do solo, foi elaborado o mapa de suscetibilidade a processos degradacionais. Onde a partir do mapeamento foram cruzados os níveis de degradação com as propostas de otimização do uso do solo.

As áreas a serem preservadas correspondem ao nível muito alto no mapa de suscetibilidade e equivalem a 2% do setor A e 6% do setor B. As áreas a serem recuperadas correspondem ao nível alto e representam 13% do setor A e 9% do setor B; as áreas a serem otimizadas equivalem ao nível moderado a alto e representam 24% do setor A e 13% do setor B; as áreas a serem mantidas com o mesmo uso equivalem aos níveis moderado e baixo e a somatória no setor A é de 27% e do setor B 7%.

Para que as propostas de otimização do uso do solo sejam eficazes no combate ou estabilização do processo de degradação é preciso a utilização de

práticas conservacionistas. Como a adubação orgânica, rotação de culturas, semeadura em contorno, reflorestamento principalmente com vegetação nativa, terraceamento controlado, plantio direto em palha, formação e manejo de pastagens. Ressalta-se que todas estas propostas devem ser acompanhadas constantemente para que não venham a agravar os processos de degradação.

A aplicação da metodologia do Diagnóstico Físico-Conservacionista mostrou-se eficiente para a análise da degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, não sendo apenas uma questão de simples aplicação, mas sim o acréscimo e aperfeiçoamento de soluções para a aquisição dos índices dos parâmetros. Cabe lembrar que este diagnóstico é apenas um dentre outros que devem ser feitos para se obter um diagnóstico integral para bacias hidrográficas, como por exemplo, diagnóstico dos recursos hídricos, diagnóstico socioeconômico, diagnóstico vegetal, diagnóstico de fauna, entre os que venham a compor o diagnóstico integral.

Deve ser lembrado que para esta pesquisa a utilização do SIG foi importante, à medida que, se torna um instrumento de grande valia em estudos que analisam questões ambientais. Agilizando e tornando mais fácil o cruzamento de dados, trazendo os resultados de forma mais rápida e segura.

Portanto, os dados obtidos nesta pesquisa poderão ser empregados para colaborar em um planejamento ambiental, como subsídio sustentável para o uso do solo na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, permitindo a identificação e redução dos impactos ambientais negativos. Além, de servir como base de dados para trabalhos futuros.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão – estudo de caso do altíssimo Iguaçu**. Curitiba: Sanepar/Finep, 2003.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicação na Agricultura**. 2ª ed. Brasília: Editora da EMBRAPA, 1998.

BARRELLA, W. **As relações entre as matas ciliares os rios e o peixes**. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BARRETTE, E. C; CURTIS, L. F. **Introduction to Environmental Remote Sensing**. Chapman e Hall, London, 1992.

BASSO, L. A. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul: implicações ambientais**. *In*: VERDUM, R; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, Dirce, M. A. **Rio Grande do Sul: Paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de Bacias Hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BELTRAME, A. da V. **Proposta metodológica para o meio físico com fins conservacionista de pequenas Bacias Hidrográficas – Um estudo da bacia do Rio do Cedro (Brusque – SC)**. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1990.

BELTRAME, L. F. S; TUCCI, C. E. M. **Estudo para Avaliação e Gerenciamento da Disponibilidade Hídrica da Bacia da Lagoa Mirim**. Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, Seção Brasileira da Comissão Mista Brasil-Uruguai para o desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, IPH/UFRGS, 1998.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. **Sociedade e natureza**. *In*: CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T. (org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

BERTALANFFY, L. V. **An Outline of General System Theory**, The British Journal for the Philosophy of Science, Vol. 1 . 1950. Disponível em: http://www.isnature.org/events/2009/Summer/r/Bertalanffy1950GST_Outline_SELECT.pdf, acessado em 20 de setembro de 2010.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Editora Vozes, 1977.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global - esboço metodológico. **Caderno de ciências da terra**, São Paulo, USP, Instituto de Geografia, 1972.

BOLDING, K. E. **General Systems Theory: the skeleton of science**. Yearbook of the Society for General Systems Research, vol. 1, 1956. Disponível em: <http://www.panarchy.org/boulding/systems.1956.html>, acessado em 15 agosto de 2010.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: modeling with Gis**. Pergamon, Ottawa, 1996.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. *In: Erosão e Conservação dos Solos: conceito, temas e aplicações*. GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BOTELHO, R.; SILVA, A. S. Bacias Hidrográficas e qualidade ambiental, *In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. Reflexões sobre a geografia física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: manual operativo**. Brasília, 1987. Disponível em <http://www.embrapa.br> acesso em: 26 de dezembro de 2010.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de janeiro de 1997.

BRASIL. **Decreto nº 2612, de 3 de junho de 1998**. Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras Providências. Diário Oficial da União, Brasília, 4 de junho de 1998.

BRITO, A.; CÂMARA, J. B. D. **Democratização e gestão ambiental: em busca do desenvolvimento sustentável**. Petrópolis – RJ: Vozes, 1998.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1995.

CARVALHO, S. M. **O Diagnóstico Físico - Conservacionista - DFC como subsídio à Gestão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Quebra-Perna, Ponta Grossa – PR**. 2004. Tese (programa de Pós Graduação em Geografia) UNESP - Universidade Estadual Paulista.

CASSETTI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2ª ed. São Paulo: Editora Contexto, 1991.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão**. Secretaria de Estado da Agricultura e do abastecimento Instituto Agrônômico do Paraná. Londrina: IAPAR, 1999.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. (Orgs.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CONAMA.1986. **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Publicação DOU: 24/01/1986.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: A systems approach**. London: Prentice-Hall International, 1971.

CHUEH, A. M. **Legislação ambiental e meio ambiente na bacia hidrográfica do rio Pequeno: situação atual e possibilidades**. Curitiba, 2000. Monografia (Conclusão de Curso) - Dep. de Geografia, Setor de Ciências da Terra, UFPR.

CHUEH, A. M. **Análise Do Uso Do Solo E Degradação Ambiental Na Bacia Hidrográfica Do Rio Pequeno - São José Dos Pinhais/PR, Por Meio do Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geologia – UFPR, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher,1974,

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**, São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. *In*: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da org. **Geomorfologia uma Atualização de Bases e Conceitos**. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. Impactos no meio ambiente ocasionado pela Urbanização no mundo tropical. *In*: SOUZA, Maria Adélia A. e outros (Org.). **Natureza e Sociedade de Hoje: uma leitura geográfica**. Editora Hucitec, São Paulo, 2002.

CPRM. **Carta Geológica – Folha Pedro Osório / SH-22-Y-C**. Porto Alegre: CPRM, 1999.

CPRM. **Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. Relatório Técnico**. Porto Alegre: CPRM, 2005.

CUNHA, N. G. SILVEIRA, R. J da C. **Estudos dos Solos no Município de Pelotas**. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 1996b.

CUNHA, N. G. SILVEIRA, R. J da C. **Estudos dos Solos no Município de Canguçu**. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 1996d.

CUNHA, N. G. SILVEIRA, R. J da C. **Estudos dos Solos no Município de Morro Redondo**. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 1997b.

DEAMO, J. C. M. VALLE JUNIOR, R.F. do; VIEIRA, D. M. S; VIEIRA, T. A; COUTO, R. G. C. **Diagnóstico Físico-Conservacionista da Microbacia dos Córregos Pindaíba, Marimbondo e Tenda, Uberlândia – MG**. II Seminário Iniciação Científica – IFTM, Campus Uberaba, MG,2009.

DE BIASI, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção**. Revista de Pós-Graduação da USP, São Paulo, 1992.

FARIAS, L. C. **Diagnóstico físico-conservacionista das terras e a percepção comunitária – bacia hidrográfica da barragem vaca brava – areia, PB**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo e da Água– UFPB, 2006.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. (SiBCS)**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

FERREIRA, E. S. **A Influência do Sistema Faxinal no Estado Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Sete Saltos-PR**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geografia – UEPG, 2009.

FERRETI, E. R. **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC da Bacia do Rio Marrecas – Sudoeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geologia – UFPR, 1998.

FERRETI, E. R. **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC: Instrumento para o plano de bacias hidrográficas - uma aplicação na bacia do rio Tagaçaba Município de Guaraqueçaba - PR**. 2003. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geologia – UFPR).

FRAGOSO CÉSAR, A. R. S; FIGUEIREDO, M. C. H; SOLIANI, Jr. E; FACCINI, U. F. **O Batólito de Pelotas (Proterozóico superior/ Eo-paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul**. In. Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia Anais, SBG, v.3, 1986.

FROSSARD, E. **The future of soil science: the role of soils for the society and the environment**. IUSS, 2006. Disponível em <http://www.iuss.org/>, acessado em 29 de agosto de 2010.

GARCIA, S. M.. **Metodologia para retenção de água em microbacias hidrográficas: estudo de caso**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. Anais. Aracaju, 2001.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. Degradação ambiental. In: ____ (orgs.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HALL, A. D. ; FAGEN, R. E. "**Definition of System**." General Systems, Yearbook of the Society for the Advancement of General Systems Theory. Vol. I 1956.

HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRS-IB-Centro de Ecologia, 2010.1 DVD- ROM. (Série Geoprocessamento, 3).

HIDALGO, P. **Manejo Conservacionista em Bacias Hidrográficas: Diagnóstico Físico-Conservacionista**. 1990.v.2. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SUREHMA, Consórcio Intermunicipal para Proteção Ambiental da Bacia

Hidrográfica do Rio Tibagi – COPATI. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA. Londrina, agosto, 1990.

HOLDRIDGE, L. R. **Ecología basada en zonas de vida**. San José, Costa Rica: IICA, 1982.

HOLZ, M. **Sequence stratigraphy of a lagoonal estuarine system – an example from the lower Permian Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil**. *Sedimentary Geology*, 2003.

HOLZ, M; DE ROS, L. F. **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000.

HUTCHISON, D. **Educação ecológica: ideias sobre consciência ambiental**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2000.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE. **Levantamento e Classificação do Uso da Terra no RS**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JACINTHO, L. R. C. (2003). **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental em unidades de conservação: O caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivara – Monos, São Paulo-SP**. 2003. 110p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.

JARENKOW, J. A. **Estudo fitossociológico comparativo entre duas áreas com mata de encosta no Rio Grande do Sul**. São Carlos: Universidade de São Carlos, 1994. 125 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Carlos.

JOHNSON, D. L. **Meanings of environmental terms**. *Journal of environmental quality*, 1997.

KURTZ, F. C.; ROCHA, J, S; ROBAINA, A. D; GARCIA, S. M; SANTOS, A. O; DILL, P. R.J; ATAIDE, P. R. V; BOLZAN, F. **Zoneamento ambiental dos banhados da estação ecológica do Taim, RS**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 77-83, jan/fev. 2003.

LAGO, J. C. **Erosividade da chuva na metade sul do Rio Grande do Sul**. Tese de doutorado apresentada a Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, UFPel, 2000.

LANDIS, J. R. e KOCH, G.G. **The measurement of observer agreement for categorical data.** Biometrics, 1977.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul.** Rio de Janeiro: 1990. p.113-150.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil: proposta de classificação.** Curitiba: UFPR, 1994. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos.** 2ª edi. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LIMA, W. P. Hidrologia de matas ciliares. *In:* RODRIGUES, R.R. **Matas Ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: EDUSP, 1999.

LIMA - E - SILVA, P. P. de ; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S. B. da ; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e Perícia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation.** John Wiley e Sons Inc, New York:,1994.

MACEDO, R.K.A. **Importância da avaliação ambiental.** São Paulo: Editora UNESP, 2005.

MARNR (Ministério de Ambiente y Rec. Naturales Renovables). **Instructivo para Diagnóstico Conservacionista-fase I.** Caracas, 1978.

MARTH, J. D; KOESTER, E; ARDNT, A. L. **Mapa Geológico-Geomorfológico do Município de Pelotas.** *In:* Anais do XVII CIC e X ENPOS. Pelotas: UFPel, 2008.

MEGIATO. E. I. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas-RS.** Monografia (Conclusão de Curso), Departamento de Geografia – UFPel, 2008.

MEGIATO. E. I. **Análise da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, RS.** Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências, UFRGS: Porto Alegre, 2011.

MENDES, C. A. B. **Planejamento Nacional de Recursos Hídricos Baseados no Uso de Técnicas de Geoprocessamento.** UFRGS. IPH: 2002.

MENDONÇA, F. **Geografia física: ciência humana?** São Paulo: Contexto, 1989.

MONTEIRO, R. R. **O Faxinal Sete Salto de Baixo enquanto ARESUR: Possibilidade e Limites.** Anais do XV Encontro Anual de Iniciação Científica e VI Encontro de Pesquisa da UEPG, 2002.

MOREIRA, I. Avaliação de impactos ambientais no Brasil: antecedentes, situação atual e perspectivas futuras. *In: Manual de avaliação de impactos ambientais.* SUHREMA/GTZ, Curitiba, 1992.

MOTA, F. S. da. **Análise agroclimática das necessidades semanais de irrigação em Pelotas.** Ciência e Cultura, 1976.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

PAREDES, E. A. **Sistemas de Informação Geográfica - Princípios e Aplicações (Geoprocessamento).** São Paulo: Érica, 1994.

PIRES, J. S. R; SANTOS, J. E; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. *In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações.* Ilhéus – Bahia: Editus, 2002.

PHILIPP, R. P; NARDI, L.V.S; BITENCOURT, M. de F.O Batólito Pelotas. *In: HOLZ, M. Geologia do Rio Grande do Sul.* Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000.

PRADO, H. do. **Manual de Classificação dos Solos do Brasil.** 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995.

RADAM BRASIL. **Levantamento dos recursos naturais.** V. 33. Folha SH. 22 Porto Alegre e SI. 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

RAMBO, S. J. B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Selbach, 1956.

RAMGRAB, G. E. **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB: Pedro Osório. SH 22- Y – C . RS, escala 1:250.000.** Brasília: CPRM, 1999.

REIS, R. B. **A influência da ocupação antrópica dentro do processo antrópico dentro do processo de gestão de bacias hidrográficas com auxílio de sensoriamento remoto e SIG.** Congresso Nacional de Geografia. Goiânia: AGB, 2004

ROCHA, J. M. da; KURTZ, S. M. de. **Manejo integrado de bacias hidrográficas.** Santa Maria: UFSM, 2001.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Preservação dos Processos Erosivos. *In*: GUERRA, A. J.T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (orgs). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. Oficina de Texto. São Paulo, 2008.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental como Estratégia para a Reabilitação de Águas Urbanas: um estudo de caso**. São Paulo. 1997.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**, Oficina de Texto, São Paulo, 2004.

SCAPINI, G. P. **Diagnóstico Físico-Conservacionista e sua Relação com a Sedimentação e a Preferência da Paisagem**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFSM, 2006.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **www.sema.rs.gov.br**. Acessado em 28 de setembro de 2009.

SEMA. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. Apoio técnico UFSM/UFRGS. Porto Alegre: SEMA, 2001. Disponível em : <http://www.ufsm.br/ifcrs/index.php> .

SEGOVIA, J. L.; PALMA, D. A. **Metodología para el diagnóstico conservacionista de la Subarenca Concepción, establecida em base e la metodología elaborada por el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Águas y Tierras (CIDIAT)**. Plano Maestro para Tegucigalpa D.C Unidad de Cuencas. Servicio Autónomo Nacional de Acuedutos y Alcantarillados. República de Honduras. Tegucigalpa, 1987.

SILVA, R. C. da. **Análise das Áreas Suscetíveis à Erosão na Bacia do Arroio Pelotas (RS), com o Auxílio do Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geografia – FURG, 2009.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e a bacia hidrográfica. *In*: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Editora da UFRGS. Porto Alegre, 1993.

SIMONDS, R. H. **La seguridad industrial**. Cidade do México, Representaciones y servicios de ingeniera, 1978.

SISTEMA LEGIS - Assembleia Legislativa do Estado do RS. Disponível em: **<http://www.al.rs.gov.br>**. Acesso em 15 de dezembro de 2010.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of soil Science terms**. Madison: SSSA, 1973. Disponível em: <http://www.soils.org/publications/soils-glossary>.

- SOTCHAVA, V. B. **Introdução à Teoria do Geossistema**. Novosibirsk: Nauka. 1962.
- SOTCHAVA, V. B. **Por uma Teoria de Classificação de Geossistemas de Vida Terrestre**. Série Biogeografia nº 14, IG, São Paulo: USP, 1978.
- SOUZA, M.L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.
- STAR, J; ESTES, J. **Geographic Information Systems**. London, Prentice-Hall International, 1990.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. ; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. ; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2º ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; FUJIMOTO, N. S. V. M. Morfogênese do relevo do Estado do Rio Grande do Sul. *In*: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- SCHUMACHER, M. V. ; HOPPE, J. M. **A Floresta e o Solo**. Porto Alegre: Pallotti, 1999.
- THORNTHWAITE, C. W; MATHER, J. R. **The Water Balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1995.
- TUNDISI, J. Estratificação Hidráulica em Reservatórios e suas Consequências Ecológicas. São Carlos: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1994.
- TRICAT, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977.
- VIEIRA, E. F. **Rio Grande do Sul: Geografia Física e Vegetação**. Porto Alegre: Sagra 1984.
- VILLELA, S. M; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VILLWOCK, J.A ; TOMAZELLI, L.J. **Geologia Costeira do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CIGO/ UFRGS, 1995.

VILLWOCK, J. A ; TOMAZELLI, L. J. O Cenozoico do Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. *In*: HOLZ, M ; DE ROS, L. F. **Geologia do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CIGO/ UFRGS, 2000.

WATHERN, P. Environmental impact assesment: Theory and pratice. Unwin Hyman, London, 1988.

WESTMAN, W. E. **Ecology, Impact Assessment and Environmental Planning.** John Wiley and Sons, New York, 1985.