

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

Tese de Doutorado

**FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO ALTO PARNAÍBA**

MSc. NIVANEIDE ALVES DE MELO

Orientador: Prof. Dr. Mário de Lima Filho

RECIFE

2007

NIVANEIDE ALVES DE MELO

Geógrafa, Universidade Federal da Paraíba, 1998.

Mestra em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2001

**FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO ALTO PARNAÍBA**

Tese apresentada à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Mário de Lima Filho, como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental, aprovada em 21 de setembro de 2007.

RECIFE, PE

2007

FICHA CATALOGRÁFICA

M528f	Melo, Nivaneide Alves de. Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Alto Parnaíba / Nivaneide Alves de Melo. – Recife: O Autor, 2007. 137 folhas, il : tabs.,grafs., figs. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2007. Inclui Bibliografia. 1.Geociências. 2. Fragilidade Ambiental. 3. Erosão. 4. Bacia Hidrográfica. I. Título.	
	UFPE	
551	CDD (22.ed.)	BCTG/ 2009-031

FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO ALTO PARNAÍBA

NIVANEIDE ALVES DE MELO

BANCA EXAMINADORA

Tese Aprovada em 21/09/2007

Prof. Dr. Mário de Lima Filho

Prof. Dr. Marcelo Henrique Melo Brandão

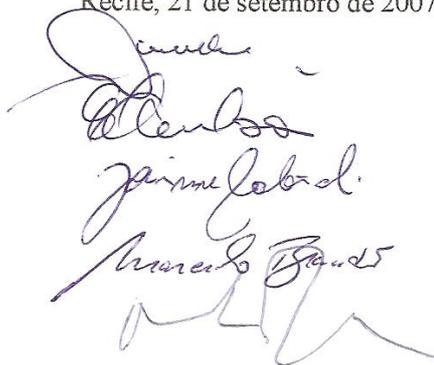
Prof. Dr. Ricardo Cavalcanti Furtado

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Prof. Dr. Edmilson dos Santos Lima

Ata da Defesa de Tese de Doutorado de Nivaneide Alves de Melo

Aos 21 de setembro de 2007 (dois mil e sete), às 9:30h (nove horas e trinta minutos), na sala de projeções do Departamento de Geologia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, reuniu-se a banca examinadora da tese de doutorado de **Nivaneide Alves de Melo**, da área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental, composta pelos professores Mário Ferreira de Lima Filho (orientador), Edmilson Santos de Lima (DGEO/UFPE), Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral (DCIVIL), Marcelo Henrique de Melo Brandão (UFCG), Ricardo Cavalcanti Furtado (EPE/RJ), cujos nomes foram indicados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geociências e aprovados pela Diretoria de Pós-Graduação da PROPESQ/UFPE em 17 de setembro de 2007, uma vez que a referida banca atende às exigências da Resolução nº 03/98 do Conselho Coordenador de Ensino, Pesquisa e Extensão. O Prof. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann, coordenador do programa, abriu a sessão apresentando os membros da banca examinadora e passou a palavra ao Prof. Mário Ferreira de Lima Filho, Presidente da Banca Examinadora, o qual apresentou a doutoranda, passando-lhe a palavra e concedendo-lhe 50 (cinquenta) minutos para exposição da tese intitulada "Fragilidade Ambiental na Sub-Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba, PI". Após a exposição da tese, o Prof. Mário Ferreira de Lima Filho passou a palavra ao Prof. Ricardo Cavalcanti Furtado, que teceu seus comentários sobre a tese e argüiu a doutoranda, a qual apresentou sua defesa usando da palavra. Em seguida, foi dada a palavra ao Prof. Marcelo Henrique de Melo Brandão, que teceu seus comentários sobre a tese e argüiu a doutoranda, a qual apresentou sua defesa usando da palavra. Em seguida foi dada a palavra ao Prof. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral, que teceu seus comentários sobre a tese e argüiu a doutoranda, que apresentou sua defesa usando da palavra. Logo após foi dada a palavra ao Prof. Edmilson Santos de Lima, que teceu seus comentários sobre a tese e argüiu a doutoranda, que apresentou sua defesa usando da palavra. O Prof. Mário Ferreira de Lima Filho, com a palavra, teceu comentários fazendo algumas observações e argüiu a doutoranda, que apresentou sua defesa usando da palavra. Encerrada a fase de apresentação e defesa da tese, o Prof. Mário Ferreira de Lima Filho solicitou aos presentes que se retirassem do recinto para que a banca deliberasse. Após 05 (cinco) minutos, foi reaberta a sessão e tornada pública a menção "Aprovada" dada por unanimidade. Em seguida, o senhor presidente deu por encerrada a sessão da qual eu, Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFPE, lavrei a presente ata, que assino com os componentes da banca examinadora. Recife, 21 de setembro de 2007.



Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann
Mário Ferreira de Lima Filho
Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral
Marcelo Henrique de Melo Brandão
Ricardo Cavalcanti Furtado

Dedico este trabalho

Aos Meus Pais, Nivaldo e Neide,
Aos Meus Irmãos, Nixon e Neila,
E à Minha Família.

Obrigada pelo apoio e paciência
durante essa caminhada, em que
muitas vezes tive que me ausentar.

Agradecimentos

Agradeço a todos aqueles que, de forma direta ou indireta colaboraram para a elaboração deste trabalho.

De modo especial agradeço:

Ao Prof. Dr. Mário de Lima Filho, pela orientação e amizade ao longo da pesquisa.

À Empresa de Pesquisa Energética do Ministério das Minas e Energia, pela liberação dos dados utilizados nessa pesquisa.

Ao Laboratório de Geologia Sedimentar e Ambiental – LAGESE - do Departamento de Geociências da UFPE, pelo apoio logístico e pela liberação de equipamentos para a confecção dos mapas temáticos.

A Hugo Falcão pelo carinho, companheirismo, paciência e valiosa contribuição na edição dos mapas temáticos e figuras.

A José Carlos Lins Falcão e Helena Falcão pelo carinho e acolhida aqui em Recife.

Aos colegas da Pós-Graduação em Geociências, e principalmente do LAGESE, pela amizade e discussões que contribuíram para o crescimento intelectual.

Aos professores que participaram da banca examinadora, pelas contribuições que enriqueceram este trabalho.

Ao CNPq pelo apoio financeiro

APRESENTAÇÃO

Esta tese é parte dos requisitos para obtenção do grau de doutor em geociências na área de concentração de Geologia Sedimentar e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco. Para a realização desta pesquisa foi imprescindível o apoio do Laboratório de Geologia Sedimentar e Ambiental da UFPE e da Empresa de Pesquisa Energética do Ministério das Minas e Energia.

Este trabalho foi desenvolvido no sul do Maranhão e do Piauí, para compreender como o relevo e a hidrografia da bacia hidrográfica do Alto Parnaíba favorecem a erosão dos solos e qual a situação atual da bacia hidrográfica frente à fragilidade ambiental.

O Capítulo 1 apresenta a área de estudo, com a sua localização e os objetivos e hipóteses da pesquisa.

O Capítulo 2 explica a metodologia desenvolvida e aplicada na elaboração desse trabalho.

No Capítulo 3 são abordadas as teorias e conceitos trabalhados, abrangendo fragilidade ambiental, erosão e bacia hidrográfica.

No Capítulo 4 são caracterizados os elementos do meio físico que compõe a bacia hidrográfica e servirão de balizadores na composição do quadro da qualidade ambiental da bacia hidrográfica.

O Capítulo 5 mostra os aspectos demográficos distribuídos pela bacia hidrográfica e os tipos de uso do solo e as unidades de conservação encontradas no Alto Parnaíba.

O Capítulo 6 é reservado à discussão dos métodos da fragilidade ambiental, sendo apresentado os resultados da combinação dos mapas temáticos.

O Capítulo 7 traz as conclusões e algumas considerações relativas aos resultados obtidos.

Finalizando, no Capítulo 8 estão citadas as referências bibliográficas utilizada nesta tese.

RESUMO

Esta pesquisa desenvolveu estudos integrados sobre a bacia hidrográfica do Alto Parnaíba, no Piauí, considerando a atuação das atividades humanas sobre o ambiente natural, a fim de determinar o grau de alteração desse ambiente, a partir da presença antrópica neste local, além de propor ações para restabelecimento de uma situação de equilíbrio ambiental. Pois, quando os eventos sobre a paisagem são de origem antrópica e de orientação econômica, os impactos poderão causar danos irreparáveis, pois nem sempre o ambiente tem a capacidade de suporte e/ou elasticidade efetiva para recuperar o dano causado por uma ação inadvertida e persistente. O objetivo principal é compreender como o relevo e a hidrografia da bacia favorece a erosão dos solos e diminui a qualidade ambiental da mesma. O procedimento metodológico foi baseado em Ross (1994) e Brandão (2005) utilizando-se os conceitos de fragilidade ambiental e índice de degradação ambiental. A partir da caracterização do quadro natural e sócio-econômico da bacia hidrográfica foi montado um sistema de informações geográficas, onde houve o cruzamento dos diversos temas abordados na análise. Chegando-se a conclusão que a bacia hidrográfica apresenta grandes áreas com alta fragilidade, pois os processos erosivos atuantes estão intensos, e áreas com fragilidade baixa que deverão ser preservadas da ação antrópica.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental – Bacia Hidrográfica – Erosão

ABSTRACT

This research developed integrated studies over the Alto do Parnaíba Hydrographic Basin, in Piauí, considering human activity over the natural environment, in order to determine how modified this environment was due to the human presence in this field. It will also propose actions for the reestablishment of a balanced environment situation. When the events over the landscapes are of a human origin, with an economical purpose, the impacts could be of irreparable harm, once the environment has not always the capacity and/or the effective elasticity to recover from the damages caused by unadvised and persistent actions. The main purpose of this research is to comprehend how the relief and hydrographic of the basin favor its ground erosion and diminish its environmental quality. The methodological procedure was based on Ross (1994) and Brandão (2005) using the concepts of environmental fragility and environmental degradation index. A system of geographical information was constructed based on the natural status and social and economical characterization of the hydrographic basin, and the results were crossed according to multiple variables of the analysis. It was concluded that the basin presents great areas of fragility, once the acting erosive processes are now intense, and also areas of low fragility which are to be preserved from human action.

Key-words: Environmental Fragility, Hydrographic Basin, Erosion

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVA.....	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	4
2. MATERIAIS E MÉTODOS	6
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
4. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARNAÍBA	25
4.1. CONDICIONANTES CLIMÁTICOS	25
Precipitação	28
Insolação.....	32
Evaporação	33
Temperatura.....	34
Ventos	35
4.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	36
4.3. RELEVO REGIONAL E LOCAL.....	48
Formas do Relevo Local	52
4.4. ASPECTOS PEDOLÓGICOS.....	57
Principais Unidades de Solos.....	58
4.5. RECURSOS HÍDRICOS	63
4.6. COBERTURA VEGETAL.....	74
5. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E USO DO SOLO	80
5.1. USO DO SOLO.....	86
5.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	93
6. ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARNAÍBA	96
6.1. FRAGILIDADE POTENCIAL.....	102
A Declividade do Terreno.....	103
Os Solos.....	107
Tipos de Litologia	108
Os Dados Pluviométricos	111
6.2. FRAGILIDADE EMERGENTE	116
6.3. FRAGILIDADE AMBIENTAL PELA METODOLOGIA DE BRANDÃO	122
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.3-1 – Mapa de Localização.....	05
Figura 4.2-1 – Carta Estratigráfica da bacia Parnaíba.....	37
Figura 4.2-2 – Mapa Geológico.....	46
Figura 4.3-1 - Unidades Morfoestruturais.....	51
Figura 4.3-2 – Mapa Geomorfológico.....	56
Figura 4.4-1 – Mapa Pedológico.....	62
Figura 4.5-1 – Destaque da hidrografia do Rio Parnaíba.....	63
Figura 5-1 – Mapa de Distribuição da população por município.....	84
Figura 5.1-2 – Mapa de Distribuição da densidade demográfica por município....	85
Figura 5.1-3 – Mapa de Uso do Solo e Formações Vegetais.....	92
Figura 5.2-3 – Mapa de localização das Unidades de Conservação.....	95
Figura 6.1-1 – Mapa de Erosão Laminar	98
Figura 6.1-2 – Mapa de Erosão Concentrada.....	101
Figura 6.1-3 - Mapa de Fragilidade Potencial, somente com elementos naturais físicos.....	110
Figura 6.1-4 - Etapa da classificação dos dados pluviométricos	112
Figura 6.1-5 - Distribuição dos dados pluviométricos na bacia a partir dos agrupamentos	115
Figura 6.2-1 - Mapa de Fragilidade Potencial.....	121
Figura 6.3-1 - Mapa de Fragilidade Ambiental.....	125

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Prancha 4.2-1 – Fotos das Formações Piauí e Pedras de Fogo.....	47
Foto 4.2-1 – Paisagem próxima a Uruçuí.....	55
Foto 4.2-2 – Topos das chapadas no sul da bacia.....	55
Foto 4.5-1 – Água jorrando próximo ao rio Gurguéia.....	70
Foto 4.5-2 – Assoreamento no rio Gurguéia.....	71
Foto 4.6-1 - Vegetação e plantio de soja.....	76
Prancha 5.1 – Fotos das atividades antrópicas encontradas na bacia.....	91
Foto 6.1-1 Focos de erosão e declividade acentuada.....	106

Foto 6.1-2 – Áreas com erosão às margens do rio Parnaíba.....	114
Foto 6.1-3 Processo de erosão laminar.....	114
Fotos 6.2-1 Processos erosivos intensos.....	120
Fotos 6.3-1 – Vale do rio Gurguéia, estrada e Rio Parnaíba.....	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Classes de Fragilidade Ambiental.....	09
Quadro 4.1-1 – Regime de precipitações.....	31
Quadro 4.5-1 – Regime de vazões do rio Parnaíba	66
Quadro 4.5-2 – Regime de vazões do rio Balsas.....	67
Quadro 4.5-3 – Regime de vazões do rio Uruçui-Preto.....	68
Quadro 4.5-4 - Regime de vazões do rio Gurguéia.....	69
Quadro 5.2-1 – Unidades de Conservação Federal e Estadual.....	93
Quadro 6-1 – Interação dos fatores erodibilidade dos solos e tipos de relevo.....	97
Quadro 6-2 – Interação dos fatores solos e substrato geológico.....	100
Quadro 6.1-1 Classes de Fragilidade Potencial.....	102
Quadro 6.1-2 – Declividades da bacia Alto Parnaíba.....	103
Quadro 6.1-3 – Distribuição de solos por fragilidade na bacia hidrográfica.....	107
Quadro 6.1-4 – Distribuição das unidades geológicas por fragilidade na bacia hidrográfica.....	108
Quadro 6.1-5 - Fragilidade Potencial da bacia hidrográfica.....	113
Quadro 6.2-1 – Classes de uso do solo por fragilidade.....	117
Quadro 6.2-2 – Fragilidade Emergente da bacia hidrográfica.....	118
Quadro 6.3-1 – Classes de fragilidade na bacia hidrográfica pelo método Brandão.....	123

LISTA DOS GRÁFICOS

Gráfico 4.1-1 – Precipitações médias mensais.....	29
Gráfico 4.1-2 – Histograma de insolação média mensal.....	33
Gráfico 4.1-3 – Evaporação média anual.....	34

1. INTRODUÇÃO

O ser humano ao longo de sua existência não poupou esforços no sentido de apropriar-se do espaço geográfico e dos recursos nele disponíveis. Nestes últimos tempos constata-se uma intensificação desse processo em decorrência, sobretudo, do significativo aumento da população e das suas necessidades de consumo. Essa apropriação, no entanto, não foi acompanhada de uma preocupação quanto à preservação e à qualidade ambiental, muito embora, o problema já se fizesse presente há muito tempo. Como resultado, a população tem-se deparado com uma diversidade de problemas os quais tem comprometido não só o seu bem estar, mas também a sua qualidade de vida.

Os problemas ambientais brasileiros decorrem, em grande parte, de graves deficiências no processo de gestão dos recursos naturais. Essas deficiências referem-se, particularmente, à falta de definição de papéis e de mecanismos de articulação entre os agentes sociais, econômicos e administrativos envolvidos no processo, pois muitas vezes a população aparece como um recurso, porém, também é um elemento atuante nas organizações dos serviços sociais. A população pratica e também sofre a ação de suas atividades, principalmente nas repostas do ambiente às intervenções realizadas de forma equivocada.

Os níveis de degradação ambiental encontrados em diferentes regiões brasileiras não podem ser justificados, apenas, pelo estágio atual do conhecimento científico sobre o funcionamento dos ecossistemas (e sua interação com o sistema sócio-econômico) e pela dificuldade de acesso a tecnologias de prevenção e controle de danos ambientais. Nas condições atuais, certamente, o fator mais importante a ser considerado são as inadequações e falhas no próprio processo de gestão ambiental, que dificultam ou impedem os diferentes agentes sociais de apossar-se do conhecimento e das tecnologias disponíveis, aplicando-os no cotidiano da gestão.

Assim, atenção prioritária deve ser dada ao desenvolvimento de instrumentos de gestão que possibilitem promover, de forma coordenada, o uso,

proteção, conservação e monitoramento dos recursos naturais e sócio-econômicos de um determinado espaço, sem deixar de lado a pesquisa necessária para fundamentar cientificamente as intervenções propostas no processo. Isso exigiria uma maior interação entre órgãos responsáveis pela gestão ambiental e as instituições de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

As vastas dimensões geográficas do Brasil abrigam uma diversidade de lugares com aspectos bem singulares; neste tocante, a Região Nordeste é considerada como tal, por apresentar peculiaridades paisagísticas entre os lugares que a compõe.

Quando se iniciou a colonização no Brasil, houve a partilha do território em que os donatários procuram apossar-se das áreas, pois era uma forma melhor que havia para ocupar o lugar e conseqüentemente gerar riquezas na transformação da paisagem, tornando-a um bem e, como tal, um recurso de satisfação existencial individual e coletiva.

Ao se utilizar essas peculiaridades, a paisagem torna-se um recurso, que passa a fazer parte do patrimônio do proprietário das terras e começa a gerar riquezas. Dessa concepção iniciam-se as investidas diretamente sobre o ambiente, formando daí uma cultura de exploração dos recursos naturais sem levar em conta a sensibilidade do ambiente. Quando os eventos sobre a paisagem são de origem antrópica e de orientação econômica, os impactos poderão causar danos irreparáveis, pois nem sempre o ambiente tem a capacidade de suporte e/ou elasticidade efetiva para recuperar o dano causado por uma ação inadvertida e persistente.

Pesquisas como estas procuram desenvolver estudos integrados sobre o meio ambiente. Estes estudos, além de analisarem a situação do ambiente natural, com suas diversas variáveis, consideraram ainda a atuação do ser humano sobre o mesmo, a fim de determinar o grau de alteração do ambiente natural, a partir da presença antrópica neste local, além de propor ações para restabelecimento de uma situação de equilíbrio dinâmico.

A abrangência espacial destes estudos é variável, podendo ser aplicado desde pequenas extensões territoriais até grandes áreas. Neste sentido, a aplicação deste tipo de estudo em uma unidade espacial determinada contribui para a correta avaliação dos dados, bem como para a adoção de medidas compensatórias específicas a cada área.

Sendo assim, a adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial de estudo, se configura como uma opção interessante, inclusive sendo considerada pela própria legislação ambiental, como unidade a ser adotada para estudos que visem a elaboração de relatórios de impactos ambientais.

Nesse caso, o que mais chama a atenção são os processos erosivos que podem intensificar a degradação do ambiente que é potencialmente frágil, ao qual nos leva ao questionamento:

O que torna uma bacia hidrográfica frágil ambientalmente?

O questionamento como elemento inicial da pesquisa terá como elementos balizadores três hipóteses, pois estas podem permitir o seu refutamento ou sua corroboração, as quais foram assim estabelecidas:

- a) Os processos erosivos atuantes na bacia hidrográfica interferem na dinâmica superficial?
- b) As formas de relevo acentuam os processos de degradação nas áreas frágeis?
- c) O uso e ocupação do solo geram atividades que torna a bacia hidrográfica frágil?

1.1.JUSTIFICATIVA

A bacia hidrográfica do Alto Parnaíba foi escolhida devido às suas características naturais que a individualizam dentro da Grande Bacia do Rio Parnaíba. Dentre essas características, o que chama a atenção é a região das nascentes dos rios Parnaíba, Uruçuí, Balsas e Gurguéia, por apresentarem um bom estado de conservação diante da exploração agrícola que vem se instalando sobre os cerrados dos Estados do Piauí e Maranhão. Outro ponto a ser abordado é o forte de processo de desertificação instalado na região de Gilbués, onde já está cadastrado, como uma das dez áreas mais afetadas no Brasil.

Essa pesquisa de doutoramento iniciou-se a partir do envolvimento com o estudo da **Avaliação Ambiental Integrada (AAI)** realizada na **Bacia do Rio Parnaíba** em um convênio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Ministério das Minas e Energia e a CNEC/PROJETEC, que tinha o objetivo de estudar a bacia hidrográfica para conhecer os impactos causados com a implantação de barramentos, ao longo do rio Parnaíba para a geração de energia elétrica.

A elaboração dos mapas temáticos relativos ao meio físico terrestre durante a execução do **AAI** despertou a nossa curiosidade sobre os processos naturais atuantes no ambiente.

Uma avaliação integrada ambiental gera produtos que podem diagnosticar e até prever os impactos que ocorrem em um sistema como a bacia hidrográfica, pois os recursos naturais podem atingir um nível de depauperamento alto ainda no decorrer de pouco anos, ou seu desperdício acabar privando imensas parcelas da população de seu uso; pela falta de vegetação em uma vertente mais íngreme, associado ao empobrecimento do solo e aos processos de ravinamento, que criam condições desfavoráveis à moradia e às condicionantes estéticas do ambiente.

1.2.OBJETIVOS

A investigação está pautada em três hipóteses, e a partir delas estabeleceu-se o objetivo geral, que é compreender como o relevo e a hidrografia da bacia do Alto Parnaíba favorecem a erosão dos solos.

Estabelecido o objetivo geral aponta-se, a partir de cada hipótese, um elenco de objetivos específicos que irão testar a estabilidade lógica de cada uma. Para efetivar a investigação da proposta fez-se necessário:

- Definir o cenário geomorfológico da área;
- Identificar áreas com processos erosivos acelerados;
- Relacionar o grau de utilização das áreas com sua potencialidade quanto ao uso;
- Elaborar o zoneamento da fragilidade ambiental da bacia;
- Quantificar, através do índice de degradação ambiental, as áreas degradadas das sub-bacias hidrográficas.

1.3.LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo é parte da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, que abrange parte dos Estados do Piauí e do Maranhão no Nordeste brasileiro. A bacia hidrográfica do Alto Parnaíba localiza-se no sudoeste do Estado do Piauí, limitando-se com o Maranhão, Tocantins e Bahia. Ao norte, a bacia limita-se com

o município de Floriano e a leste com a Serra das Confusões. A bacia compreende três sub-bacias, a do rio Balsas, a do rio Gurguéia e a do rio Parnaíba/Uruçuí. (Figura 1.3-1)



Figura 1.3-1 – Mapa de Localização da bacia hidrográfica do Alto Parnaíba

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Dentro da perspectiva dos estudos que integram os elementos naturais e humanos, para fins de mapeamento da realidade ambiental, O Índice de Degradação Ambiental – IDA, proposto por Brandão (2005), apresenta-se como uma metodologia aplicável, contendo ferramentas úteis ao estudo. Esta metodologia considera em sua análise a interpretação de elementos naturais, como solo, declividade, cobertura vegetal e densidade demográfica, para determinar a qualidade ambiental. A metodologia de Brandão pode ser resumida na seguinte fórmula:

$$IDA = \frac{\left[1 - \left(\frac{V + S}{2} \right) \right] + \left(\frac{D + P}{2} \right)}{2}$$

V = Vegetação (percentual de cobertura vegetal);

S = Características do horizonte A do solo;

D = Declividade;

P = Pressão Antrópica (densidade demográfica)

A referida metodologia adapta-se a aplicação em bacias hidrográficas, visto que, as variáveis que a constituem estão presentes nesta unidade espacial de estudo. Levando em consideração a proposta metodológica, e em função da necessidade de se conhecer a realidade ambiental, aplicou-se este método na bacia Alto Parnaíba.

Para comprovar a eficiência do método IDA de Brandão, aplicamos também a metodologia de Ross (1990), que busca estudar a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica a partir da sua fragilidade ambiental.

A diferença principal entre as duas metodologias é que a de Brandão insere as atividades antrópicas, através da densidade demográfica, no processo

avaliativo, enquanto que a metodologia de Ross considera apenas os elementos do meio físico.

Seguindo os procedimentos metodológicos foram realizadas as seguintes etapas:

I. Levantamento das informações cartográficas:

Parte desta etapa foi realizada antes do início desta pesquisa. Os mapas pedológico, geológico, geomorfológico e de uso dos solos foram elaborados em CAD, durante a execução da Avaliação Ambiental Integrada no Consórcio EPE/CNEC/ PROJETEC (2006); Os mapas derivados das combinações desses primeiros mapas temáticos foram gerados em ambiente SIG: mapa de erodibilidade, e os mapas de fragilidade ambiental.

II. Caracterização da área de estudo

Elaborou-se um prévio diagnóstico da situação ambiental da bacia hidrográfica, utilizando os critérios da fragilidade ambiental;

IV Cruzamento dos mapas temáticos

Dentro do ambiente do Sistema de Informações Geográficas foi realizada a combinação do temas estudados e gerado as cartas derivadas de erosão concentrada, erosão laminar, de declividade, e posteriormente a geração da carta de fragilidade ambiental, que é o produto final desse estudo.

Para tornar possível a integração desses mapas, foi necessário fazer a sua padronização, de maneira que ficassem em uma mesma escala de valores. Esta padronização se deu através do comando Fuzzy, no qual há a possibilidade de se criar uma curva que represente a variação dos valores de cada fator em função da sua influência na fragilidade da área. Durante este processo utiliza-se os critérios adotados para análise da fragilidade, sendo que o objetivo é fazer com que os valores baixos, ou próximos a zero, representem áreas com fragilidade baixa e os valores altos, indiquem áreas com alta fragilidade. A aproximação Fuzzy é claramente mais flexível que os métodos Booleanos para análise de geossistemas, porque a interseção Booleana aceita apenas intervalos rígidos e muitas áreas são rejeitadas. A classificação Fuzzy de uma variável contínua é

claramente a melhor aproximação da realidade que a classificação Booleana rígida.

Para a geração dos mapas de fragilidade ambiental da área em estudo, utilizou-se a classificação por múltiplos critérios, denominada Combinação Linear Ponderada. Nesta metodologia começa multiplicando cada fator por seu peso e depois soma os resultados. De acordo com Donha (2006), os modelos mais utilizados nos ambientes SIG para a combinação de mapas são os operadores Booleanos (mais simples e mais conhecidos), a sobreposição por índice ou média ponderada (utilizados quando os mapas devem ser analisados juntos, através de uma combinação com pesos aos temas e notas às classes, segundo o julgamento de sua influência no fenômeno modelado) e a lógica Fuzzy (através da aplicação de uma função de pertinência). Todos esses métodos são baseados em modelos empíricos subjetivos sendo, as regras; pesos e notas ou valores das funções de pertinência Fuzzy, atribuídos de forma subjetiva, utilizando-se o conhecimento do processo envolvido para estimar a importância relativa dos mapas de entrada. Os métodos de combinação ponderada e da lógica Fuzzy, por manipularem dados mais precisos (classificados em intervalos contínuos: do valor mais favorável ao menos favorável), tornam-se bem mais eficientes que o método convencional de cruzamento Booleano (classificado de forma rígida: favorável ou não favorável), o qual manipula informações que já trazem, por si só, os vícios e imprecisões características da lógica Booleana.

Foram gerados mapas de fragilidade potencial e fragilidade emergente, com base na metodologia proposta por Ross (1990), com algumas adaptações, como a introdução da densidade demográfica. O mapa de fragilidade potencial foi resultado da integração dos mapas geológico, geomorfológico, de declividade e de solo, e, para a geração do mapa de fragilidade emergente, foi adicionado o mapa de uso atual e erosividade na integração.

O modelo foi aplicado a cada tema individualmente dentro de cada unidade, respeitando uma abordagem holística, atribuindo valores onde se obteve a média dos valores individuais que representou a posição da unidade geoambiental dentro da escala de vulnerabilidade à erosão.

A estabilidade ou vulnerabilidade, resistência ao processo de erosão das unidades é definida pela análise integrada do conjunto rocha, solo, relevo,

vegetação e clima. Os elementos considerados em cada componente físico da paisagem levam em consideração seu comportamento em face da erosão.

O trabalho de digitalização dos temas geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso da terra, assim como o das unidades geoambientais foi executado no AutoCad 2004. Os mapas em formato vetorial e devidamente georeferenciados foram exportados para o GIS Arcview 3.2a, onde se iniciou a integração dos dados e a finalização dos mapas temáticos.

A partir do cruzamento entre os mapas temáticos no formato digital, que identificam física e fitogeograficamente a bacia hidrográfica, realizou-se a operação pontual de ponderação, que associa o grau de fragilidade em que valores foram atribuídos as cinco classes do tema, variando entre 1,0 e 5,0. O **quadro 2.1** mostra a divisão entre as cinco classes estabelecidas para a fragilidade ambiental.

Quadro 2.1 - Classes de Fragilidade Ambiental

Escala	Grau de Fragilidade
4,2 a 5,0	Muito alta (morfogênese)
3,4 a 4,1	Alta
2,6 a 3,3	Moderada
1,8 a 2,5	Baixa
1,0 a 1,7	Muito baixa (pedogênese)

Esses valores de um a cinco representam os três meios definidos na teoria da Ecodinâmica de TRICART (1977), em que ele demonstra o balanço entre a morfogênese e a pedogênese. Esta teoria será detalhada no próximo capítulo

A preocupação com a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica dá-se pela necessidade de conhecimento integrado e profundo dos elementos, dos processos físicos, biológicos e da ação humana, haja vista que a região de Cerrado, onde se encontra a bacia hidrográfica é complexa e ainda pouco estudada sob a ótica da geomorfologia.

3.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No início deste século já era comum em diversos países da Europa, o uso da estratégia do planejamento buscando decisões acerca de formas alternativas de melhor utilizar os recursos disponíveis. Uma visão um pouco mais diferenciada de planejamento surgiu na década de 50 quando, nos Estados Unidos, a principal preocupação girava em torno da necessidade de se avaliarem os impactos ambientais resultantes de grandes obras estatais (SANTOS *et al*, 1997).

Os anos 70 e início dos anos 80 são marcados por grandes transformações na sociedade: a conservação e preservação dos recursos naturais e o papel do homem integrado no meio passam a ter papel importante na discussão da qualidade de vida da população. Neste período, os conceitos sobre planejamento sofrem uma reformulação, onde a questão ambiental é amplamente contemplada.

Surge então, nessa época, a tendência de elaborar planejamentos ambientais regionais integrados, que se resumiam na formalização do sistema de planejamento já existente, mas onde os elementos componentes do plano eram provenientes do meio natural ou antropizado, analisados de forma interativa. No Brasil, a premissa era planejar e gerenciar através de zoneamentos ambientais, usando como unidades de planejamento as bacias hidrográficas, como apresentado na Lei no 6.938, da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), de 1981.

A concepção de Bacia Hidrográfica como objeto de estudo, data do início do século XX. Muitos pesquisadores, entre as décadas de 60 e 90 chamam atenção, conforme GUERRA (1999), para “*a bacia hidrográfica como unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as interrelações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação*”. Com isto, observam-se os primeiros pensamentos voltados ao planejamento ambiental. “O planejamento ambiental em bacias hidrográficas pode minimizar, ou mesmo evitar a ocorrência de impactos

ambientais decorrentes da ação antrópica indiscriminada, com o objetivo de orientar a ocupação humana, para que sejam resguardadas as áreas destinadas à preservação ambiental, tendo em vista a conservação dos recursos naturais, a forte instabilidade, fragilidade ambiental ou a alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa que certas porções da paisagem podem apresentar” (GUERRA, 1999).

Dessa maneira a bacia hidrográfica torna-se a unidade ideal para se efetuar trabalhos de planejamento de um modo geral, fornecendo subsídios para que sejam efetuados diversos estudos que se tornem necessários, como por exemplo, o estudo da fragilidade ambiental.

Percebe-se, pois, que o termo planejamento ambiental é utilizado para “definir todo e qualquer projeto de planejamento de uma determinada área que leve em consideração fatores físico-naturais e sócio-econômicos para a avaliação das possibilidades de uso do território e/ou dos recursos naturais, ainda que haja, de acordo com os objetivos e metodologias de cada projeto, certa ênfase em determinado fator” (GUERRA 1999).

Dentro desta questão de preservação e manutenção dos recursos naturais, esta pesquisa busca fazer uma análise integrada, considerando a ação antrópica sobre o ambiente natural. Esta abordagem está integrada ao diagnóstico para formulação dos planos de bacias. De acordo com ROSS (1990, p 14-15):

...toda causa tem seu efeito correspondente, todo benefício que o homem extrai da natureza tem certamente também malefícios. Desse modo, parte-se do princípio de que toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando às vezes as condições ambientais a processo até mesmo irreversíveis.

Sendo assim, o estudo das bacias hidrográficas procura fornecer subsídios para a montagem de um inventário ambiental, que visa expor as condições ambientais as quais a bacia está submetida. A partir disto pode-se apontar o grau de fragilidade ambiental da bacia em estudo.

A fragilidade ambiental diz respeito ao dano que o meio ambiente pode sofrer, sendo, a poluição também um atributo para a fragilidade. Sendo assim, a fragilidade ambiental refere-se a áreas sensíveis a impactos ambientais, tendo baixa capacidade de recuperação.

Segundo o Dicionário Ambiental da econews.com.br, a fragilidade ambiental pode ser entendida como “o grau de suscetibilidade ao dano, ante à incidência de determinadas ações. Pode definir-se também como o inverso da capacidade de absorção de possíveis alterações sem que haja perda de qualidade”.

Também é utilizado como “quase” sinônimo de fragilidade ambiental os termos sensibilidade ambiental e vulnerabilidade ambiental, pois todos eles consideram que um ambiente possui características que o tornam suscetíveis a degradação, diante de um determinado dano ambiental.

Para se identificar o grau de fragilidade ambiental de uma determinada bacia hidrográfica se faz necessário o conhecimento dos processos geodinâmicos. Este conhecimento requer levantamento dos fatores bioclimáticos, pedológicos, geológicos e antrópicos que atuam sobre o ambiente a ser estudado. Considerando que a natureza apresenta uma dinâmica própria e que por sua vez provoca mudanças freqüentes no modelado terrestre, TRICART (1977) elaborou um enfoque geomorfológico para caracterizar a ecodinâmica dos ambientes, propondo a identificação destes em três categorias, ou seja, os meios estáveis, os meios intergrades e os meios fortemente instáveis.

Os **meios estáveis** têm como característica:

1 – cobertura vegetal densa capaz de pôr freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese.

2 – dissecação moderada do relevo, sem incisão violenta dos cursos d' água, sem solapamentos vigorosos dos rios, e vertentes de lenta evolução.

3 – ausência de manifestações vulcânicas e abalos sísmicos que possam desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspectos mais ou menos catastróficos.

Nos **meios fortemente instáveis**, entre os fatores que favorecem este quadro estão:

1 – condições bioclimáticas agressivas, com ocorrência de variações fortes e irregulares de chuvas, ventos, geleiras.

2 – relevo com vigorosa dissecação, apresentando declives fortes e extensos.

3 – presença de solos rasos ou constituídos por partículas com baixo grau de coesão.

4 – inexistência de cobertura vegetal florestal densa.

5 – planícies e fundos de vales sujeitos a inundações.

6 – geodinâmica interna intensa (sismos e vulcanismo).

As unidades definidas por TRICART como meios **intergrades** configuram-se como locais onde o comportamento morfodinâmico está em transição, ou seja, de passagem gradual entre os meios estáveis e os instáveis.

A análise morfodinâmica proposta por TRICART baseia-se:

1 – no estudo do sistema morfogenético, que é função das condições climáticas.

2 – no estudo dos processos atuais, caracterizando os tipos, a densidade e a distribuição.

3 – nas influências antrópicas em graus de degradação decorrentes.

4 – nos graus de estabilidade morfodinâmica derivados da análise integrada dos sistemas morfogenéticos, dos processos atuais e da degradação antrópica. (ROSS, 1990).

Como resultado das ações dos sistemas morfogenéticos sobre o ambiente, tem-se a erosão do solo que é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento, cuja origem está ligada principalmente à ocupação das terras pelo homem (ação antrópica). A erosão do solo constitui a principal causa do empobrecimento precoce das terras produtivas.

CASTRO e VALÉRIO FILHO (1997) consideram que a erosão é um dos principais testemunhos de procedimentos incongruentes de manejo e produção, pois além dos danos diretamente ocasionados pela perda do substrato edáfico, este processo é responsabilizado por inúmeros distúrbios difusos, em particular, pelo comprometimento dos recursos hídricos e aceleração de processos mais amplos de degradação ambiental.

BASTOS e FREITAS (1999) expõem que se o solo tiver sua capacidade de absorção das águas da chuva reduzida através de ações antrópicas, como, por exemplo, pavimentações, a distribuição de água por todos os trajetos, a jusante de uma bacia será afetada.

De acordo com ALMEIDA e TERTULIANO (1999), os solos são sempre sensíveis aos danos causados pela ação antrópica e, além das suas funções edáficas, outras funções, como a do armazenamento de água pelos lençóis aquíferos e a capacidade de dissolução de compostos orgânicos, podem ser afetadas pelo uso inadequado, causando perdas ao ambiente e ao próprio homem, já que o solo em conjunto com a atmosfera e a água, constitui a base fundamental da sustentação da vida no planeta.

A concepção de que o impacto das gotas da chuva sobre um terreno descoberto resulta no desprendimento das partículas e em consequência causam a erosão do solo pela água, é particularmente recente, não tendo mais do que 40 anos. Ao mesmo tempo fica claro que a cobertura vegetal tem papel fundamental na manutenção do solo em seu lugar de origem (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A erosão é resultante de um processo das forças naturais e antrópicas sobre o ambiente, ocasionando com isso problemas que afetam a produção agrícola do campo, pois muitos nutrientes e o próprio solo são retirados de determinadas regiões pela ação das águas, em especial pela chuva fazendo com

que estes solos se percam assim como seus nutrientes. Conforme indica BERTONI & LOMBARDI NETO (1990, p 25): “o solo perdido pela erosão hídrica é geralmente mais fértil, contendo os nutrientes das plantas, húmus e algum fertilizante que o lavrador tenha aplicado. Milhões de toneladas de solo superficial fértil podem ser perdidos para sempre se ele é arrastado para o mar”.

A erosão hídrica causada pelas águas das chuvas, rios, mares e pelo degelo exerce papel determinante na modelagem do relevo e na degradação dos solos. De acordo com BERTONI & LOMBARDI NETO (1990, p 46): “no que se refere à erosão do solo, a unidade deve ser chuva, definida como a quantidade que cai em forma contínua em um período mais longo, individualizada através de suas características de intensidade, duração e freqüência”.

Ainda sobre a importância da chuva na alteração do relevo, através do transporte do solo, tem-se que: “as gotas de chuvas, caindo na superfície do solo, desagregam as partículas do mesmo, removendo-as. Esse processo é mais intenso quanto menor a cobertura vegetal, maior a intensidade da chuva, maior o grau de declive e maior for à susceptibilidade do solo à erosão” (TOMAZONI, 2002, p 148).

Entre os tipos de erosão pluvial, destacam-se:

Erosão laminar ou superficial é a remoção de uma fina camada de solo que acontece não necessariamente de maneira homogênea, mais sim, pode ser interligada por pequenos filetes de água que retiram o solo e deixam marcas imperceptíveis na superfície do mesmo (LEPSCH in OSAKI, 1994).

A erosão laminar que se caracteriza como o primeiro estágio da erosão, pode com o passar do tempo evoluir para a erosão em sulcos. Este tipo de erosão provoca o aparecimento de sulcos que podem ser rasos ou profundos no terreno, e ao contrário da erosão laminar, são visíveis. A erosão em sulcos está ligada a irregularidade que existe nas declividades do terreno, ocorrendo desta forma, concentração das águas das chuvas em determinados lugares, aumentando a força e velocidade da água (OSAKI, 1994).

Erosão em ravinas onde o solo é removido e ocorre através da formação de canais que são gerados pelo fluxo das águas concentradas. Assim o canal gerado

pela enxurrada recebe o nome de ravina. As ravinas no decorrer do processo erosivo evoluem para as chamadas voçorocas.

A erosão conhecida como de voçorocas é o resultado da erosão em sulcos que se amplia através do deslocamento de quantidades de solo em grandes cavidades em largura e profundidade. Contribuem para o aumento das voçorocas o escoamento concentrado, a declividade do terreno e o comprimento da rampa. O aparecimento deste tipo erosão está associado ao manejo inadequado dos solos e da água, sendo que os impactos negativos causados pelas mesmas são de grande preocupação, principalmente nas áreas rurais (OSAKI, 1994).

A erosão pela ação das águas das chuvas pode ocorrer ainda das seguintes maneiras: erosão em pedestal, erosão em pináculo, erosão em túnel e erosão vertical.

A erosão laminar consome o solo quase imperceptivelmente, enquanto a erosão em sulcos visivelmente arranca as reservas de húmus e minerais do solo, carregando também o solo biologicamente mais ativo, o que pode causar grandes quedas de rendimento (DERPSCH *et al*, 1991, p 38).

Nos diferentes tipos de erosão que ocorrem em função da chuva, outros agentes também atuam no sentido de tornar a erosão mais ou menos intensa. Assim, além de se considerar a intensidade da chuva, se faz necessário atentar para fatores como: tipo de solo, declividade, tipo de cobertura vegetal e forma das vertentes para que se possa entender e medir os processos erosivos que atuam na superfície terrestre.

Sobre as vertentes CHRISTOFOLETTI (1974, p 26) indica que: *“a vertente é uma forma tridimensional que foi modelada pelos processos de denudação, atuantes no presente ou no passado, e representando a conexão dinâmica entre o interflúvio e o fundo de vale”*.

Com relação ao fator cobertura vegetal, este se apresenta como um importante meio para reduzir a erosão de um determinado local, pois a vegetação contribui para a não desagregação do solo. Conforme indicam BERTONI & LOMBARDI NETO (1991, p 25): *“quando a cobertura vegetal é total ou parcialmente removida em áreas acidentadas, a enxurrada escorre mais rapidamente, aumentando o volume. Assim, inicia a erosão, provocando grande dano ao solo e a alguma vegetação que tenha ficado no terreno”*.

Quando se considera a erosão superficial se define que a mesma pode ocorrer através da erodibilidade dos solos ou através da erosividade das chuvas.

Sobre a erodibilidade OSAKI (1994, p 290) afirma que: *“entende-se por erodibilidade, quando determinados solos têm maior facilidade de se erodirem do que outros, mesmo que haja cobertura vegetal, declives suaves e precipitação (chuvas), além do manejo terem sido praticados de igual maneira”*. Isto nos indica que alguns solos erosionam mais que outros, mesmo que a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo sejam iguais.

Essa diferença ocorre devido às propriedades do solo que podem ser: (a) as que afetam a velocidade de infiltração da água do solo, a permeabilidade e a capacidade de absorção da água; (b) aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e enxurrada (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Neste sentido, práticas conservacionistas que buscam proteger o solo da ação erosiva são fundamentais, pois permitem que haja redução na perda dos solos. Com relação a erosividade afirma OSAKI (1994, p 291): *“A erosividade, refere-se a energia cinética contida nas gotas de chuvas capazes de desestabilizar (destruir) um agregado. São os efeitos de um impacto, do salpico e da turbulência que as chuvas (águas) e os ventos provocam no solo, juntamente com as enxurradas que deslocam as partículas”*.

Sobre as questões que se colocam acerca da erosividade e erodibilidade de um terreno e as diferentes quantidades de solo que se perdem no processo de erosão, cabe levar em conta a origem do material exposto, ou seja, o tipo de rocha que originou o solo. Sobre isto indica BELTRAME (1994, p. 56) que: através da litologia, pode-se definir a(s) rocha(s) mais abundante (s) e relacionar suas características (textura, desagregação, etc.) ao seu grau de suscetibilidade à erosão. Para cada grupo de diferentes tipos de rochas, pode-se associar um índice referente ao grau de suscetibilidade à erosão.

Levando em consideração a interação dos fatores que determinam o potencial erosivo de um local para se chegar ao seu estado de fragilidade ambiental, FERRETTI (1998) analisa a bacia hidrográfica do rio Marrecas em Francisco Beltrão, Paraná, onde obtém dados sobre a erosividade e erodibilidade que se encontram na mesma. Os resultados indicam que a erosividade encontrada em toda área da bacia hidrográfica pode ser caracterizada como

muito forte. Contribuiu para este resultado tanto a falta de cobertura vegetal, bem como a quantidade pluviométrica a que a região está exposta, aliado à inclinação das vertentes desta bacia.

Pode-se então concluir que a interação dos fatores: relevo, solo, vegetação e pluviosidade indicam a quantidade de solo que é retirada de um local, considerando-se que esta retirada está ligada principalmente à forma como a chuva ocorre no local. Pois conforme indica BERTONI & LOMBARDI NETO (1990, p 45): *“a chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos. O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência da chuva. A intensidade é o fator pluviométrico mais importante na erosão”*.

Desta forma a erosão será tanto maior, quanto maior for a intensidade da chuva, onde esta atua desagregando o material que constitui o solo, sempre relacionando com o tipo de solo, a cobertura da vegetação e a declividade do terreno.

Adaptando a proposta de TRICART (1977), ROSS (1990) propõe uma metodologia para a análise ambiental integrada. Esta metodologia é adaptável ao estudo das bacias hidrográficas. O desenvolvimento desta metodologia de estudo requer recursos como; cartas topográficas, fotos aéreas, carta geológica e dados pluviométricos. A partir destes materiais se elaboram alguns documentos como: carta de declividade, carta simplificada da litologia e características do manto de alteração, carta de uso da terra e cobertura vegetal, carta dos elementos das formas de relevo e marcas de processos erosivos e análise dos dados pluviométricos.

Através do cruzamento das informações obtidas em cada carta, obtém-se o grau de fragilidade potencial ao qual está submetida uma bacia hidrográfica.

ROSS (1990) propõe que para se avaliar os resultados obtidos com a pesquisa, sejam estabelecidos pesos ou notas a cada situação que as variáveis apresentarem. Desta forma pode-se tanto apresentar o resultado de cada variável como sendo, muito fraco, fraco, médio, forte ou muito forte, como por valores numéricos de 1 a 5. O produto final do trabalho sintetiza a soma das variáveis, (relevo, litologia/solo, vegetação/uso da terra e pluviosidade/temperatura), ou seja, o cruzamento de dados para a obtenção do grau de fragilidade a qual está exposta à área de estudo.

O método desenvolvido por ROSS (*op. cit.*) torna possível o conhecimento da fragilidade potencial da área de estudo, podendo ser acrescentados mais algumas variáveis se assim se fizerem necessárias para o conhecimento da situação real de conservação da bacia hidrográfica. Para ser feita a análise da fragilidade ambiental ainda inclui-se o fator antrópico no diagnóstico da bacia, que na proposta de Ross não é incorporado.

Utilizando a metodologia proposta por ROSS (1990), SANTOS & VITTE (1998, p 14) indicam sobre estudo realizado na bacia do rio Palmital na região metropolitana de Curitiba que:

“... a metodologia consiste em um mapeamento dos diversos temas, como geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia, hidrologia e uso da terra, cuja análise integrada possibilita a determinação da fragilidade ambiental”.

A proposta de ROSS (1990) de um encaminhamento metodológico para a pesquisa ambiental apresenta uma forma simples e eficaz para se obter os resultados sobre o estudo da fragilidade potencial das bacias hidrográficas.

A má utilização dos recursos naturais pode levar o ambiente a reagir de forma bastante rápida iniciando processos de degradação do espaço ao qual pertença. Nestes casos, o planejamento ambiental deve ser visto como sendo de extrema importância no sentido de buscar soluções que tragam parte ou totalidade de equilíbrio ao meio degradado.

Os estudos de diagnóstico dentro do planejamento ambiental devem ser conduzidos de forma que se consigam englobar todas as causas e todos os acontecimentos geradores de determinada situação. Neste contexto, ROSS (1997) afirma que *“a Geografia como um todo e a geomorfologia especificamente, são de vital importância no trabalho de investigar e analisar o quadro ambiental, que é antes de mais nada um espaço, humanizado ou não, eminentemente geográfico.”* É necessário que o estudo da paisagem, seja entendido como um estudo da complexidade de suas variáveis, ou seja, uma abordagem englobando diversos aspectos do meio físico e biológico, avaliando os mecanismos que interferem nas constantes mudanças que nelas ocorrem, buscando assim efetuar a delimitação de áreas que apresentem graus de degradação, bem como sua fragilidade natural ou causada pela antropização, perfazendo o estudo de sua

fragilidade ambiental. SANTOS & VITTE, (1998), sobre os estudos de fragilidade ambiental, afirmam que “(...) neste tipo de análise, os conhecimentos relativos aos recursos naturais setORIZADOS (solos, relevo, rochas e minerais, água, clima, flora e fauna) devem ser avaliados de forma integrada, baseado no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas”. Indica-se através do estudo da fragilidade, a vulnerabilidade de um ambiente a algum tipo de uso ou ocupação, quer por decorrência de sua exploração, quer por fatores naturais próprios. Seu estudo tem por objetivo observar como um ambiente, que naturalmente pode apresentar graus de fragilidade, se comporta ou pode vir a se comportar com o advento da interferência antrópica.

Para SANTOS *et. al* (1997), “o termo fragilidade do meio pode aparecer como ambiente de risco ou risco ambiental, o qual define-se como perigo ou possibilidade de perigo ou perda”.

Sendo assim, sob um ponto de vista ambiental, a formulação de uma carta de fragilidade ambiental auxiliaria “(...) em um diagnóstico-síntese que pode perfeitamente nortear as intervenções antrópicas futuras e corrigir as presentes. É, portanto um instrumento importante no trabalho de planejamento físico territorial” (ROSS, 1997).

Visando estudar o meio físico de uma bacia hidrográfica com a influência do meio antrópico, BRANDÃO (2005) elaborou o Índice de Degradação Ambiental da bacia hidrográfica do rio do Peixe, onde é possível quantificar e classificar, temporal e espacialmente, a fragilidade ambiental de uma bacia ou de suas sub-bacias. Em sua metodologia, BRANDÃO (2005) utiliza os parâmetros da vegetação, solos, declividade e densidade demográfica, este último, ainda não tinha sido incluído em nenhuma das metodologias citadas anteriormente.

Para MIARA (2006) o termo erosividade refere-se a capacidade potencial de um agente qualquer (água, vento, gravidade, etc.) em provocar erosão. Nos modelos de estudo da erosão, a influência deste elemento é denominado de erosividade das chuvas e é calculado de diferentes formas procurando mensurar a chuva em sua intensidade, de acordo com a necessidade e os objetivos da pesquisa voltada à erosão. A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos sendo que, as gotas de uma chuva que atingem o solo contribuem para a erosão pelo menos de três maneiras.

Primeiramente desprendendo as partículas, depois transportando-as, e imprimindo energia em forma de turbulência, à água superficial.

A potencialidade das chuvas em provocar erosão constitui, entre outros fatores, um parâmetro de identificação imprescindível, pois do seu conhecimento dependem o planejamento e a execução de um adequado programa de conservação (OLIVEIRA JÚNIOR e MEDINA, 1990 *apud* MIARA, 2006).

Com relação as modalidades de uso e cobertura da terra de um determinado ambiente, estes influenciam nos níveis de fragilidade do ambiente conforme o grau de proteção que oferecem ao solo. CREPANI *et al* (2001) se refere a uma relação entre os tipos de uso da terra e as quantidades de perda do solo proporcionadas pelos mesmos anualmente.

Segundo ROSS (1990) a fragilidade dos ambientes naturais diante das intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características físicas, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais.

Para TRICART (1977, p 17), desde a lenta aparição do homem como espécie animal, os ecossistemas foram por ele modificados, assim como ele foi influenciado em seu desenvolvimento físico, e até intelectual, pelo meio ambiente, ou seja, pelos demais componentes do ecossistema do qual participa, pois para Tricart o homem participa dos ecossistemas em que vive. Ele os modifica e, por sua vez, os ecossistemas reagem determinando algumas adaptações do homem.

A partir deste ponto de vista, fica claro a inter-relação existente entre os seres humanos e o meio no qual ocupam. A grande problemática, no entanto, é quando esta convivência traz danos ao ambiente de forma a comprometer a qualidade do mesmo, assim como a disponibilidade de recursos naturais às gerações futuras.

Dos resultados negativos do impacto da ocupação antrópica inadequada sobre o meio, são representantes os processos de erosão acelerada dos solos, a perda da reserva de seus nutrientes, a contaminação físico-química dos recursos hídricos e possíveis modificações estruturais dos sistemas hidrográficos, como por exemplo, o assoreamento de várzeas, de reservatórios e canais fluviais

As questões ambientais possuem uma relação direta com o contexto social e a relação perversa entre a sociedade e a natureza é, antes de tudo, uma relação perversa entre os homens. Resolver e prevenir problemas ambientais tem como pré-requisito novas relações com a natureza, o que pressupõe, em última análise, novas relações sociais.

De forma complementar, Miara (2006) diz que a ocupação do solo de forma inconseqüente e acelerada no último século, sem a implantação de uma infra-estrutura adequada, contribuiu bastante para vários danos ambientais atualmente observados.

Assim, pode-se inferir que em se tratando de qualquer forma de ocupação de uma área, os fatores que devem ser considerados em uma análise que pretenda a manutenção das características ambientais necessárias para suporte das intervenções humanas decorrentes, são diversos e complementares entre si. Para FENDRICH *et al* (1997), as principais agressões causadas pelo homem decorrem da retirada da cobertura vegetal, da agricultura rudimentar, das áreas de pastagem com altas densidades de animais, da abertura de estradas sem execução de obras de drenagem, ou da execução de loteamentos com a inobservância de práticas de conservação do solo e de controle de erosão.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Auxiliando os diagnósticos e servindo como balizador tem-se a legislação ambiental que assegura a proteção e conservação dos recursos naturais existentes na bacia.

A Constituição de 1988 estabelece em seu art. 225, *caput*. “Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Dessa forma, o meio ambiente ecologicamente equilibrado caracteriza-se como um patrimônio, cuja defesa e preservação, estratégicas para as atuais e futuras gerações, são de responsabilidade do Poder Público. A esse incumbe, entre outras atribuições, de acordo com os parágrafos e incisos do citado art. 225:

- a) exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; e
- b) impor, independentemente da obrigação de reparar os danos causados, sanções penais e administrativas aos responsáveis por condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente.

O Código Florestal – Lei nº 4.771/65 determina:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja: 30, 50, 100, 200 e 500 m.
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais.
- c) Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados 'olhos d'água' qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 m de largura.
- d) Nas encostas ou parte destas com declividade superior a 45º equivalente a 100% na linha de maior declive.
- e) Nas bordas dos tabuleiros a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 m em projeções horizontais.

Art. 3º, parágrafo 1º - A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será permitida com prévia autorização do Poder Público Federal, quando for necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou de interesse social.

A Lei nº 6.938/81, art. 3º, incisos I e II, conceitua o que seria degradação da qualidade ambiental e poluição:

I - degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;

II - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;

- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

A Lei nº 9.433/97 define a Política Nacional dos Recursos Hídricos, que tanto protege os recursos hídricos, quanto estabelece que a bacia hidrográfica as diretrizes de planejamento, estabelece os seguintes princípios:

- Adoção da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento de planejamento;
- Respeito aos usos múltiplos dos corpos d'água;
- Reconhecimento das águas como um bem finito e vulnerável;
- Reconhecimento do valor econômico da água;
- Gestão participativa e descentralizada

E define os cinco instrumentos essenciais:

1. Plano Nacional de Recursos Hídricos
2. Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos
3. Cobrança pelo Uso da água
4. Enquadramento dos corpos d'água em Classes de uso
5. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

A recente Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, cognominada Lei dos Crimes Ambientais - LCA, corrobora essa visão ao definir como crimes contra o meio ambiente aqueles praticados contra a fauna, a flora e os atos suscetíveis de causar poluição de qualquer natureza; e ao reconhecer e buscar preservar o valor paisagístico, ecológico e turístico de bens ou locais especialmente protegidos.

4. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARNAÍBA

A bacia do rio Parnaíba foi recentemente estudada pela CODEVASF e os Ministérios da Integração Nacional e do Meio Ambiente, gerando um Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba - PLANAP.

Até a elaboração do PLANAP os estudos e projetos realizados no seu território nunca refletiram integralmente uma abordagem que considerasse a Bacia como um todo, incluindo a sua zona costeira, ao mesmo tempo em que nunca se adotou uma perspectiva de gerenciamento integrado. Embora esteja definida a estrutura legal e institucional, ela não está ainda consolidada para permitir a administração e implementação dessa abordagem de gerenciamento integrado de Bacia.

Paralelamente aos estudos do PLANAP, a Empresa de Pesquisa Energética –EPE, do Ministério das Minas e Energia solicitou um estudo que demonstrasse a situação ambiental atual da bacia hidrográfica do rio Parnaíba, e elaborasse cenários ambientais futuros com a implantação de empreendimentos geradores de energia elétrica ao longo do rio Parnaíba.

Esse estudo da EPE-CNEC/PROJETEC é a base de desta pesquisa, pois houve a participação desta autora na elaboração do capítulo referente ao meio físico terrestre da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba.

4.1. CONDICIONANTES CLIMÁTICOS

O clima na bacia hidrográfica do Alto Parnaíba se caracteriza por uma ampla diferenciação, traduzida, principalmente, pela distribuição espacial das precipitações. Dos sistemas de circulação atmosférica responsáveis pelo regime e instabilidade de chuvas, dois atuam com maior frequência na região nordeste: Sistemas de norte, representados pela “Convergência Intertropical” (CIT). Sistemas de oeste, representados por linhas de instabilidades tropicais (IT) (Nimer, 1979).

A CIT constitui uma superfície de descontinuidade provocada pelo fluxo dos alísios dos dois hemisférios, em posição oblíqua, constituindo-se em estreita faixa oscilante (depressão equatorial), produtora de perturbações e de uma pluviosidade característica. Sua posição média situa-se entre 5° N e o Equador geográfico, e seus deslocamentos meridionais mais significativos se dão no verão-outono. Na região, este sistema atua com maior frequência no final do verão, principalmente outubro, época em que alcança sua posição mais meridional, produzindo, conseqüentemente, os máximos índices pluviométricos.

O sistema de Instabilidades Tropicais possui predomínio de ventos de W e NW que alcançam o Estado do Piauí, acarretando chuvas, principalmente no verão e outono.

Classificação Climática

Os mecanismos do clima atuantes na bacia são muito complexos, face a conjugação de vários fenômenos atmosféricos aos quais se superpõem fatores de ordem física ditados pela geografia local, como as serras e a proximidade do mar.

Dentre as conseqüências dessa complexidade cabe destacar a ampla variabilidade pluviométrica registrada no tempo e no espaço geográfico. No setor sul, observam-se índices que variam de 700 a 1.300 mm, enquanto na região central situam-se entre 500 e 1.450 mm, ao longo do ano.

Condicionada principalmente pelo regime de precipitações atuantes na região, a bacia enquadra-se quase que totalmente na categoria dos climas secos, com exceção das porções situadas ao noroeste e ao sul.

Considerando-se a variação espacial dos índices de umidade, a tipologia climática regional é característica dos climas secos do tipo subúmidos e semi-árido, em que os excedentes hídricos, são sazonalmente concentrados em curto período de tempo.

A questão climática fundamental está condicionada à irregularidade das chuvas, com ocorrência de valores extremos de precipitações, cuja grande variabilidade temporal, constitui um fator limitante natural, principalmente quanto ao aproveitamento agrícola.

Verifica-se que, tanto as áreas normalmente mais chuvosas, quanto às de baixa pluviosidade alternam-se periodicamente, provocando significativas

anomalias no regime de precipitações e conseqüentemente a ocorrência de situações extremas de enchentes e de secas.

Segundo a classificação climática de Köeppen, a bacia hidrográfica Alto Parnaíba é dominada por dois tipos de clima:

Tipo Aw.

Clima quente e úmido com chuvas de verão que ocorrem no centro-sul e sudoeste do Estado do Piauí, determinado pela massa Equatorial Continental (EC), de ar quente, responsável pela ocorrência de precipitações em forma de pequenas inundações. A estação chuvosa ocorre de novembro a março, sendo dezembro, janeiro e fevereiro o trimestre mais chuvoso e junho, julho e agosto o mais seco. As precipitações pluviométricas variam de 1.000 a 1.400 mm anuais.

Tipo BShw:

Clima semi-árido, caracterizado por uma curta estação chuvosa no verão e responsável pelos efeitos das secas, conseqüência da diminuição das precipitações da massa de ar Equatorial Continental (EC), de oeste para leste, bem como no aumento da duração do período seco, no leste e sudeste do Estado do Piauí. A estação chuvosa ocorre de dezembro a abril, sendo janeiro, fevereiro e março o trimestre mais chuvoso. Os meses de julho, agosto e setembro são os mais secos. As precipitações anuais variam de 400 mm a 1.000 mm.

Principais Elementos de Caracterização Climática

A área de interesse dos estudos dispõe de uma rede de estações meteorológicas reduzida e espacialmente mal distribuída, o que dificulta uma boa caracterização das condições climáticas.

Dentre os pontos de monitoramento climatológico existentes, cita-se a rede de estações operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que dispõe de dados de “Normais Climatológicas” compiladas com base no período histórico de 1961 a 1990.

Estas variáveis estão disponibilizadas através dos valores médios mensais e anuais dos seguintes parâmetros meteorológicos: Temperatura média do ar; Temperatura máxima do ar; Temperatura mínima do ar; Temperatura

máxima absoluta; Temperatura mínima absoluta; Precipitação total; Precipitação máxima em 24 horas; Evaporação total e Insolação total.

Baseado nas informações disponíveis são apresentadas as características dos principais parâmetros climáticos.

PRECIPITAÇÃO

A pluviosidade média da região situa-se entre 600 e 1.500 mm, o que afere uma distribuição espacial bem diversificada, e uma tendência geral de decréscimo de chuvas de noroeste para sudeste, representadas pelas áreas centro-sul, no domínio dos climas secos e de vegetação xerófitas.

Valores superiores a estes são verificados predominantemente ao noroeste da bacia, o que reflete a maior atuação dos sistemas de circulação atmosférica geradores de chuvas neste setor.

A sazonalidade das precipitações é típica dos regimes tropicais, distinguindo-se dois grandes períodos:

- Um período chuvoso, que abrange o verão e principalmente o outono, com início normalmente em novembro, prolongando-se até o mês de abril ou maio. Este período caracteriza-se, geralmente, por chuvas de grande intensidade, quando os totais mensais, nos meses mais chuvosos, ultrapassam 300 mm e os excedentes hídricos no final do período chuvoso chegam a totalizar 600 mm; e

- Um período seco, que compreende os meses de inverno e primavera, com chuvas muito reduzidas e até mesmo ausentes nos meses mais secos. Este período caracteriza-se por grande carência de água no solo, já que as deficiências hídricas, na grande extensão territorial da bacia, incluída no clima semi-árido (Tipo BShw), situa-se entre 600 e 900 mm.

Na região sul da bacia hidrográfica, o período chuvoso tem início em outubro, com as chuvas de pré-estação. Elas se intensificam em novembro e se prolongam até março, sendo o trimestre de dezembro a fevereiro como o mais chuvoso, onde se concentram 60% das chuvas do ano. (**Gráfico 4.1-1a** – Distribuição anual das precipitações na Estação Floriano).

Na região central, as chuvas de pré-estação têm início em novembro, intensificando-se até o mês de abril. O trimestre de maior concentração de chuvas é de fevereiro a abril. (**Gráfico 4.1-1b** – Distribuição anual das precipitações na Estação Paulistana.)

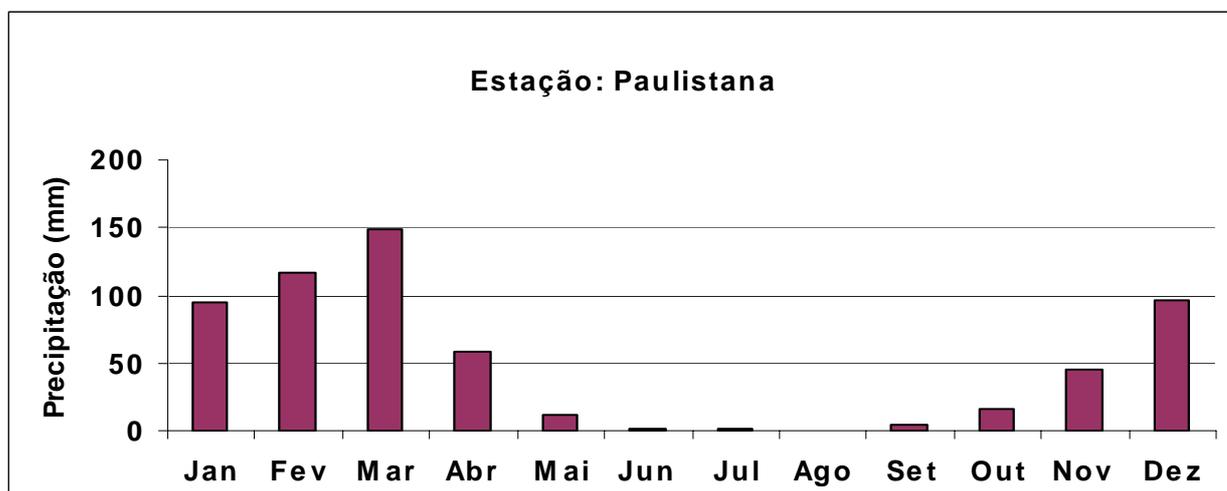
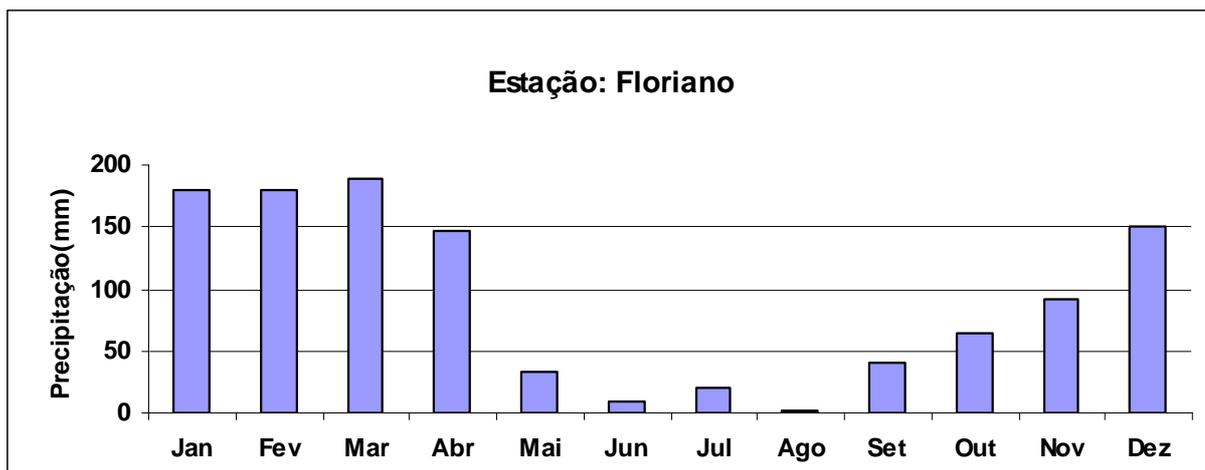


Gráfico 4.1-1 a e b - Precipitações Médias Mensais, com Base nos Dados Coletados no Período de 1961 a 1990. Estações Meteorológicas de Floriano e Paulistana. Fonte: INMET, 1992

A estação chuvosa estende-se de janeiro a maio, tendo como meses de maior concentração anual de chuvas o período de fevereiro a abril.

As variações temporais da precipitação constituem o fator climático mais importante da região Nordeste. Marcadas por irregularidade interanual, as ações do clima revestem-se da maior importância geográfica regional, exercendo papel balizador nas atividades econômicas, sobretudo as rurais.

Considerando-se que, a irregularidade é um dos atributos climáticos característicos de toda a região Nordeste, a ocorrência de eventos pluviiais extremos, positivos ou negativos, condiciona um quadro continuamente alterado, ora de extrema carência de água, ora de abundantes excedentes hídricos.

Na década de 50, duas grandes secas, (1951 e 1958) assolaram a região, sendo a do final da década a de maior repercussão econômica. Pois as perdas na agricultura causaram prejuízos de ordem diversa, tanto nas pequenas, como nas grandes propriedades rurais. Além da mortandade dos rebanhos, que não resistiram ao período de estiagem. Na década de 60, secas de grande intensidade foram registradas em 1962 e 1966, obrigando a adoção de medidas por parte do governo para evitar o êxodo rural. A década de 70 inicia-se com uma seca que castigou fortemente a região Nordeste, onde se sobressai o ano de 1976 atingindo a região do sudeste do Piauí.

Em contrapartida, no ano de 1981, no período de 12 de março a 4 de abril e no final de 2003 ocorreram chuvas abundantes, provocando inundações e destruição de açudes. Em alguns locais, foram registrados neste período, cerca de 50% do total anual de chuvas, o que demonstra a magnitude do evento.

Situações de anomalias climáticas extremas, resultando secas e inundações de grande intensidade, têm-se alternado com maior frequência nos últimos anos, o que demonstra o agravamento de uma questão que é histórica em toda a região Nordeste.

No **Quadro 4.1-1** são apresentadas algumas informações relativas ao comportamento sazonal assinaladas na Região Nordeste, identificadas nas Estações Pluviométricas. Algumas dessas Estações não estão ligadas à bacia hidrográfica do Alto Parnaíba, mas estão presentes para dar noção das condições pluviométricas regionais. A Estação Bom Jesus do Piauí é a que fica mais próxima das nascentes da bacia hidrográfica, e registra um dos maiores índices

pluviométricos dentro da bacia hidrográfica, realçando que o mês mais chuvoso é o mês de março e o mais seco é agosto, no qual, pode nem chover.

A Estação Floriano é a Estação que se localiza no extremo norte da bacia e percebe-se um pequeno decréscimo na pluviosidade, nas nascentes há uma média de 1.200mm por ano, já na Estação Floriano, a média indica 1.000mm anuais.

Este decréscimo também é observado nas Estações localizadas a leste da bacia hidrográfica, como é o caso de Paulistana, em que o total anual da pluviosidade não chega aos 600mm.

Quadro 4.1-1 - Regime de Precipitações

Estação Pluviométrica	Altitude (m)	Total Anual (mm)	Mês mais úmido		Mês mais seco		Semestre Úmido
			Mês	Chuva (mm)	Mês	Chuva (mm)	
Parnaíba	22,22	1.473,8	Mar	357,5	Set	2,2	Jan –Jun
Teresina	74,4	1.448,5	Mar	286,3	Ago	11,6	Dez –Mai
Tauá	398,77	925,7	Abr	138,3	Jun	25,3	Fev – Jul
Floriano	127,3	1.102,7	Mar	188,6	Ago	1,1	Nov –Abr
Campos Sales	583,50	619,2	Mar	150,1	Ago	3,0	Dez –Mai
Picos	208,0	812,4	Mar	181,1	Ago	1,0	Nov –Abr
Carolina	193,0	1.718,7	Jan	283,0	Jul	9,0	Nov –Abr
Paulistana	374,2	597,3	Mar	148,9	Ago	0,1	Nov –Abr
Petrolina	370,46	609,8	Mar	147,9	Ago	4,3	Nov –Abr
Remanso	400,52	695,6	Mar	152,5	Ago	1,3	Nov –Abr
Bom Jesus do Piauí	331,7	1.156,7	Mar	181,7	Ago	4,6	Nov –Abr
Santa Rita de Cássia	550,30	1.006,4	Dez	174,9	Jul	0,6	Nov –Abr

Fonte: Elaboração Consórcio EPE-CNEC/PROJETEC - 2006

A concentração de chuvas pode levar a uma problemática na questão da erosão dos solos, pois grande quantidade de material é carregado pelas vertentes até os leitos fluviais.

A seguir é apresentada a caracterização do regime de precipitações por sub-bacia hidrográfica contribuinte:

Rio Balsas. A bacia do rio Balsas abrange os terrenos pertencentes ao cerrado maranhense, em cuja parcela incide um dos maiores índices pluviométricos da bacia. O padrão sazonal indica um período chuvoso compreendido entre os meses de novembro a abril, sendo janeiro o mês onde são observados os maiores índices de precipitação. Os menores índices de precipitação ocorrem geralmente no trimestre de junho a agosto. A precipitação média na sub-bacia é de 1.236 mm.

Alto Rio Parnaíba. Nas cabeceiras do rio Parnaíba são verificados valores de precipitação da ordem de 1.200 mm, observando-se índices decrescentes de chuva à medida que se dirige para Leste, em direção à bacia do rio Uruçuí Preto. O padrão sazonal indica um período chuvoso compreendido entre os meses de novembro e abril, sendo março o mês onde são observados os maiores índices de precipitação. Os menores índices de precipitação ocorrem geralmente no trimestre de junho a agosto. A precipitação média na sub-bacia é de 1.179 mm.

Rio Gurguéia. A bacia do rio Gurguéia abrange, em grande parte, os terrenos pertencentes ao domínio da caatinga e contato entre o cerrado e a caatinga, onde são observadas alturas da precipitações médias da ordem de 947 mm anuais. O comportamento sazonal de precipitação indica um semestre mais úmido, compreendido entre novembro e abril, e chuvas máximas incidindo geralmente no mês de março. O trimestre mais seco abrange os meses de junho a agosto.

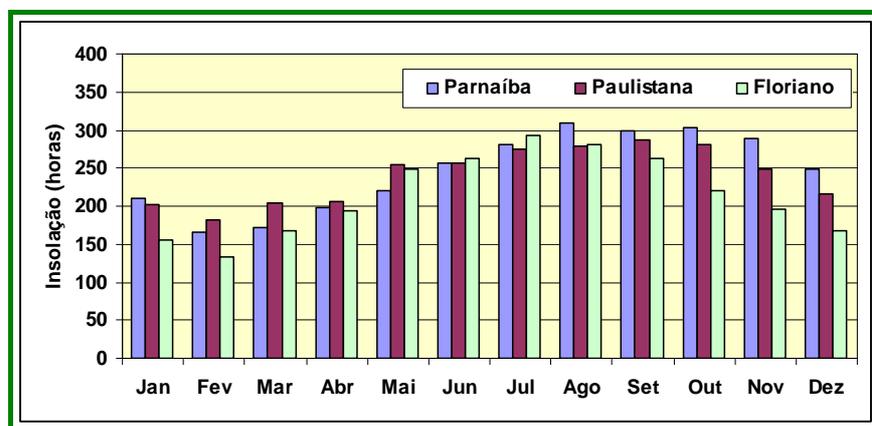
INSOLAÇÃO

Observa-se um padrão sazonal pouco acentuado e reduzida variabilidade espacial deste parâmetro na bacia, com valores totais anuais situados na faixa de 2.585 horas em Floriano e 2.956 horas na estação de Parnaíba, junto ao litoral.

Verifica-se, de forma geral, durante os meses de janeiro a março, uma redução da incidência da radiação direta sobre a superfície, visto que este período é o mais chuvoso do ano. Acompanhando de forma inversa a sazonalidade das precipitações, observa-se a ocorrência de maiores índices de insolação média mensal entre os meses de julho e setembro.

No **Gráfico 4.1-2** é apresentado, de forma comparativa, o padrão sazonal de insolação mensal observadas nas estações meteorológicas de Parnaíba, Paulistana e Floriano.

Gráfico 4.1-2 - Histograma de Insolação média mensal



Fonte: Elaboração Consórcio CNEC/PROJETEC - EPE - 2006

Observando o **Gráfico 4.1-2**, percebe-se que o período de maio a novembro registra uma maior quantidade nas horas de insolação. Esse evento acarreta uma aceleração, por parte dos raios solares, na desfragmentação das partículas do solo, principalmente porque nesse período do ano, as chuvas são bem escassas.

EVAPORAÇÃO

Parte da água precipitada no solo retorna à atmosfera pelo processo de evaporação e transpiração, constituindo a evapotranspiração real. A quantidade de água necessária à manutenção do equilíbrio biológico ambiental é conhecida como evapotranspiração potencial.

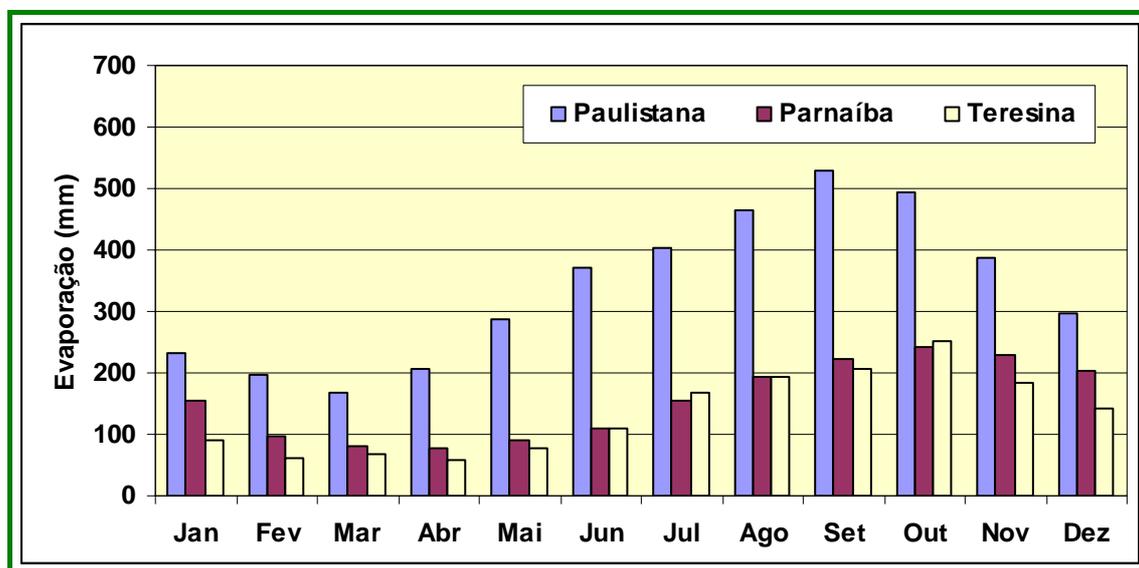
As perdas por evaporação na bacia do Parnaíba são bastante elevadas, situando-se entre 1.600 e 3.000 mm anuais. Já os valores de evapotranspiração real situam-se entre 600 e 1.100 mm anuais.

A característica mais marcante comum a estes parâmetros é a variabilidade espacial, com índices crescentes de Sudeste para Noroeste.

A relação entre os valores de precipitação pluviométrica e os de evapotranspiração potencial resulta excessos e déficits de precipitação. Na área da bacia, como as necessidades potenciais de água são normalmente superiores aos valores dos índices pluviométricos, o resultado desta relação apresenta-se negativo, com valores variando de -200 a -800 mm, e com comportamento da distribuição espacial semelhante ao da pluviosidade.

No **Gráfico 4.1-3** são apresentados os valores médios mensais da evaporação registradas nas estações Meteorológicas de Paulistana, Parnaíba e Teresina.

Gráfico 4.1-3 - Evaporação Média Mensal



Fonte: Elaboração Consórcio EPE-CNEC/PROJETEC, 2006.

Embora os valores da evaporação não fossem coletados dentro da bacia hidrográfica, esses valores das Estações Paulistana, Parnaíba e Teresina remetem ao comportamento do clima local, principalmente a Estação Paulistana.

TEMPERATURA

As maiores temperaturas são registradas normalmente de setembro a novembro com valores compreendidos entre 28 e 30 °C. As médias anuais de temperatura situam-se, em geral, por volta de 26,6 °C, a exceção da região de

Picos, no domínio da região da caatinga, onde são observados valores médios anuais da ordem de 27,5 °C.

Embora as condições geográficas exerçam influência considerável sobre a temperatura, para o nordeste a radiação solar é um dos fatores mais atuantes. Nas baixas latitudes ela é tanto mais intensa quanto menor o ângulo de incidência dos raios solares, o que contribui para que as temperaturas médias anuais sejam tão elevadas.

A temperatura média anual da bacia situa-se entre 22 °C e 26 °C. Os meses mais quentes correspondem ao período de novembro a fevereiro, e os menos quentes são julho e agosto.

Em áreas deprimidas interiorizadas, pouco beneficiadas pela ação dos ventos alísios, observam-se fortes quedas de temperatura por radiação noturna, que são mais significativas no inverno.

VENTOS

De acordo com os dados disponíveis na estação meteorológica de Floriano, o vento na região tem direção predominante variando de Este e Sudeste, atuando no período de abril a outubro. Nos meses de novembro a março, a direção predominante é a de Nordeste e Este com períodos de calmarias.

As maiores velocidades médias ocorrem de abril a setembro, sendo as máximas registradas geralmente no mês de junho e as menores no período de outubro a março, com mínimas no mês de janeiro. A velocidade média mensal varia de 1,2 a 2,7m/s, com média anual situada em torno de 1,9m/s.

Mesmo padrão sazonal é observado para as velocidades máximas de vento mensal, com velocidade média mensal variando de 4,1 a 7,2m/s e média anual de 5,5m/s. A velocidade máxima do vento registrada no período histórico de março de 1969 a abril de 2005 foi de 17,0m/s e ocorreu em abril de 1971.

4.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A bacia hidrográfica do Parnaíba instalou-se diretamente sobre a crosta continental da Plataforma Sul-Americana, entidade geotectônica de história geológica complexa, com origem no Arqueano e consolidação entre o Neoproterozóico e o Fanerozóico (ALMEIDA & HASUI, 1984). Do mapa geológico do Brasil (SCHOBENHAUS *et al.*, 1984), infere-se que a Bacia do Parnaíba posicionou-se, de modo geral, entre os cinturões de dobramentos que bordejam os crátons do São Francisco, São Luis e o Amazônico.

O quadro geológico diz respeito a uma evolução complexa e reúne assembléias metamórficas de alto a baixo grau, seqüências metavulcano-sedimentares, sedimentos de cobertura de plataforma e de molassa e intrusivas graníticas.

Em termos litológicos são encontrados de modo geral: migmatitos diversos, granotitos (localmente granulitos), diatexitos com restos de metatexitos, ortognaisses, quartzitos, xistos, formações ferríferas, metabasaltos, metadacitos, metacalcários, metapelitos, granitóides foliados, granitos isótropos, conglomerados, etc.

Para efeito deste trabalho, esses terrenos foram agrupados numa única unidade geológica à qual se denominou Embasamento Cristalino.

A bacia sedimentar do Parnaíba é de natureza intracratônica e sobretudo uma bacia de evolução paleozóica, embora depósitos mesozóicos, pouco espessos, cubram grandes áreas. A espessura sedimentar máxima excede pouco mais de 3.000 m, dos quais 2.500 m são paleozóicos e os restantes mesozóicos (SANTOS, 2005). (**Figura 4.2-1**)

Em consequência de movimentos tectônicos de estilo epirogênico, a sedimentação se processou de acordo com três megaciclos (MESNER & WOOLDRIDGE, 1964), relacionados com transgressões e regressões marinhas.

De acordo com GÓES *et. al.*(1994), o preenchimento sedimentar da bacia processou-se através de cinco seqüências deposicionais correspondendo, cada uma delas, a um ciclo de sedimentação. São descritas, a seguir, as principais características das unidades litoestratigráficas apresentadas no Mapa Geológico (**Figura 4.2-2**), correlacionando-as com as seqüências sedimentares de GÓES (*op. cit.*)

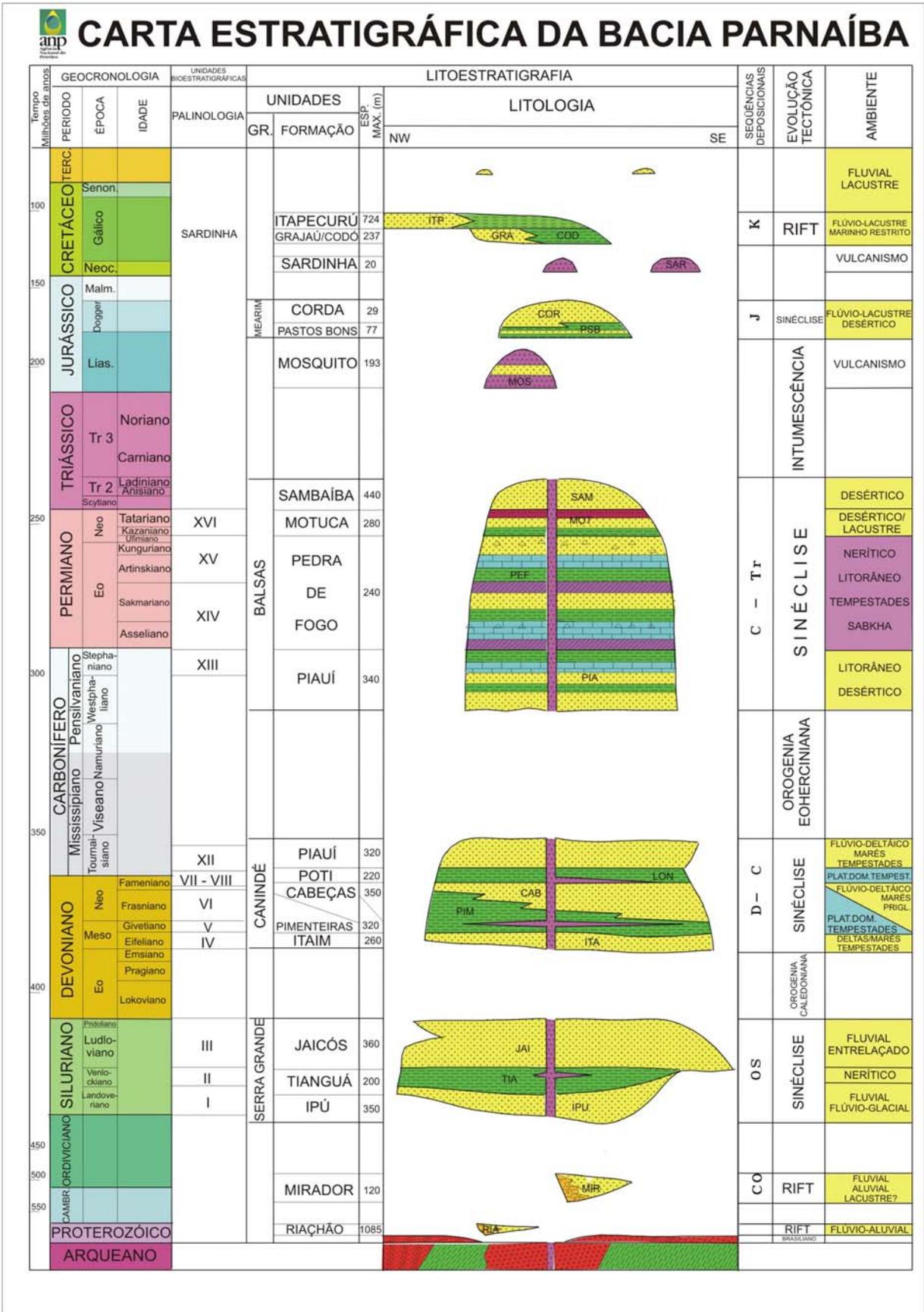


Figura 4.2-1 – Carta estatigráfica da bacia Parnaíba.

Fonte: Santos, 2005.

Grupo Serra Grande (Ssg) - Seqüência Siluriana

O Grupo Serra Grande assenta-se diretamente sobre o embasamento cristalino e a unidade sedimentar correspondente ao Grupo Rio Jucá. É composta por arenitos, folhelhos, siltitos, conglomerados e raros diamictitos. Este grupo reúne, da base para o topo, as formações Ipu (arenitos hialinos médios a grossos e raramente siltitos, folhelhos e diamictitos); Tianguá (arenitos e siltitos), uma característica marcante da unidade é a ocorrência de arenitos micáceos; e Jaicós (arenitos médios grossos e eventuais pelitos).

As fácies presentes nestas formações são indicativas de deposição em ambiente continental, transicional e marinho raso, eventualmente com influência glacial, controladas por sistemas fluviais, deltáicos e plataformais. Trata-se de um ciclo transgressivo-regressivo completo, representativo da primeira ingressão marinha nesta bacia, onde a Formação Tianguá corresponde à máxima transgressão e a Formação Jaicós à unidade regressiva.

A deposição desta seqüência siluriana é correlacionada a ocorrência de mares abertos com ampla circulação e clima temperado, que tem continuidade na seqüência devoniana.

No mapa geológico representou-se o Grupo Serra Grande de forma indivisa.

Grupo Canindé – Seqüência Devoniana

Os principais tipos litológicos que caracterizam esta seqüência são folhelhos, arenitos e siltitos. Em termos litoestratigráficos, da base para o topo, reúne as formações Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti. As fácies descritas são representativas de um ciclo transgressivo-regressivo, com eventual influência periglacial.

A deposição desta seqüência é correlacionada a ocorrência de mares abertos com ampla circulação e clima temperado.

- Formação Pimenteiras - Dp

Esta unidade apresenta variações laterais de fácies de modo gradativo predominando, no conjunto, clásticos finos. Os sedimentos pelíticos estão presentes em toda seção, notadamente na porção inferior da seqüência. Na seção superior, embora também apresentando alternâncias de arenito, silito e

folhelho, predominam as fácies arenosas. Estratificação plano-paralela, às vezes ondulada, é a estrutura sedimentar mais comum desta unidade, tendendo na fácies siltito/folhelho à estrutura laminada tipo flaser.

A Formação Pimenteiras representa a ingressão marinha mais expressiva da bacia, destacando-se folhelhos radioativos, organicamente ricos, correspondentes aos máximos transgressivos. Revestem-se de interesse por se tratar dos níveis geradores de hidrocarbonetos mais proeminentes da bacia.

- Formação Cabeças - Dc

De acordo com SANTOS (2005), a seqüência litológica da Formação Cabeças consiste de arenitos grossos, cremes e esbranquiçados, mal selecionados, com grãos subangulares e brilhantes, passando a siltitos cinzas e arroxeados, argilosos, com níveis intercalados de folhelhos cinzas, físseis, contendo localmente rastos e tubos de vermes. No topo da seqüência desenvolvem-se arenitos finos, esbranquiçados e arroxeados, com grãos subarredondados e brilhantes.

Estratificação cruzada planar e ondulada são as estruturas sedimentares mais comuns da unidade. Na seção superior, localmente, ocorre estratificação cruzada incipiente.

As características litológicas, sedimentares e paleontológicas dos estratos desta Formação sugerem ambiente deposicional litorâneo, com contribuições deltáicas nos níveis argilosos. Na seção média onde predominam os clásticos finos, com marcas onduladas e rastos de vermes, tem-se um ambiente marinho de águas rasas, sob influência de ondas.

- Formação Longa - DCI

A Formação Longá é constituída predominantemente por uma seqüência pelítica de folhelhos cinza escuros, preto, esverdeado, até arroxeados, homogêneos ou bem laminados, bioturbados, localmente calcíferos, micromicáceos, e, secundariamente, de siltitos argilosos. Subordinadamente, na seção média, desenvolvem-se arenitos creme, esbranquiçados, róseos, bem selecionados com rastros de vermes. Próximo ao contato com a Formação Poti ocorrem níveis descontínuos de arenitos grossos a conglomerático de cor ocre.

Laminação paralela é a estrutura sedimentar predominante da unidade, subordinadamente verifica-se estratificação cruzada e ondulada de baixo ângulo. A espessura na borda leste da bacia varia de 90 a 120 m, no flanco oeste, de 60 a 80 m, e ao sul e sudeste, entre 40-60 m.

As características litológicas, sedimentares e faunísticas da Formação Longá, sugerem um ambiente deposicional regressivo.

- Formação Poti - Cpo

A Formação Poti consiste, no intervalo inferior, essencialmente de sedimentos arenosos. No intervalo superior há uma predominância de clásticos finos e, subordinadamente, sedimentos arenosos. A variação faciológica tanto horizontal como vertical é uma das características mais marcantes dessa unidade.

O intervalo inferior é constituído por arenitos finos a médios, cremes e esbranquiçados, porosos, friáveis e, em geral, homogêneos. Localmente ocorrem pontuações de caulim. O intervalo superior consiste em uma alternância de siltitos cinza a cinza escuros, arenitos finos a médios esbranquiçados e amarelados com níveis subordinados de folhelhos e siltitos cinza-escuros e pretos, por vezes carbonosos, contendo restos vegetais carbonizados ou laminações de carvão. Ocorrem também arenitos calcíferos e calciarenitos, intercalados nos folhelhos.

Estratificação cruzada de pequeno e grande porte é a estrutura sedimentar mais comum da unidade. Ocorrem também estratificação plano-paralela e marcas de onda no intervalo inferior e estruturas do tipo flaser no intervalo superior.

As características litológicas, sedimentológicas e faunísticas sugerem, para a seção inferior da Formação Poti, um ambiente marinho de águas rasas, provavelmente flúvio-deltáico, com alguma contribuição marinha.

Grupo Balsas - Seqüência Permocarbonífera

Este grupo tem sido proposto para designar a seqüência de unidades litoestratigráficas constituída pelas formações Piauí, Pedra de Fogo e Sambaíba. A idade deste grupo vai do neocarbonífero ao eotriássico (GÓES, 1993).

A deposição desta seqüência diz respeito a mares com circulação restrita e clima quente, que se implantou sobre aquelas de mares abertos com ampla circulação e clima temperado.

Este grupo é constituído principalmente por arenitos, siltitos, folhelhos, calcários, anidritas, silexitos e restos de madeira petrificada (psaronius), depositados em ambiente continental, litorâneo, marinho raso/restrito e lacustre, sob condições severas de aridez e, eventualmente, retrabalhados por ondas de tempestades nas áreas litorâneas e marinhas (DELLA FAVERA, 1990 apud GÓES, 1993).

- Formação Piauí - Cpi

Litologicamente, a Formação Piauí consiste em uma seqüência essencialmente arenosa com níveis de siltitos e folhelhos com intercalações de calcário. No topo desenvolvem-se, localmente, níveis de sílex. Os sedimentos arenosos da seção inferior são representados por arenitos avermelhados, róseos e amarelados, finos a grossos, argilosos, localmente feldspáticos, impregnados de caulim, com grãos subangulares e foscos. Ocasionalmente ocorrem níveis de silito vermelho, argiloso com até 2 m de espessura. Mais para o topo da seção os arenitos passam a finos, bem selecionados, com grãos foscos e brilhantes. A seção superior é constituída por arenitos avermelhados, amarelo-esbranquiçados, finos a médios. Ocorrem também siltitos e argilitos avermelhados e arroxeados, caulíníticos e físseis, e folhelhos com intercalações de calcário.

As estruturas dominantes na seção são a estratificação cruzada tipo plano-tabular e a acanalada de grande porte. Também há, com freqüência, estruturas de corte e preenchimento, assim como lascas e seixos de argila.

A espessura da unidade é bastante variável. As seções mais espessas ocorrem na porção centro sul da Bacia. Compreendida no intervalo estratigráfico delimitado pelas formações Poti (base) e Pedra de Fogo (topo), a unidade pode ser recoberta discordantemente pelas formações mesozóicas Pastos Bons, Sambaíba, Areado e Urucuia. O contato inferior pode ser discordante ou concordante, enquanto que o contato para a unidade superior é concordante.

- Formação Pedra de Fogo - Ppf

A Formação Pedra de Fogo caracteriza-se essencialmente por uma seqüência de siltitos, folhelhos e calcários. Arenitos predominam na seção média. Ao longo de toda a seqüência desenvolvem-se leitos de até 0,50 m, às vezes

ondulados, lentes ou até nódulos de silexitos, constituindo-se numa característica marcante da unidade.

A porção média é composta por arenitos esbranquiçados e amarelados, muito finos a médios, mal selecionados, argilosos, caulíníticos, e a seção superior, por siltitos e folhelhos arroxeados, avermelhados e marrons, micromicáceos, com laminações carbonáticas e leitos de silexito.

Estratificações cruzadas são comuns nos níveis de arenito. Nos níveis de folhelho e siltito ocorrem fragmentos de conchas e minúsculas impressões de restos vegetais. São freqüentes estruturas de escorregamento (“slumping”) e pequenos dobramentos causados por acomodação de estratos de diferentes competências.

O contato inferior com a Formação Piauí é em geral concordante e se apresenta, por vezes, com brusca mudança litológica. O contato superior com a Formação Motuca é gradacional.

Para o ambiente de deposição da Formação Pedra de Fogo, sugerem origem continental lagunar e fluvial, com contribuição eólica, ocorrendo incursões marinhas com ciclos evaporíticos.

- Formação Sambaíba – TRs

A Formação Sambaíba constitui-se de arenitos avermelhados, róseos, escuros e esbranquiçados, predominantemente finos e médios. No geral, ligeiramente caulíníticos com grãos subangulares a subarredondados e foscos. Níveis de silex são comuns na porção mais superior. Ainda no topo da unidade, onde ocorrem intercalações de níveis de basaltos, estes arenitos encontram-se bastante silicificados. Estratificação cruzada de grande porte é a estrutura sedimentar que predomina. As espessuras variam de 60 a 110 m.

- Formação Mosquito - TRjm

A Formação Mosquito é litologicamente constituída por derrames basálticos com intercalações de arenitos. Normalmente ocorre sustentando um relevo tabular esculpido sobre a Formação Sambaíba.

- Formação Pastos Bons - Jpb

A Formação Pastos Bons consiste litologicamente em duas seções. A seção inferior, em geral, se inicia por um conglomerado, cuja composição varia em função da natureza dos estratos subjacentes. Acima dos conglomerados seguem-se arenitos esverdeados cremes e esbranquiçados, onde estas colorações se alternam em delgados níveis, conferindo à rocha um aspecto listrado. São arenitos argilosos com grãos finos e médios, subarredondados e pouco brilhosos. Localmente ocorrem intercalações de calcário, parcialmente silicificados. Acima dos níveis carbonatados seguem-se bancos de argilitos arenosos. A seção superior é mais arenosa, constituída predominantemente por arenito róseo e avermelhado, localmente esbranquiçado, fino a síltico e argiloso. Ocorrem intercalações de folhelhos e siltitos róseos a cinza-esverdeados, localmente fossilíferos.

Estratificação paralela é a estrutura predominante ao longo da seqüência, localmente ocorre estratificação cruzada. A espessura da unidade varia entre 35 e 60 m de leste para oeste. A formação assenta-se discordantemente sobre as formações paleozóicas Poti, Piauí, Pedra de Fogo e Motuca. Este contato é geralmente marcado por um conglomerado basal ou por contato brusco. O contato superior com a Formação Corda é concordante e gradacional.

Para o ambiente de deposição da Formação Pastos Bons, LIMA & LEITE (1978, *apud* SANTOS, 2005) sugerem ambientes lacustres com alguma contribuição fluvial, em clima semi-árido.

- Formação Corda - Jc

Quando a Formação Corda ocorre em contato com os basaltos da Formação Mosquito, a seqüência litológica dessa formação inicia-se por arenitos grossos a conglomeráticos, marrons, vermelhos e arroxeados, onde se observam calhaus de até 20 cm de basalto alterado, calcita, sílex, arenito, argilito e calcário, imersos em matriz arenosa. Quando a unidade repousa diretamente sobre outras formações, estando ausentes os basaltos Mosquito, a seqüência consiste essencialmente de arenitos argilosos, marrons avermelhados e arroxeados, finos a médios, ocasionalmente grossos, com matriz caulínica, com estratificação cruzada de grande porte. Localmente estes arenitos são muito calcíferos. Mais

para o topo da unidade podem ocorrer intercalações de argilitos, siltitos argilosos e folhelhos. O topo da unidade é constituído por arenitos arroxeados e marrom-avermelhados, médios a grossos, com grãos arredondados e foscos e seixos de quartzo, com estratificação planar de grande porte.

A espessura da unidade varia de 30 m até 84 m (região de Pastos Bons, MA). A Formação Corda prograda discordantemente sobre diversas unidades paleozóicas e mesozóicas. Esta unidade recobre discordantemente os basaltos Mosquito e as formações Poti, Piauí, Pedra de Fogo e Motuca. Seu contato com a Formação Pastos Bons é concordante e gradacional. O contato superior com a Formação Sardinha é gradacional.

As características litológicas e sedimentares sugerem ambiente deposicional fluvial com contribuição eólica em clima semi-árido a desértico. Os níveis pelíticos e seu conteúdo fossilífero sugerem ambiente lacustrino.

- Formação Sardinha - Ks

Esta unidade corresponde a basaltos de cor preta e textura amigdaloidal acima da Formação Corda e abaixo da Formação Areado. As datações geocronológicas efetuadas em diabásios indicaram idade Cretáceo Inferior, evidenciando intrusões não correlacionáveis ao vulcanismo juro-triássico da Formação Mosquito. São freqüentes intrusões de diabásio, na forma de diques e soleiras, concentradas na região centro leste, leste e nordeste.

- Formação Areado – Ka

A sedimentação cretácea inicia-se com a Formação Areado que ocorre em discordância erosiva sobre os basaltos Sardinha e os arenitos Corda. Compreende um conjunto de sedimentos terrígenos, predominantemente psamíticos, que se iniciam por sedimentos grossos conglomeráticos, passando para arenitos médios a grossos com subordinadas intercalações de siltitos.

- Formação Urucuia - Ku

De acordo com BEZERRA *et al.*(1990), a região da Serra Geral ou Grande é considerada, atualmente, a terminação setentrional da extensa massa rochosa que emerge no vale dos rios Urucuia e São Francisco, em Minas Gerais. Em todo este vasto domínio, a Formação Urucuia se faz presente. Compreende

um pacote essencialmente arenoso contendo horizontes subordinados de siltitos e folhelhos, além de lentes de conglomerados, e repousa discordantemente sobre diversas unidades litoestratigráficas pré-cambrianas, assim como aquelas que integram o Paleozóico e Mesozóico da Bacia do Parnaíba.

- Coberturas Detríticas de Planalto - Tcp

Ocupando os grandes interflúvios na margem direita do Parnaíba, com largura variável de dezenas a centenas de quilômetros, têm-se uma cobertura arenosa ferruginizada, com arenitos mal selecionados, apresentando níveis conglomeráticos e intercalações mais argilosas.

Estes sedimentos representam uma sedimentação tabular, em provável período de quietude tectônica, associado a processos de pedimentação.

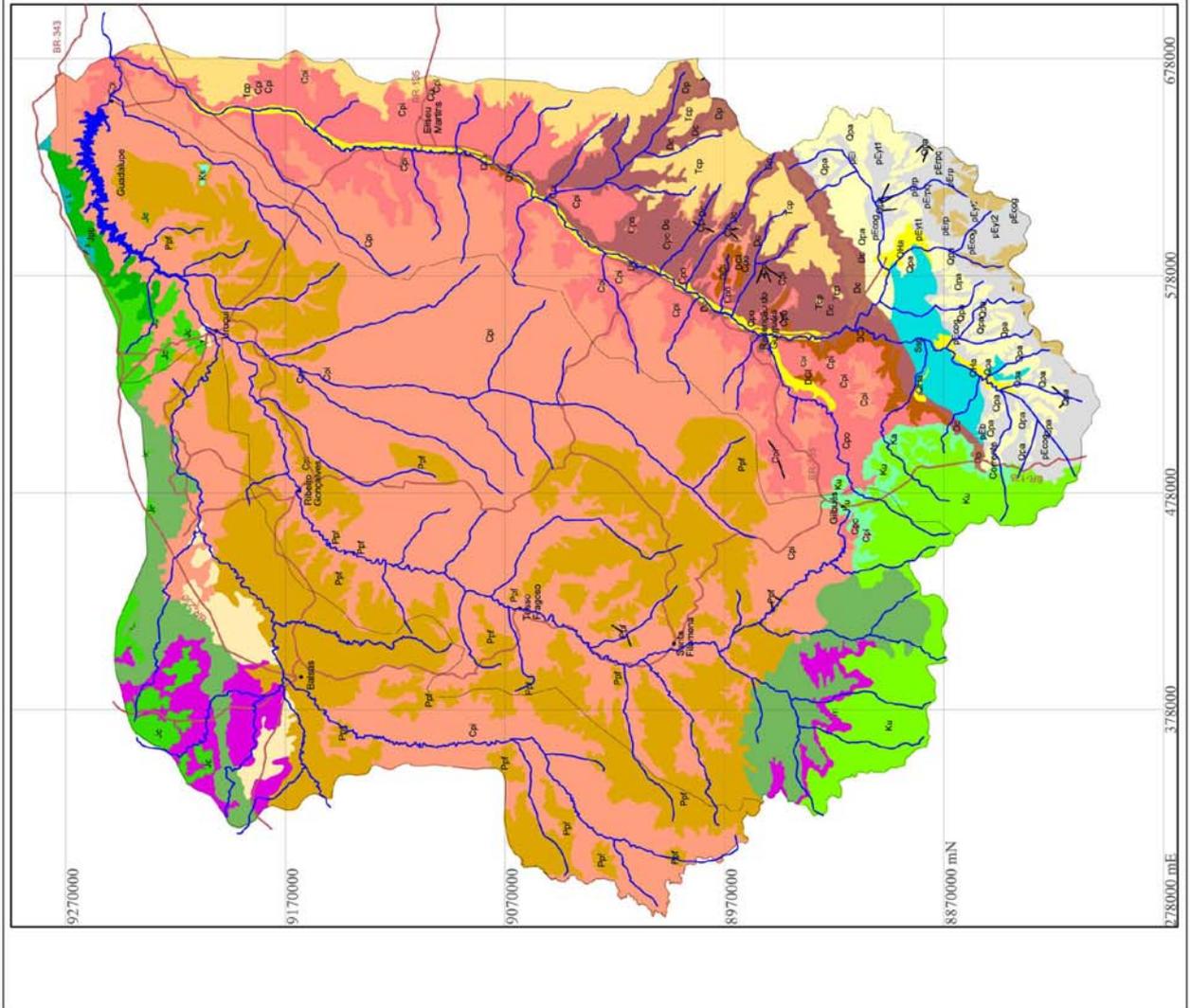
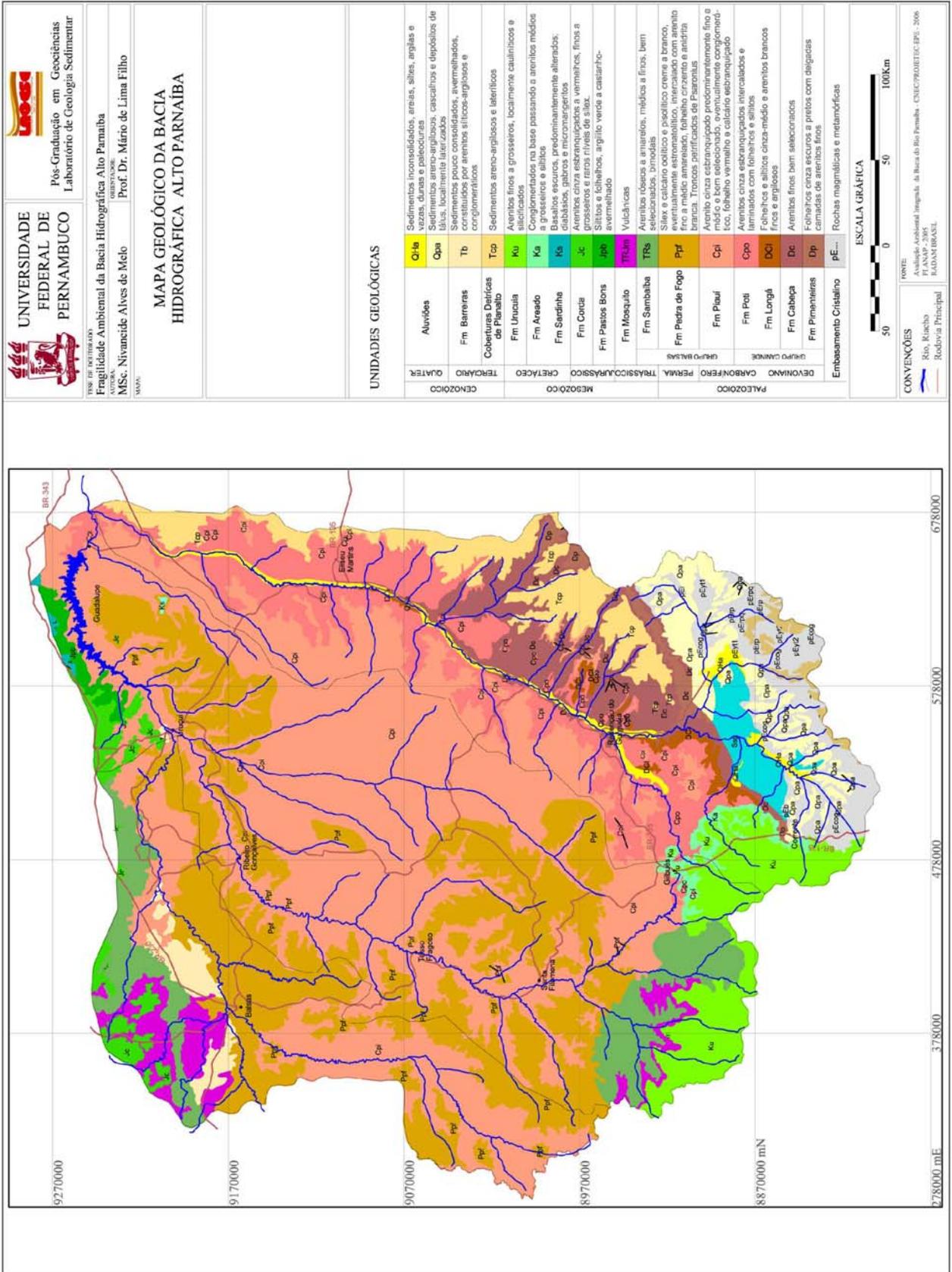
Formação Barreiras - Tb

A formação Barreiras se sobrepõe a inúmeras unidades estratigráficas. Os sedimentos dessa formação compõem um relevo de interflúvios amplos e tabulares e de colinas de topos semi-arredondados.

Para BEZERRA *et al.*(1990) compreendem sedimentos areno-argilosos, arenosos, argilo-siltosos e conglomeráticos, de cores variegadas, contendo níveis de cimento ferruginoso, refletindo ambiente continental com sistema de leques aluviais e planícies fluviais e lacustres. A espessura atinge algumas centenas de metros, sendo a idade pliocênica a pleistocênica. Pode-se acrescentar que reúnem sedimentos clásticos mal selecionados, com cores predominantemente amarela e vermelha, que os arenitos são caulíníticos, e contêm lentes de folhelho.

- Aluviões Atuais - QHa

Os aluviões atuais são constituídos por cascalhos, areias e argilas inconsolidadas. Aparecem como faixas estreitas e, às vezes, descontínuas. Encontram-se ao longo dos rios mais importantes como o Parnaíba, Gurguéia e Balsas.





Prancha 4.2-1 – Fotos das Formações Piauí e Pedras de Fogo. Essas formações afloram uma sobre a outra. (Foto NAMelo: 02/12/2006).

4.3. RELEVO REGIONAL E LOCAL

A geomorfologia ocupa-se em estudar as formas do relevo. As formas representam a expressão espacial de uma superfície, compondo desta maneira, as diferentes configurações da paisagem geomorfológica. As formas do relevo foram esculpidas pela ação de vários processos exógenos, provocados pelas oscilações climáticas que conduziram a ação das águas em suas diversas formas, sendo assim há um grande relacionamento entre as formas e processos atuantes.

Considerando toda a questão acerca do relevo, uma das formas de mensurar melhor as relações que se processam sobre o mesmo ocorre quando do estudo da bacia hidrográfica, que se constitui como unidade integradora das questões sociais e naturais. Neste sentido a Geomorfologia assume relevante papel para o conhecimento do ambiente natural em especial sobre o relevo e seu potencial enquanto suporte para o desenvolvimento econômico da sociedade.

Todos estes fatores fazem com que o ambiente natural seja dotado de grande complexidade, pois o mesmo é fruto da interação destes. O relevo de uma região é resultado das interferências dos agentes internos modificadores do mesmo e também das forças externas, pois através do tipo de relevo, do clima, da cobertura vegetal, dos solos ou até mesmo do arranjo estrutural do tipo de litologia é que se pode obter as diferenciações de paisagens. Estas paisagens constantemente modificadas pelo ser humano, em função dos interesses deste, que necessita do espaço para construir sejam habitações, fábricas, comércios ou mesmo para plantações, provoca com o transcorrer deste tipo de situação o desequilíbrio dos ambientes naturais. (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Em resumo, a atuação das forças endógenas e exógenas juntas e em oposição, determina toda a existência e toda a dinâmica do meio biótico e abiótico da superfície terrestre” (ROSS 1990, p. 11). A ação dos agentes endógenos formadores do relevo ocorrem a partir do tectonismo, vulcanismo e abalos sísmicos. Na região estudada, a tectônica atuou de forma marcante promovendo falhas e fraturas ao longo da bacia, dos quais blocos foram destacados a altitudes diferenciadas.

Os fatores exógenos que atuam na esculturação do relevo são impulsionados a partir da energia solar. Estes se constituem como agentes de destruição e sedimentação, tais agentes são: vento, água, geleiras, etc. Além

destes agentes, o relevo é alterado por organismos vivos, entre os quais o ser humano. O conjunto de processos químicos, físicos e biológicos que atuam na superfície terrestre a partir da ação dos agentes exógenos, origina o intemperismo ou meteorização.

A água se apresenta como um dos mais importantes agentes modeladores do relevo, e no caso dos continentes as águas das chuvas, de rios, enxurradas e torrentes alteram o relevo a partir da desagregação, transporte e deposição de partículas. Entre os fatores exógenos este é o mais importante na dinâmica dos processos que formaram o relevo da área de estudo.

Na Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba são reconhecidas cinco unidades morfoestruturais. Na **figura 4.3-1** podem ser vistos essas unidades no conjunto da grande bacia hidrográfica do Rio Parnaíba:

1) Planalto Ocidental do Médio São Francisco

Como divisor das bacias hidrográficas dos rios São Francisco e Tocantins, ocorre um conjunto de altos planaltos sustentados por terrenos cretácicos que, nas cabeceiras meridionais do Rio Parnaíba, recebe o nome de Chapada das Mangabeiras. As formas de relevo correspondem a superfícies estruturais que evoluíram por pedimentação, em cujas bordas aparecem escarpas erosivas festonadas, eventualmente interpenetradas por pediplanos. Nesta chapada, grandes relevos em mesas se destacam do conjunto, onde penetram vales pedimentados.

2) Planalto da Bacia Sedimentar do Parnaíba

Ao sul dos estados do Piauí e Maranhão, estendendo-se até as porções central e norte, a maior expressão de relevo encontra-se representada por superfícies estruturais tabulares, denominadas de Planalto da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que são marcadas por rebordos estruturais e foram submetidas a processos erosivos do tipo pedimentação.

O Planalto da Bacia Sedimentar do Parnaíba, rumo ao norte é constituído por um conjunto de relevos de formas predominantemente tabulares, apresentando formas em chapadas, que localmente recebem o nome de Serra Vermelha, Itapecuru e Alpercatas, e relevos residuais em formas de mesas com rebordos em “glint”. Este conjunto é seccionado por amplos vales como os dos

rios Parnaíba, Gurguéia e Balsas. Os vales destes rios mostram pedimentos que se estendem desde os rebordos dos divisores d'água até suas calhas. O material removido pelos processos de pedimentação fundem-se aos aluviões. Toda a drenagem converge para o Rio Parnaíba que irá desaguar no Oceano Atlântico.

3) Depressão Interplanáltica de Parnaguá

Entre o Planalto da Bacia Sedimentar do Parnaíba e o Planalto Ocidental do Médio São Francisco (Chapada das Mangabeiras), ocorre uma depressão interplanáltica, com extensos pediplanos revestidos de cobertura arenosa. Tal depressão encontra-se inserida no sul dos estados do Piauí e Maranhão, e é caracterizada por cristas, inselbergs, lagoas e drenagens intermitentes. No seu interior ainda ocorrem remanescentes de superfícies estruturais em tabuleiros, limitadas por rebordos festonados e submetidos a processos de pedimentação.

A oeste, a unidade morfoestrutural apresenta continuidade para a Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins (Estado de Tocantins) e, a leste, para a Depressão Periférica do Médio São Francisco (estados do Piauí e Bahia).

4) Pediplano Central do Maranhão

Esta unidade morfoestrutural apresenta grande extensão que ocorre na porção central dos estados do Maranhão e Piauí. O limite ao norte faz-se com os rebordos setentrionais do Planalto da Bacia Sedimentar do Parnaíba, bordejando as áreas de influência litorânea.

O Pediplano Central do Maranhão resulta da coalescência dos vales pedimentados dos rios Parnaíba, Canindé, Corda, Gurguéia, Mearim e Alpercatas. O caimento geral desta extensa superfície é para NNE, acompanhando o caimento da direção do Vale do Parnaíba.

O pediplano abriga relevos em chapadas que recebem denominações regionais de Serra das Alpercatas, Valentim e Cobra e relevos residuais em mesas. O aspecto geral é de aplainamento por pedimentação, com vales incisivos formando calhas bem marcadas ao longo dos grandes rios. A altitude geral do pediplano varia de 100 m até 400 m nos limites com o Planalto da Bacia Sedimentar do Rio Parnaíba.

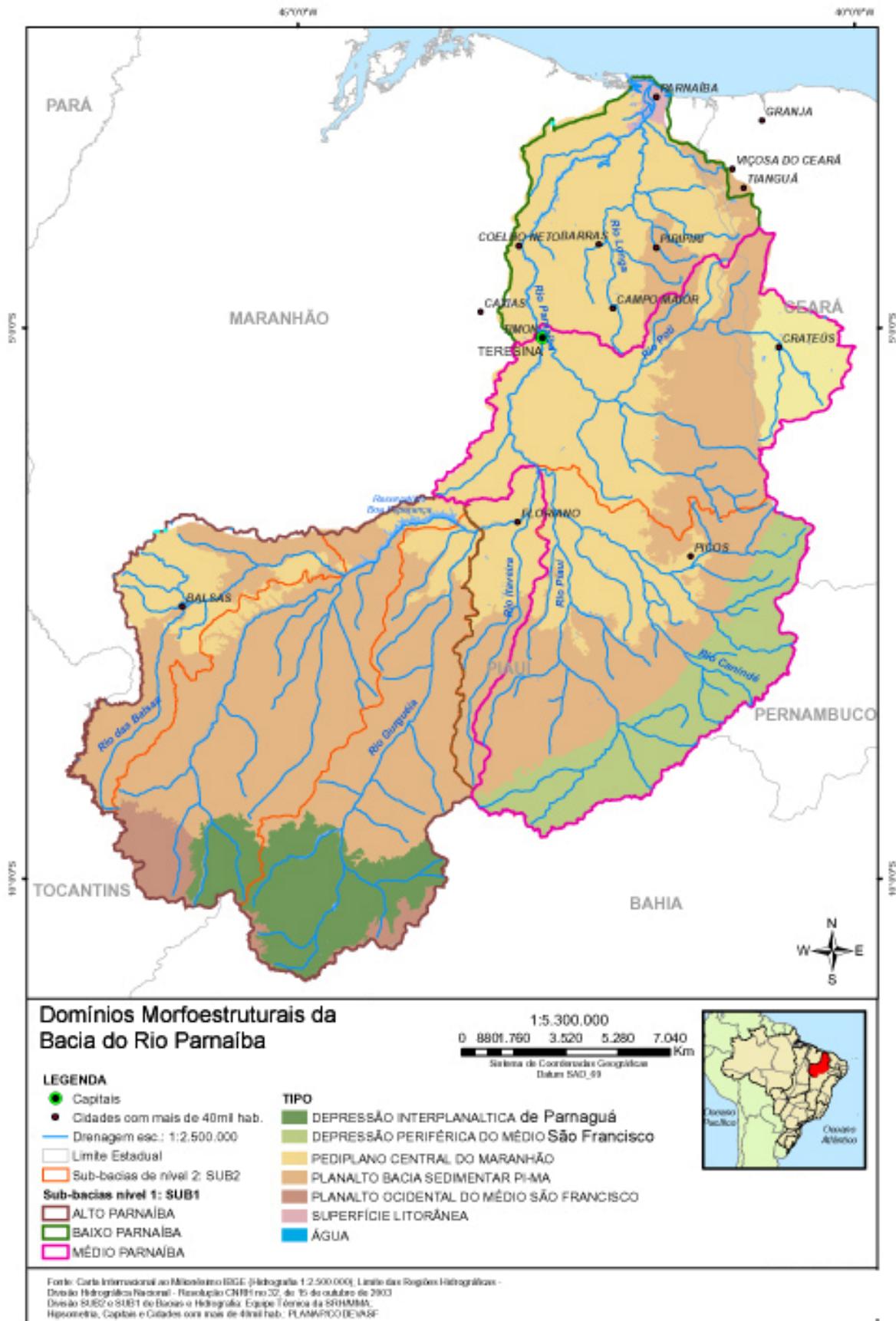


Figura 4.3-1 – Unidades Morfoestruturais da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba.

Fonte: PLANAP, 2005.

5) Depressão Periférica do Médio São Francisco

Esta depressão ocorre ao sul da margem oriental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba, numa faixa com disposição NNE, esculpida nas infracrustais (embasamento cristalino), sotapostas aos sedimentos paleozóicos desta bacia. Seu limite oeste dá-se com o Planalto da Bacia Sedimentar do Rio Parnaíba, sendo bordejada pelas serras da Tabatinga, Bom Jesus da Gurguéia e da Capivara, que constituem feições fisiográficas divisórias entre os Estados do Piauí e Bahia. Ao norte, faz limite com a Chapada do Araripe, divisa de Estado do Piauí e Pernambuco.

A denominação periférica é decorrente do processo de circundenudação de âmbito regional nos sedimentos siliciclásticos devonianos, resultando em relevo rebaixado com cotas ao redor de 300 m, no centro da depressão, atingindo 400 m próximo à Chapada do Araripe. Representa um pediplano com cobertura arenosa e as partes mais elevadas correspondem a cristas que ainda retratam estruturas dobradas, em substrato pré-devoniano.

FORMAS DO RELEVO LOCAL

O relevo da sub-bacia hidrográfica é marcado por superfícies de altimetrias variadas, contendo áreas mais elevadas que estão dissecadas, resultando em formas tabulares aplainadas e em vales aplainados; e em superfícies de baixa altimetria, como as áreas com planícies e até mesmo depressões.

Com relação a trabalhos anteriores em Geomorfologia, destaca-se o levantamento realizado pela CODEVASF (2005). Os demais trabalhos, citados por diferentes autores, referem-se, principalmente, às questões de natureza geológica, nas quais se observam algumas considerações geomorfológicas a respeito da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

O presente Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba é produto da compilação dos mapas geomorfológicos do Projeto RADAM. Em adição somam-se observações primárias coletadas no mês de maio de 2006, nas áreas de influência e entorno. A legenda foi aberta por associação

de letras que detalham as categorias de formas tomadas lato sensu: S - estruturais; E - erosivas; e A – acumulação.

Estas letras, apresentadas em maiúsculas, iniciam associações de letras correspondentes ao registro das formas em si mesmas. Nestas, adota-se preferencialmente a letra com que se inicia o nome da forma, ou combinações de mais de uma letra, quando a primeira estiver esgotada. A qualificação da gênese da forma é colocada no final da associação, o registro de tipo de forma é colocado no meio. A estas informações é acrescentado o tipo de dissecação procedido pela letra “d”.

A região da sub-bacia hidrográfica está compartimentada em três grupos de relevo: o domínio das chapadas, a região dos vales e as vertentes. Apesar do relevo variado, predominam as chapadas planas ou suavemente onduladas. A altitude média fica em torno de 400 a 600 metros. O relevo nestas áreas se caracteriza por linhas que vão desde as formas subtabulares (cuestas) até os planos horizontais das chapadas, dos tabuleiros e das colinas. A altitude é uma das maiores da bacia, chegando a alcançar o ponto máximo de 880 m acima do nível do mar.

Nessas maiores cotas altimétricas destacam-se as cabeceiras dos principais cursos da bacia e as formas abaixo que representam as bordas/limites da sub-bacia hidrográfica:

- Chapada do Alto Parnaíba, no limite do estado do Piauí com Bahia/Tocantins; (**fotos 4.3-1 4.3-2**)
- Tabuleiro de Balsas no Estado do Maranhão;
- Chapada das Mangabeiras, no limite dos estados do Piauí e do Maranhão com Tocantins;
- Chapada da Tabatinga no limite do Estado do Piauí;
- Serra das Confusões na região de Gurguéia, limite leste da sub-bacia hidrográfica.

No mapa geomorfológico (**Figura 4.3-2**) há o predomínio de superfícies tabulares estruturais submetidas a processos de pedimentação, formando chapadas geralmente areníticas e cuestiformes.

De maneira geral a bacia hidrográfica do Alto Parnaíba apresenta uma topografia que varia de plano, suave ondulado a ondulado. A maior parte da

bacia, ou seja, uma área que corresponde a aproximadamente 75% do total da extensão territorial apresenta declividades de até 15%, e, portanto, sendo passíveis de mecanização. Para BIGARELLA *et al.* (1996) a topografia atual é decorrência de alternâncias climáticas. Em conseqüência, a evolução do relevo resulta da atuação alternante de períodos de degradação lateral ativa do terreno com períodos de dissecação vertical, estes acompanhados de considerável intemperismo químico com formação de solos.

Com relação às formas das vertentes da bacia hidrográfica na área de nascente e alto curso da bacia predominam as vertentes côncavas, no médio curso ocorre à presença considerável de vertentes convexas. Ocorrem ainda na bacia hidrográfica, a presença de vertentes que se caracterizam por apresentar elementos, convexos no topo, na seqüência ocorre um segmento retilíneo, para depois apresentar um ângulo negativo definindo um elemento côncavo.



Foto 4.2-1 Paisagem próxima a Uruçuí – ao fundo as chapadas das nascentes dos rios Balsas e Parnaíba (Foto NAMelo: 02/12/2006)



Foto 4.2-2 Topos das chapadas no sul da bacia ocupadas pelo plantio de soja (Foto NAMelo: 02/12/2006)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Pós-Graduação em Geociências
Laboratório de Geologia Sedimentar

TESE DE DOUTORADO
Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica Alto Parnaíba

ALUNO:
MSc. Nivanete Alves de Melo

ORIENTADOR:
Prof. Dr. Mário de Lima Filho

MAPA

MAPA GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA ALTO PARNAÍBA

FORMAS ESTRUTURAIS

SEab Superfícies tabulares estruturais submetidas a processos de pedimentação. Chapadas geralmente areníticas, cuasiformes ou ralo, limitadas por rebordos festonados, localmente dissecados por pedimentos.

SEpt Patamares estruturais submetidos a processos de pedimentação, geralmente escalonados.

FORMAS EROSIVAS

Evpd Vales pedimentados. Vales com pedimentos bem conservados, convergindo, geralmente sem ruptura do eixo para o eixo lateral.

Evpp Superfícies pedimentadas. Abalamentos bem conservados elaborados em rochas pré-cambrianas e sedimentares nas depressões periféricas.

ESapp Superfícies em Lutas pedimentadas. Extensas superfícies elaboradas em rochas pedimentadas com alteração antrópica, com vales apimentados e vales pedimentados com retomada de erosão recente.

Estb Superfícies tabulares erosivas. Superfície de aplainamento alinhada em rochas sedimentares topograficamente elevadas.

FORMAS DE ACUMULAÇÃO

Adf Dunas fixas. Depósitos inconsolidados nas superfícies pedimentadas da Depressão Periférica do Médio São Francisco.

Apr Planícies fluviais. Geralmente em faixas de aluviões recentes e inundáveis do fundo do vale.

FORMAS DE DISSECAÇÃO

dt Dissecado em interflúvios tabulares. Forma de dissecção determinada pelo entalhamento profundo do talvegue em relevos tabulares.

dpm Dissecado em meias. Formas resultantes da evolução do processo de dissecção em interflúvios abatares.

di: Dissecado em cristas. Cristas residuais, geomorfocêntricas resultantes de dissecção acentuada por ravinas e vales encaixados.

dr Dissecado em ravinas. Forma de dissecção superficial resultante do emalhecimento por drenagem incipiente.

drr Dissecado em ravinas e vales encaixados. Dissecção resultante de evolução do dissecado em ravinas.

ESCALA GRÁFICA

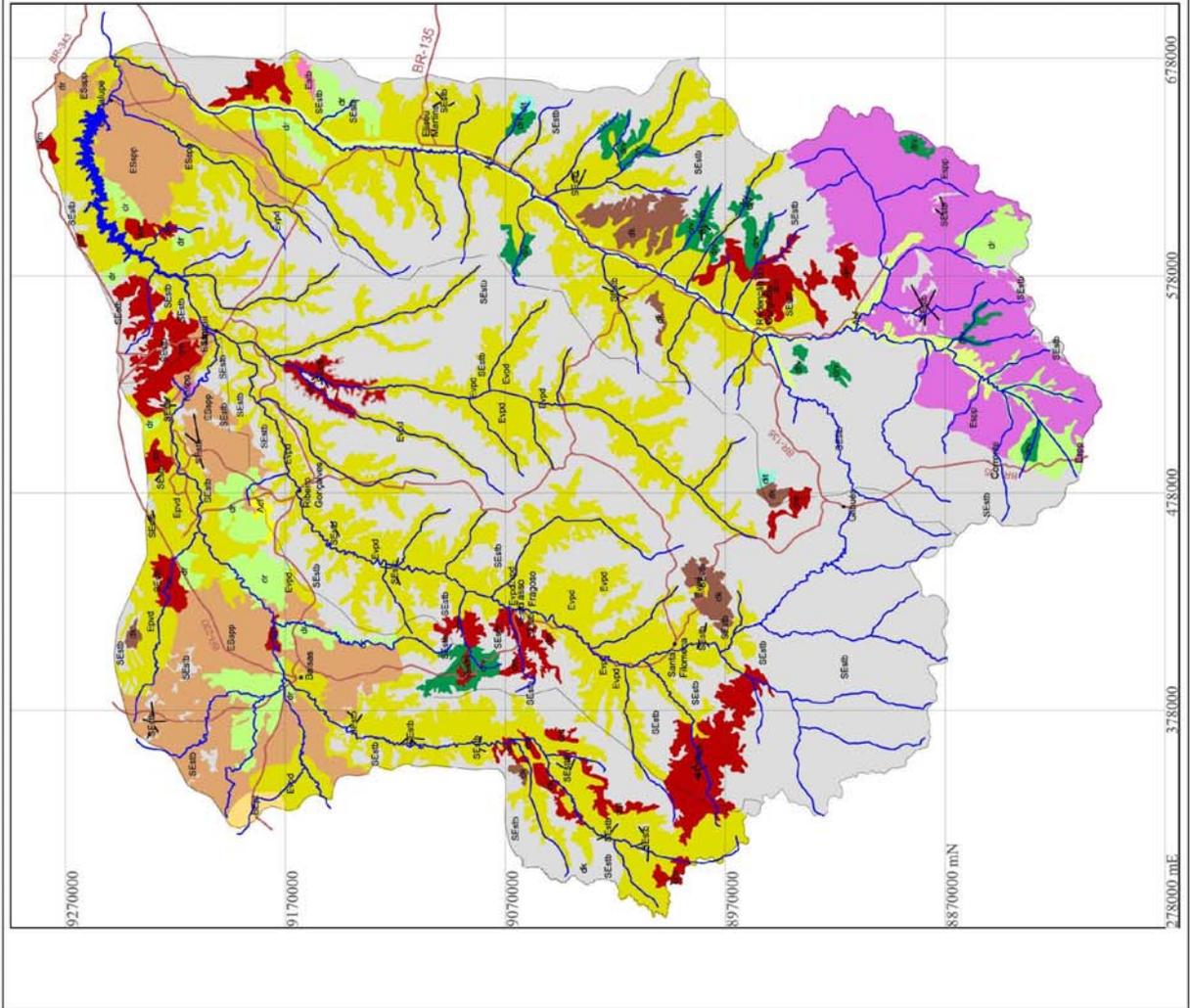


CONVENÇÕES

 Rio, Riacho

 Rodovia Principal

NOTA:
Atividade Acadêmica Integrada da Bacia do Rio Parnaíba - CNPQ/PROJETO/LEP - 2008
PLANAP - 2005
IADAM/IBRASIL



4.4. ASPECTOS PEDOLÓGICOS

A diversidade e a variabilidade espacial dos solos no nordeste brasileiro é muito grande, quer pela significativa extensão territorial que ocupam, quer, principalmente, pelos fatores relacionados à sua gênese. Assim, a grande diversidade de combinações de clima, geologia, geomorfologia e vegetação, entre outros fatores, condicionam a grande dispersão geográfica e a variabilidade dos solos ocorrentes na área estudada.

A profundidade do solo, em termos gerais, é função inversa da aridez do clima, notando-se solos mais profundos nas áreas de maior precipitação; constituindo exceção marcante, grandes áreas situadas no Estado do Piauí, sob domínio dos Latossolos, solos bastante profundos, as quais representam herança geológica.

A textura do solo não é condicionada pela localização geográfica, relaciona-se mais com a natureza dos materiais originários do que com o clima, enquanto fatores responsáveis pela gênese dos solos.

O fenômeno de salinização ou alcalinização é característico das zonas semi-áridas, onde, a elevada evaporação, aliada à riqueza em íons dos materiais originários, facilitam o processo. O suprimento químico dos solos também é mais abundante nas áreas semi-áridas, tanto pela imaturidade dos solos, como pela dificuldade de lixiviação dos íons em profundidade.

A variação das características acima mencionadas determina que, em termos de classificação dos solos, seja considerada uma grande quantidade de associações ou grupamentos de solos, vislumbrando-se a escala de trabalho adotada. Tais associações, embora taxonomicamente distintas, podem-se comportar, muitas vezes, do mesmo modo em termos de resposta ao uso agrícola, constituindo a mesma classe de aptidão; ou ainda e de maneira reversa, a mesma classe ou grupamento de solos podem pertencer a diferentes classes de aptidão agrícola quando ocorrentes em diferentes condições pedoclimáticas ou de relevo.

PRINCIPAIS UNIDADES DE SOLOS

Na Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba foram identificadas 81 unidades de mapeamento de solos, cujos símbolos e classificação seguem aqueles adaptados do levantamento pedológico do Projeto RADAM (BRASIL, 1973a,b,c e BRASIL, 1981) segundo os critérios estabelecidos por CAMARGO *et al.*(1987).

Latosolos Vermelho-Amarelos

Esta unidade compreende solos minerais, não hidromórficos, muito profundos, com seqüência de horizontes A-Bw-C. Trata-se de solos envelhecidos, geralmente de baixa fertilidade natural e, portanto, de baixa soma e saturação por bases. Embora menos freqüentes, ocorrem na região estudada os Latossolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, usualmente associados aos Bruno Não-Cálcicos ou aos Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos. Os Latossolos Vermelho-Amarelos são bem drenados, permeáveis, com estrutura pouco desenvolvida, sendo esta uma das características morfológicas de classificação desta unidade. Freqüentemente, apresentam textura média, podendo ocorrer Latossolos Vermelho-Amarelos de textura argilosa.

Argissolos Vermelho-Amarelos

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos bem desenvolvidos, não hidromórficos, que possuem um horizonte A mineral do tipo fraco, predominantemente assente sobre um horizonte B textural. Sotoposto ao horizonte superficial, basicamente ocorrem dois tipos de horizontes: um horizonte E, eluvial, descolorido e muito pouco desenvolvido, ou um horizonte AB, os quais, por sua vez, assentam-se sobre o horizonte B textural de coloração vermelha ou vermelha-amarela, de textura variável, predominantemente argilosa e média. São solos que apresentam seqüência de horizontes A-B-C ou A-E-B-C; em sua maioria, de fertilidade baixa a média, predominantemente distróficos ou álicos e de textura pesada, havendo significativa diferença textural entre os horizontes superficial (E) e subsuperficial (Bt). Os Argissolos Vermelho-Amarelos da área estudada são predominantemente de argila de atividade baixa e sua espessura não excede 300 cm. Aqueles com pronunciada diferenciação morfológica entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, são tipicamente abrupcos. Na região

estudada, como variação da unidade modal, podem ocorrer áreas de Argissolo Vermelho-Amarelo cascalhento, Argissolo Vermelho-Amarelo concrecionário, Argissolo Vermelho-Amarelo plíntico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico textura média ou argilosa.

Solos Brunos Não-Cálcicos

São solos minerais, pouco profundos ou rasos, não hidromórficos, com argila de atividade alta, eutróficos, horizonte A predominantemente fraco de consistência dura ou muito dura quando seco, estrutura maciça, granular ou em blocos subangulares fracamente desenvolvidos, com um horizonte B textural pouco espesso, realçado pela cor vermelha ou avermelhada, usualmente com mudança textural abrupta e estrutura em blocos moderada a fortemente desenvolvida. Apresentam seqüência de horizontes A- Bt- C ou A-E-Bt-C e espessura que geralmente não ultrapassa 100 cm. A textura geralmente pertence à classe argila, podendo ter ou não cascalho. Uma característica constante nestes solos é a presença de pavimento desértico, constituído por calhaus e matacões de quartzo rolado, encontrados na superfície das regiões áridas e semi-áridas.

Solos Concrecionários Lateríticos

Os solos dessa unidade são bastante amplos com relação à variação de seus atributos morfológicos e analíticos. Compreendem solos que podem apresentar horizontes B textural, B latossólico ou B incipiente, coincidentes ou não com o horizonte petroplíntico. Esta unidade está constituída por solos com sérios impedimentos à penetração radicular devido a serem formados por uma mistura de partículas mineralógicas finas e nódulos ou concreções ferruginosas de várias formas e diâmetros (petroplintitas), que na maioria dos casos representam o maior volume da massa do solo, reduzindo significativamente sua profundidade efetiva.

Esse fato é agravado pela baixa fertilidade natural que, usualmente, apresenta baixos valores de capacidade de troca de cátions, soma de bases e consideráveis conteúdos de alumínio trocável. Trata-se de solos com seqüência de horizontes Ac-F-C, A-F-C, Ac-B-C, A-Bc-C ou ainda Ac-Bc-C, com os horizontes B diagnósticos podendo se caracterizar como textural, latossólico ou câmbico, predominantemente. Portanto, os nódulos ou concreções petroplínticas

podem estar distribuídos por todo o perfil, desde a superfície ou iniciar-se a diversas profundidades abaixo dela.

Laterítico Bruno Avermelhado - Argissolo Vermelho-Escuro

Denominados como Laterítico Bruno Avermelhado ou Terra Roxa Estruturada Similar no projeto RADAM (BRASIL, 1973c), os Argissolos Vermelho-Escuros compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural de cores avermelhadas com tendência à tonalidade escura. Esses solos apresentam seqüência de horizontes A-Bt-C e, na área estudada, predominam aqueles de textura binária, usualmente, média/argilosa. São predominantemente eutróficos, com estrutura e cerosidade bem desenvolvidas. Devido à esta estrutura, em geral, do tipo blocos subangulares de grau moderado ou forte nos horizontes diagnósticos subsuperficiais quando do solo seco, advém o nome Terra Roxa Estruturada. Na sua grande maioria, os Argissolos Vermelho-Escuros apresentam gradiente textural relativamente elevado, distinguindo-se das Terras Roxas por essa característica.

Areias Quartzosas

Esta classe compreende solos minerais, geralmente profundos e não hidromórficos, essencialmente quartzosos, com textura arenosa ao longo de uma profundidade superior a 2 m a partir da superfície. Nestes solos os perfis são muito simples, limitando-se a diferenciação morfológica à expressão de um horizonte A formado em materiais arenosos, de constituição invariavelmente quartzosa, tal como relatado por BRASIL (1974b) e OLIVEIRA *et al.*(1992). Devido à constituição essencialmente quartzosa, esses solos são pobres em macro e micronutrientes para as plantas, além de não disporem de reservas nutricionais que possam ser liberadas gradativamente.

No Projeto RADAM (BRASIL, 1973a), as dunas fixas e móveis ao longo do litoral compreendem uma classe de solos diferenciada: as Areias Quartzosas Marinhas. As coberturas vegetais encontradas nestes solos são as descritas como formações litorâneas de restinga e de dunas. Estas áreas estão restritas ao Holoceno no litoral e ao capeamento do Terciário na região entre os rios Parnaíba e Itapecuru (BRASIL, 1973a).

Neossolos Litólicos

São solos minerais, não hidromórficos, pouco evoluídos, rasos (< 50 cm até o substrato rochoso), com horizonte A assente diretamente sobre a rocha coerente e dura, ou cascalheira espessa, ou sobre horizonte C pouco espesso ou mesmo exíguo B incipiente.

São, portanto, solos com seqüência de horizontes A-R, A-C-R, sendo o C pouco espesso, ou A-Bi-C-R com o horizonte Bi exíguo e o horizonte C pouco espesso. A textura e fertilidade são variáveis e estão intimamente relacionadas com o material de origem desses solos. Geralmente, apresentam apreciáveis proporções de fragmentos de rocha, parcialmente intemperizados, e/ou cascalhos no interior ou mesmo na superfície do solo. São encontrados em áreas de relevo que varia desde suave ondulado a escarpado. Neste, usualmente está associado aos afloramentos rochosos.

Neossolos Aluviais

Compreendem solos minerais, pouco evoluídos, não hidromórficos, desenvolvidos apenas nas planícies aluviais, em depósitos recentes transportados e depositados pelas águas. Devido ao seu desenvolvimento em situações fisiográficas diversas (terraços, deltas, diques marginais, meandros, etc.), esses solos apresentam propriedades que podem variar consideravelmente a curta distância, seja vertical e/ou lateral. A principal feição a ser considerada na identificação desses solos é a ausência de horizonte diagnóstico de subsuperfície, apresentando camadas estratificadas que geralmente não apresentam relação pedogenética entre si.

São solos que usualmente apresentam horizonte A pouco desenvolvido e as mais variadas texturas ao longo do perfil, sendo que a morfologia varia, principalmente, em função da textura. Em geral, são solos de fertilidade natural média a alta; são pouco profundos ou profundos, com drenagem moderada ou imperfeita e sem problemas de erosão devido a sua situação topográfica.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Pós-Graduação em Geociências
Laboratório de Geologia Sedimentar

TESE DE DOUTORADO:
Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica Alto Parnaíba

ÁREA:
MSc. Nivanete Alves de Melo

ORIENTADOR:
Prof. Dr. Mário de Lima Filho

**MAPA PEDOLÓGICO DA BACIA
HIDROGRÁFICA ALTO PARNAÍBA**

UNIDADES DE SOLO

AQ1	Associação de Arenas Quartzosas distóficas + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média
AQ2	Associação de Arenas Quartzosas distóficas + Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura média + Regossolo Eutrófico
AQ3	Associação de Arenas Quartzosas distóficas + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média + Solos Concrecionários Latênticos
AQ4	Associação de Arenas Quartzosas distóficas + Neossolos
AQ5	Associação de Arenas Quartzosas distóficas + Solos Concrecionários Latênticos Distóficos textura argilosa
LV1	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média
LV2	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média + Arenas Quartzosas distóficas + Solos Litólicos distóficos
LV3	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média + Arenas Quartzosas distóficas + Solos Litólicos distóficos
LV4	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média + Solos Litólicos Concrecionários distóficos
LV5	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo textura média + Solos Concrecionários Latênticos Eutróficos distóficos
LV6	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média + Solos Concrecionários Latênticos distóficos textura argilosa + Arenas Quartzosas distóficas
LV7	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa
R1	Associação de Neossolos Distóficos + Arenas Quartzosas
R2	Associação de Neossolos Distóficos + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico textura média
R3	Associação de Neossolos Distóficos + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico textura média
R4	Associação de Neossolos concrecionários + Argissolo Vermelho-Amarelo concrecionário Distrófico textura média
R5	Associação de Neossolos + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média
R6	Associação de Neossolos Eutróficos + Argissolo Vermelho-Amarelo concrecionário Distrófico
PV1	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura argilosa
PV2	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura argilosa + Latêntico Bruno Amarelado Eutrófico textura argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média
PV3	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura argilosa + Bruno Nilo Eutrófico textura argilosa
PV4	Associação de Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura argilosa + Solos Litólicos Eutróficos
SC1	Associação de Solos Concrecionários Latênticos Distóficos textura argilosa + Arenas Quartzosas distóficas
SC2	Associação de Solos Concrecionários Latênticos Distóficos textura argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média + Solos Litólicos distóficos
SC3	Associação de Solos Concrecionários Latênticos Eutróficos textura argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média + Solos Litólicos distóficos
SC4	Associação de Solos Concrecionários Latênticos Distóficos textura argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa + Arenas Quartzosas distóficas
SC5	Associação de Solos Concrecionários Latênticos Eutróficos textura argilosa + Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário distrófico textura argilosa + Solos Litólicos distóficos
SC6	Associação de Solos Concrecionários Latênticos Distóficos textura argilosa + Solos Litólicos distóficos

CONVENÇÕES

— Rio, Riacho

— Rodovia Principal

ESCALA GRÁFICA



50 0 50 100Km

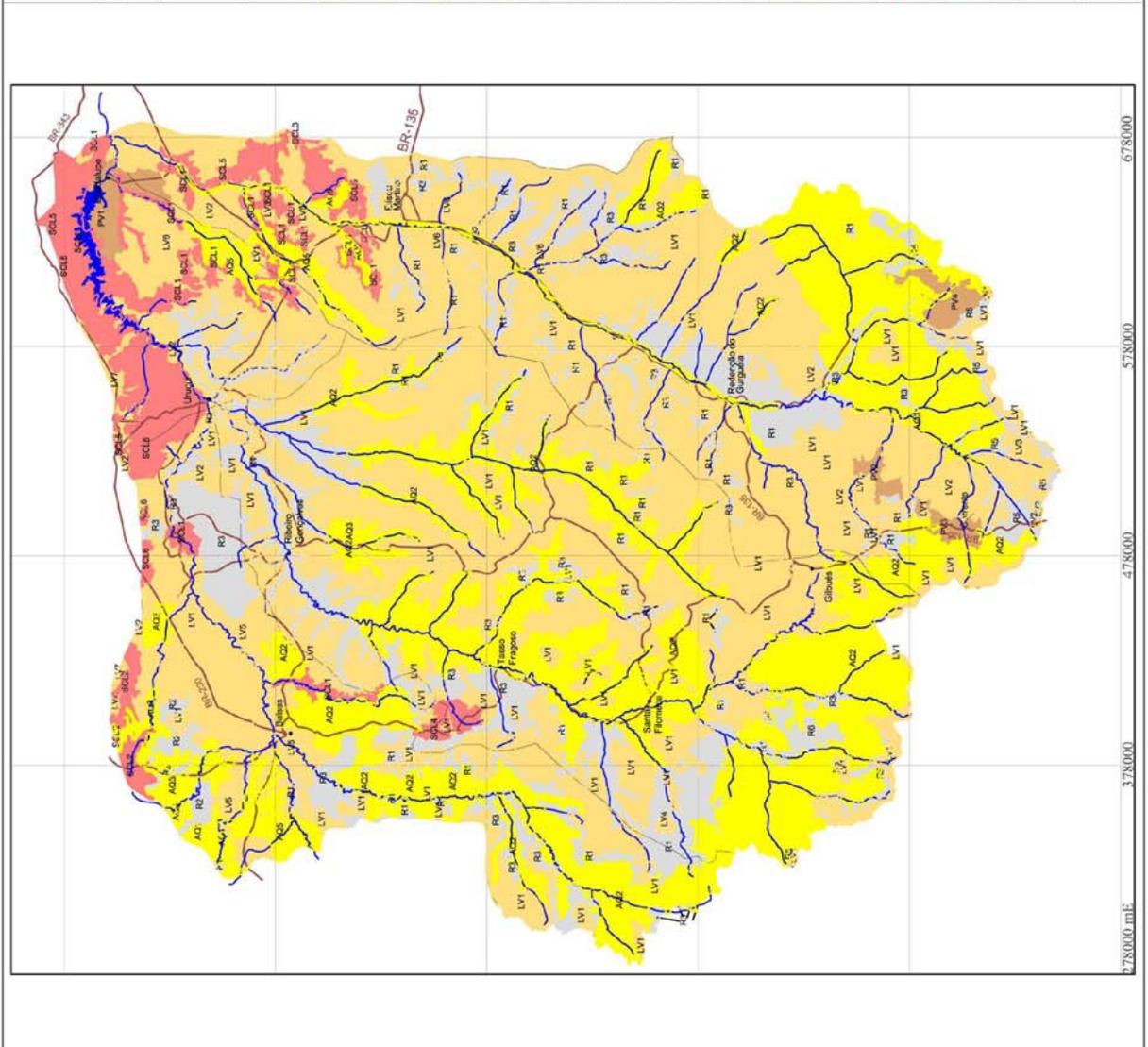
COORDENADAS

Avanço: Análises Integradas da Bacia do Rio Parnaíba - CNEC/PROTEC - EPF - 2006

PLANO: 300

ROTAÇÃO: 0

PROJEÇÃO: UTM



4.5. RECURSOS HÍDRICOS

A bacia hidrográfica do rio Parnaíba é uma entre as doze regiões hidrográficas instituídas na Resolução no. 32, de 15 de outubro de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que define a Divisão Hidrográfica Nacional, com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. As outras regiões hidrográficas definidas pela resolução são: Amazônica, Tocantins, Atlântico Nordeste Ocidental, São Francisco, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Leste, Paraguai, Paraná, Atlântico Sudeste, Uruguai e Atlântico Sul.

A bacia hidrográfica do rio Parnaíba constitui a rede hidrográfica mais densa e relevante da Região Nordeste, perfazendo uma área total de 330.020 km². Os registros fluviais apontam dois períodos bastante distintos: um período de estiagem, que se estende de maio a outubro e outro de cheia, que se estende de novembro a abril. Por isso, vários barramentos são feitos nos rios para acúmulo de água. Na sub-bacia destacam-se as Barragens de Boa Esperança, em Guadalupe e Algodões II em Curimatã com mais de 10.000.000 m³ de capacidade de armazenamento. A bacia Alto Parnaíba abrange uma área de 135.000 km², sendo o rio Parnaíba seu principal condutor superficial de águas da região.

Pela margem direita destacam-se os rios Gurguéia, Uruçuí Vermelho, Uruçuí Preto.

Na margem esquerda, apenas o rio Balsas pode ser considerado representativo devido a sua expressiva contribuição hídrica.

Este fato é conseqüência da localização da área, que abarca grande porção de terras na região do semi-árido e de transição para o semi-árido nordestino. De modo que a perenidade do rio Parnaíba se deve principalmente aos seus afluentes do alto curso e da sub-bacia do rio Balsas.

A disposição dos canais fluviais esta intimamente ligada aos fatores litoestruturais, às condições climáticas, ao relevo, às características do solo, à densidade da vegetação e a outros parâmetros fisiográficos que influenciam de maneira geral a estrutura e funcionamento da rede fluvial.

Sua declividade é acentuada desde as suas nascentes até as proximidades da Vila Santa Filomena, na cota de 270m, sofrendo uma redução do declive de 35 cm/km para 17 cm/km nos últimos quilômetros do seu percurso.

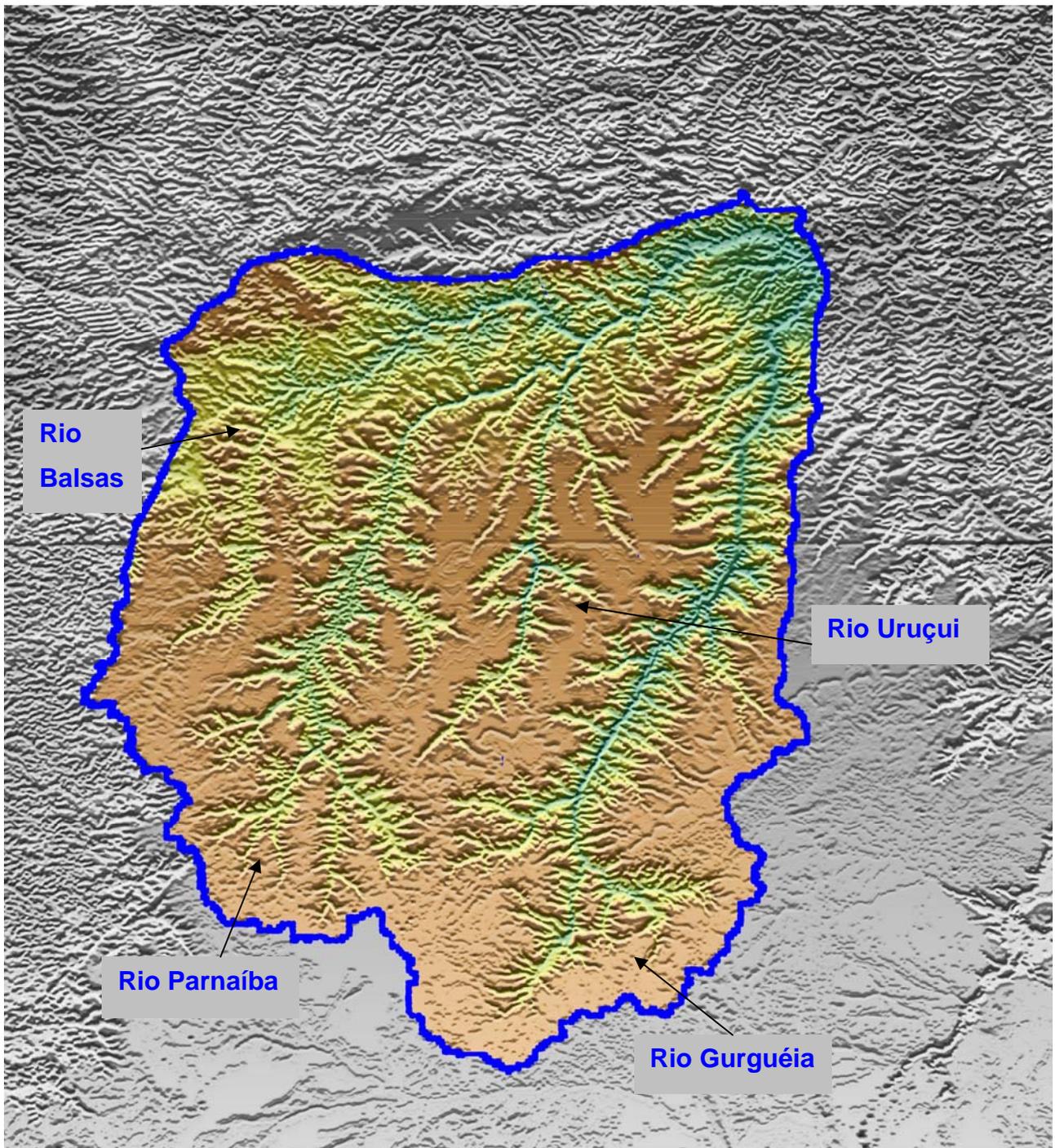


Figura 4.5-1 – Destaque da Bacia Hidrografia do Alto Parnaíba.

Fonte: SRTM-NASA - 2006

O rio Parnaíba percorre uma região de transição entre os rios de regime equatorial e os do nordeste. A partir de janeiro ou fevereiro ocorrem as cheias, quando as águas transbordam, inundando as várzeas e possibilitando a alimentação de lagoas ao longo de seu curso.

A leste do Parnaíba, diminuindo os totais pluviométricos, defronta-se com a área sertaneja, domínio ecológico no qual, entre outros aspectos, destaca-se particularmente os cursos d'água de regime temporário ou intermitente, ou seja, rios que correm apenas no período chuvoso, secando completamente durante a longa estiagem. Geralmente, estes rios se transformam em verdadeiras estradas de areia e seixos rolados, interrompidas por poças de água.

O principal condicionante da pobreza de recursos hídricos reside fundamentalmente no clima semi-árido que domina grande parte da região. Como consequência grande parte dos rios apresenta um comportamento intermitente. Dentre os rios perenes afluentes da margem direita do Parnaíba, citam-se o Uruçuí Preto, e o Gurguéia.

Os tributários da margem esquerda constituem os rios maranhenses, que apresentam, de forma geral, características diferentes dos demais rios verdadeiramente nordestinos, tendo em vista se tratar de rios perenes, conservando durante todo o ciclo anual um volume de água razoável.

Na caracterização do regime hídrico do rio Parnaíba foram utilizados dados disponíveis de duas estações fluviométricas implantadas pelo Consórcio EPE- CNEC/PROJETEC (2006) ao longo deste manancial: Alto Parnaíba e Ribeiro Gonçalves situam-se à montante da Usina Hidroelétrica de Boa Esperança.

Nas áreas de cabeceiras, na localidade de Alto Parnaíba, as vazões médias de longo período apontam valores da ordem $8,5 \text{ l/s/km}^2$, atingindo em Teresina valores específicos de $2,2 \text{ l/s/km}^2$.

Junto às cabeceiras, as vazões são favorecidas pelo regime de chuvas incidente, onde são observados valores de precipitação média da ordem de 1.200 mm anuais.

No trecho do rio Parnaíba, à montante da UHE de Boa Esperança, o padrão sazonal de vazões médias mensais indica a ocorrência de um período úmido, compreendido entre os meses de novembro e abril, sendo fevereiro o mês

onde normalmente ocorrem os maiores deflúvios, com valores compreendidos entre 12,5 e 10,3 l/s/km².

À jusante da UHE de Boa Esperança, o padrão sazonal de vazões é ligeiramente diferenciado, com ocorrência de vazões máximas geralmente no mês de abril, com valores compreendidos entre 3,6 e 3,8 l/s/km².

No **Quadro 4.5-1**, são apresentadas as principais características do regime de vazões deste manancial.

QUADRO 4.5-1 - REGIME DE VAZÕES DO RIO PARNAÍBA

PARÂMETRO	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	
	Alto Parnaíba	Ribeiro Gonçalves
Área de drenagem (km ²)	13.600	32.700
Vazão média anual (m ³ /s)	116,0	232,0
Vazão média anual (l/s/km ²)	8,5	7,1
Semestre úmido	nov – abr	nov – abr
Vazão máxima mensal (m ³ /s)	169,9 (fev)	336,9 (fev)
Vazão mínima mensal (m ³ /s)	76,1 (set)	149,5 (set)

Fonte: ANEEL, 2001

A seguir são apresentadas algumas considerações relativas aos principais tributários do rio Parnaíba.

Rio Balsas

Nasce entre as Chapadas das Mangabeiras e a Serra dos Penitentes, na cota 577m, e desenvolve um percurso de 525 km até desaguar no rio Parnaíba a 12 km a montante dos Municípios de Uruçuí e Benedito Leite. O rio Balsas é perene em toda a sua extensão e tem como principais tributários os Bacuri, Maringue e Magu, afluentes da margem esquerda na região de seu baixo curso. A sub-bacia do rio Balsas compreende uma área de 24.309 km² e apresenta uma vazão média anual em torno de 202 m³/s.

As análises fluviométricas se basearam em dados disponíveis de duas estações fluviométricas, implantadas respectivamente nas localidades de Balsas

e São Félix de Balsas, ambas localizadas no Estado do Maranhão, pelo Consórcio EPE-CNEC/PROJETEC, 2006.

A disponibilidade hídrica de superfície apresenta valores decrescentes à medida que se aproxima de sua foz, junto a confluência com o rio Parnaíba. Neste trecho, os valores de vazões médias anuais variam de 11,6 a 8,3 l/s/km².

O padrão sazonal de vazões indica a presença de um semestre úmido nos meses de dezembro a maio, sendo março, o mês onde geralmente ocorrem os maiores deflúvios, com valores variando entre 16,7 a 14,3 l/s/km².

As vazões mínimas ocorrem em geral no mês de setembro, com valores compreendidos entre 7,5 e 4,3 l/s/km².

No **Quadro 4.5-2**, são apresentadas as principais características do regime de vazões deste manancial.

QUADRO 4.5-2 - REGIME DE VAZÕES DO RIO BALSAS

PARÂMETRO	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	
	Balsas	São Félix de Balsas
Área de drenagem (km ²)	8.800	22.800
Vazão média anual (m ³ /s)	102,0	189,3
Vazão média anual (l/s/km ²)	11,6	8,3
Semestre úmido	dezembro – maio	Dezembro – maio
Vazão máxima mensal (m ³ /s)	147,4 (mar)	326,1 (mar)
Vazão mínima mensal (m ³ /s)	66,2 (set)	98,4 (set)

Fonte: ANEEL, 2001.

Rio Uruçuí-Preto

Nasce entre as serras das Guaribas e dos Patos, na cota 600 m, ao norte da localidade de São Félix de Balsas (MA). Este curso d'água é intermitente da nascente até o lugarejo de Pedra. Somente a partir da confluência com o riacho Quilombos, passa à condição de rio perene até sua foz no rio Parnaíba, em um percurso de 80 km. Este curso d'água possui uma extensão total de 300 km e seu curso tem uma geometria retilínea com uma declividade média de 4,8 m/km.

Sua bacia de drenagem compreende uma área de 15.900 km² e sua vazão média anual situa-se em torno de 38 m³/s.

A caracterização do regime de vazões baseou-se em dados disponíveis das estações fluviométricas de Fazenda Bandeira.

A área da bacia drena terrenos pertencentes a unidade morfoclimática dominada pela savana e, em termos de vazões médias anuais, são encontrados valores da ordem de 2,4 l/s/km². O padrão sazonal de vazões é muito acentuado, com a ocorrência de um semestre relativamente muito úmido de dezembro a maio. Março, com valores de vazão específica da ordem de 3,3 l/s/km², é o mês onde geralmente ocorrem os maiores deflúvios. As menores vazões são observadas freqüentemente no mês de setembro, com valores da ordem de 1,6 l/s/km².

No **Quadro 4.5-3**, são apresentadas as principais características do regime de vazões deste manancial.

QUADRO 4.5-3 – REGIME DE VAZÕES DO RIO URUÇUI-PRETO

Parâmetro	Estação Faz. Bandeira
Área de drenagem (km ²)	14.700
Vazão média anual (m ³ /s)	35,2
Vazão média anual (l/s/km ²)	2,4
Semestre úmido	dez - mai
Vazão máxima mensal (m ³ /s)	48,1 (mar)
Vazão mínima mensal (m ³ /s)	24,0 (set)

Fonte: ANEEL, 2001

Rio Gurguéia

Nasce na cota de 500 m entre as serras de Alagoinhas e Santa Marta. Do trecho inicial até uma extensão de 82 km o rio apresenta um regime intermitente, tornando-se, a partir da região de Santa Filomena, perene até sua foz no rio Parnaíba. O curso d'água tem uma extensão de 532 km e apresenta-se um curso retilíneo com uma declividade média de 2,1 m/km. Dos afluentes tributários, merecem destaque os rios Contrato, Paraim e Esfolado. Sua bacia abrange uma superfície de 49.800 km² e sua vazão média anual é de 36 m³/s.

A caracterização do regime de vazões baseou-se em dados disponíveis da estação fluviométrica de Barra do Lance.

A área da bacia abrange principalmente terrenos pertencentes à unidade morfoclimática de contato entre o cerrado e a caatinga e, em termos de vazões médias anuais, é verificada uma produção hídrica da ordem de 0,73 l/s/km².

O padrão sazonal de vazões é muito acentuado, com a ocorrência de um semestre relativamente muito úmido de dezembro a maio, sendo abril, com 1.8 l/s/km², o mês onde geralmente ocorrem os maiores deflúvios.

No **Quadro 4.5-4**, são apresentadas as principais características do regime de vazões deste manancial.

QUADRO 4.5-4 – REGIME DE VAZÕES DO RIO GURGUEIA

Parâmetro	Estação Barra do Lance
Área de drenagem (km ²)	48.400
Vazão média anual (m ³ /s)	35,2
Vazão média anual (l/s/km ²)	0,73
Semestre úmido	dez – mai
Vazão máxima mensal (m ³ /s)	87,4 (abr)
Vazão mínima mensal (m ³ /s)	4,2 (set)

Fonte: ANEEL, 2001

4.5.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

A Bacia Sedimentar do Rio Parnaíba representa um dos domínios mais promissores de águas subterrâneas do Brasil. Os aquíferos mais importantes desta bacia sedimentar são: a) Aquífero Serra Grande; b) Aquífero Cabeças; e c) Aquífero Piauí. Adicionam-se a esses aquíferos aqueles encerrados pelas formações Pimenteiras, Longá; Poti, Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba, Pastos Bons, Cordas Areado, Urucuia, Santana, Exu e Itapecuru, Grupo Barreiras e sedimentos inconsolidados terciários e quaternários. Na sub-bacia do Alto Parnaíba, segundo o Consórcio EPE-CNEC/PROJETEC (2006) só as unidades Poti/Piauí e Urucuia tem alguma relevância.

Nos vales dos rios Parnaíba, Uruçuí-Preto e Gurguéia predominam um potencial hídrico que vai de fraco a médio, apresentando áreas de potencial forte a muito forte. Insere-se neste potencial as regiões de Alto Parnaíba, Tasso Fragoso e numa faixa a jusante de Gilbués até Jerumenha.

O vale do rio Gurguéia caracteriza-se pelas melhores condições de captação de água subterrânea da bacia. Paradoxalmente, é neste lugar onde ocorre o maior desperdício de águas subterrâneas. De acordo com REBOUÇAS *et al.* (1999), nos setores mais favoráveis à produção, no Estado do Piauí, várias centenas de poços já foram perfurados, alguns dos quais estão jorrando centenas de m³/hora, há mais de 30 anos.

Nesse sentido, a Folha de São Paulo (24 de dezembro de 2000), relatou que somente no vale do rio Gurguéia, no Piauí, 15 milhões de litros, ou seja, 15 mil metros cúbicos, são desperdiçados por hora, sendo que mais de um terço do território está situado no polígono das secas. Trata-se de poços nos quais a pressão de confinamento d'água permite o artesianismo, ou seja, a água jorra naturalmente. **(foto 4.5-1 e foto 4.5-2)**

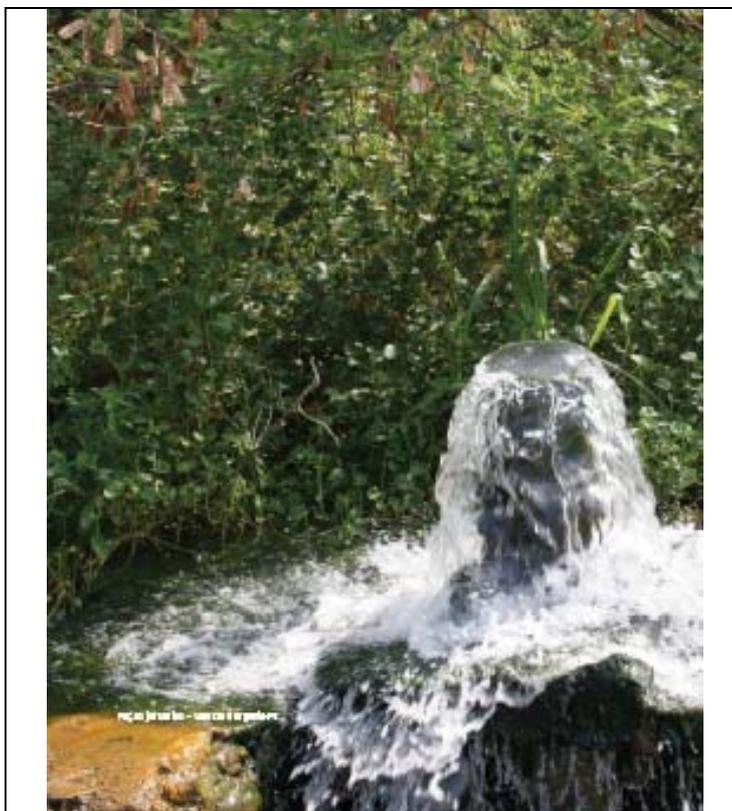


Foto 4.5-1 – Poço jorrante em Redenção de Gurguéia (CODEVASF, 2005)



Foto 4.5-2 – Leito assoreado de um afluente do rio Gurguéia
(Foto NAMelo: 03/12/2006)

4.5.2 USO DAS ÁGUAS

O cerrado Piauiense é considerado uma das áreas do país com maior produtividade de soja, podendo-se tornar uma região potencialmente poluidora dos recursos hídricos, através do uso de insumos agrícolas, como agrotóxicos e fertilizantes.

A região de Balsas vem sofrendo um processo de degradação ambiental pelo uso intensivo do solo para práticas agrícolas, deparando-se com possíveis impactos sobre os recursos hídricos da região, tanto em cargas de nutrientes, como no assoreamento dos rios pela erosão dos solos.

O nutriente mais utilizado pelos estados integrantes da região do Parnaíba é o fosfato, que pode agregar-se às partículas de solos por adsorção, sendo carregado pelo escoamento superficial aos corpos d'água. Nos lagos e reservatórios, esses nutrientes tornam-se disponíveis à biota aquática, favorecendo seu crescimento e, muitas vezes, a floração de espécies

indesejáveis que produzem toxinas na água. (Consórcio EPE-CNEC/PROJETEC, 2006).

Desta forma, o uso de fertilizantes na agricultura associado ao processo de erosão do solo, encontrado nas sub-bacias Balsas e Alto Parnaíba constitui fator potencial de poluição dos ambientes aquáticos, principalmente quando se trata de reservatório.

O curso do rio Parnaíba, os lagos, os açudes e os mananciais subterrâneos constituem fontes abundantes de suprimento de água para a agricultura irrigada.

Neste cenário, as oportunidades se fortalecem pela existência de projetos públicos de irrigação em condições de serem operados pela iniciativa privada. Alguns estão em execução, com infra-estrutura instalada e com disponibilidade de terras irrigáveis para arrendamento por pequenas, médias e grandes empresas. As práticas de irrigação orientadas por órgãos federais abrangem uma área de 59.691 há. Os projetos estão sob a responsabilidade do Governo Federal, representados pelos seguintes perímetros irrigados:

Perímetro irrigado Gurguéia; Perímetro irrigado Vale do Fidalgo; Perímetro irrigado Caldeirão; e Projeto Platô de Guadalupe.

A irrigação pública estadual tem sob sua responsabilidade dois segmentos: o Projeto Vale do Parnaíba e o Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural, que abrangem uma área de 7.092 ha.

A irrigação privada é disseminada e passou a ter significado econômico a partir da década de 70. Merecem destaque na bacia os projetos da iniciativa privada desenvolvidos com água de superfície nas seguintes áreas:

Vale do Gurguéia; Vale do Sambito; e Vales do Fidalgo, Uruçuí-Preto.

A agricultura assume um importante papel no desenvolvimento sócio-econômico da bacia, por ser uma vasta fonte geradora de empregos e responsável pelo abastecimento dos principais produtos agropecuários e de matérias-primas para o setor industrial e pelas exportações de produtos naturais e industrializados.

O rio Parnaíba, com seus 1.200 km navegáveis, da foz até Santa Filomena (PI), é a principal hidrovia do Nordeste, embora apresente condições diversas de navegabilidade ao longo do seu curso.

Os maiores obstáculos são constituídos por bancos de areia e alguns afloramentos rochosos. A construção da barragem de Boa Esperança eliminou uma parte desses obstáculos e tornou possível a navegação a montante desta mesma barragem.

A montante deste aproveitamento, o rio Parnaíba é navegável em cerca de 350 km, entre as cidades de Uruçuí e Santa Filomena. A jusante da barragem, até a sua foz, é navegável por 669 Km.

Este último trecho é caracterizado por um alargamento da calha, em cujo leito existe uma considerável quantidade de bancos de areia submersos nas cheias e visíveis na época da estiagem, ocasião na qual as profundidades do canal navegável variam de 1 a 2 m.

O lago da barragem de Boa Esperança se estende por cerca de 155 km, até a foz do rio das Balsas, junto à cidade de Uruçuí (PI), permitindo navegação em toda sua extensão, assim como no baixo curso do rio das Balsas.

Para a transposição do desnível de 50 m, criado pela barragem de Boa Esperança, foi construído um sistema de duas eclusas com lago intermediário de nível constante. O conjunto tem suas obras civis concluídas, porém não dispõe ainda dos equipamentos eletromecânicos. As duas eclusas têm 50m de comprimento por 12m de largura, com profundidade mínima de 3m, e estão localizadas na margem direita, no município de Guadalupe (PI).

O trecho superior do rio Parnaíba, entre Uruçuí e Santa Filomena, é navegável o ano todo, embora apresente inúmeras corredeiras, que obrigam os barcos a utilizar “espias”, para vencê-las. A largura do rio em muitos locais se reduz a 70 m, mas as profundidades são sempre superiores a 1 m. A localidade de Santa Filomena é considerada o limite superior da hidrovia.

O rio Balsas, afluente do Parnaíba, é navegável no período de águas altas, de dezembro a abril, até a cidade de Balsas (MA).

A navegação no rio Parnaíba atravessa atualmente uma fase de decadência, originada pelas más condições do rio, concorrência com o transporte rodoviário que é bem mais rápido e as obras inacabadas das eclusas da barragem de Boa Esperança.

Apesar disso, a navegação fluvial é ainda bastante intensa, principalmente a montante da barragem de Boa Esperança, região ainda mal servida por rodovias.

4.6. COBERTURA VEGETAL

A Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí (CEPRO) tem expressiva lista de estudos voltados ao diagnóstico, zoneamento e planejamento ambiental. Em publicação do CEPRO (1996) encontram-se os “compartimentos regionais de relevo” do Piauí, elaborados em 1987, a descrição dos solos do Estado, assim como sua utilização e as principais formações vegetais do estado. Em síntese, citam-se como principais formações vegetais as florestas estacionais; o cerrado (variando de campo sujo aos cerradões) a caatinga (arbórea, arbustivo-arbórea e arbustiva, às vezes confundindo-se com o “carrasco”); as formas de transição (enfaticamente no Alto Gurguéia), mas encontradas em todo o estado.

A característica transicional da vegetação da bacia do Parnaíba é explicada por uma série de fatores como sua localização (entre a Amazônia, as caatingas nordestinas e a área core do cerrado), amplitude latitudinal, variações climáticas, edáficas e de relevo e ações antrópicas. Aos chapadões, por exemplo, associa-se a presença dos cerrados nas condições de maior pluviometria e de formações de caatinga com elementos de cerrado, nas áreas mais secas. Por outro lado, o estabelecimento de agricultura de vazante e a implantação de pastagens foram responsáveis pelo surgimento de uma floresta xérica, fortemente degradada, no Vale do Gurguéia, ou de novos cocais adensados de babaçu na várzea do Parnaíba, que tomam o lugar das florestas subcaducifólias.

a) Cerrados

Os cerrados, nas suas diferentes feições mais características, estão presentes na bacia do Parnaíba notadamente na sub-bacia do Balsas, no Alto Parnaíba, e em parte da sub-bacia do Gurguéia, estendendo-se na mesoregião do Sudoeste Piauiense, nos municípios de Ribeiro Gonçalves, Santa Filomena, Uruçuí, Antônio Almeida, Bertolândia, Manoel Emídio, Marcos Parente, Floriano, Guadalupe, Itaueira, Jerumenha, Barreiras do Piauí, Bom Jesus, Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Corrente e Cristalândia do Piauí.

O Cerrado “*stricto sensu*” tem vegetação constituída por árvores de até cinco metros de altura, tortuosas e retorcidas, com estrato arbustivo e sub-arbustivo, sujeito a fogo freqüentemente. O Inventário Hidroelétrico do Rio

Parnaíba, realizado pela CHESF/CNEC, em 2002, verificou a ampla ocorrência de áreas de cerrado “stricto sensu” e de transição cerrado-caatinga, muitas vezes chegando a formar manchas de vegetação quase monoespecíficas, tal a sua dominância. Seu porte, no entanto, varia significativamente em função das características edáficas e climáticas que suportam as diferentes fitofisionomias savânicas. Localizam-se em baixas cotas altimétricas com altitudes variando de 70 a 430m, temperaturas médias anuais variando de 26,3 a 27,00 C e precipitações anuais variando de 1.217 a 1.709 mm com chuvas concentradas entre os meses de dezembro e abril.

As famílias mais importantes levantadas nesse Inventário foram: Vochysiaceae, Caryocaraceae e Chrysobalanaceae. Entre as espécies destacaram-se *Qualea parviflora*, *Hirtella ciliata* e *Caryocar coriaceum*. A densidade e área basal total apresentaram valores de 767 ind./ha e 22,4m²/ha, respectivamente.

Segundo o consórcio EPE-CNEC/PROJETEC (2006), as formas e os tipos de vegetação existentes no cerrado refletem a grande diversidade vegetal existente no bioma, contudo, sua flora, apesar de muito rica, é em grande parte desconhecida, principalmente na região hidrográfica do Parnaíba, onde poucos trabalhos de levantamento florístico foram realizados.

Com relativa importância econômica, muitas de suas espécies apresentam utilidade para o homem como plantas melíferas, medicinais (febrífugas, diuréticas, emenagogas, sudoríficas, emolientes, tônicas, adstringentes, depurativas, contra sífilis, bronquite, males do fígado, cálculos renais, reumatismo, etc.), sendo poucas utilizadas como comestíveis ou ornamentais.

Por outro lado, de acordo com Barreira (2000), pelo fato de estar localizado em áreas agricultáveis, o cerrado brasileiro não tem sido contemplado com ações específicas de conservação, encontrando-se poucas reservas oficiais e particulares em sua área de domínio.

Nas chapadas das sub-bacias do Balsas e do Uruçuí-Preto se encontram a maior ameaça a esses ecossistemas pouco conhecidos e já bastante degradados pela agricultura e pelo pastoreio: a soja se estabelece em sistema de cultivo de alto impacto, com grandes extensões desmatadas (**Foto 4.6-1**), aplicação de fertilizantes e biocidas, uso de maquinaria para preparo do solo e

pequena absorção de mão-de-obra local. Segundo Lemos (2001), no seu estudo sobre níveis de degradação do Nordeste Brasileiro, a baixa capacidade de absorção de mão-de-obra das imensas áreas de monoculturas, evidentes principalmente no sul do Maranhão, contribui marcadamente para os elevados graus de degradação estimados para os municípios de Alto Parnaíba, Tasso Fragoso e Loreto, na bacia do Balsas.



Foto 4.6-1 - Campo de soja às margens da estrada Urucuí - Ribeiro Gonçalves, 2005.

Fonte: Consórcio EPE-CNEC/PROJETEC, 2006

O Cerrado constitui-se no ponto de equilíbrio dos mais variados domínios, conectado pelos corredores hidrográficos e comprovado pela sua posição geográfica, caráter florístico e geomorfológico. De uma maneira geral, a elevada perda de habitats, devido à expansão das fronteiras agrícolas em regiões dominadas pelo Cerrado, constitui um forte grau de ameaça a conservação de suas comunidades faunísticas e florísticas. Estima-se que existam aproximadamente 137 espécies de animais ocorrentes neste Bioma que se encontram ameaçados de extinção (EPE-CNEC/PROJETEC, 2006). Até cerca de uma década atrás, a bacia do Parnaíba possuía grandes extensões desta formação, em suas diversas fácies, pouco alteradas e em bom estado de conservação. Atualmente, a saturação das terras com potencial agrícola no centro-oeste do Brasil, tem intensificado o avanço da cultura da soja e de outros cultivos anuais na bacia.

b) Caatinga

A Caatinga é caracterizada pela presença de vegetação xerofítica e decídua, composta predominantemente por espécies lenhosas, grande número de espécies espinhentas, cactáceas e bromeliáceas. Herbáceas e gramíneas crescem somente durante a estação chuvosa e raramente são vistas durante o restante do ano. O principal mecanismo de adaptação da vegetação às condições apresentadas pelo clima extremamente quente e seco é a deciduidade apresentada pela maioria das espécies vegetais. Notavelmente três espécies conseguem manter as folhas, mesmo sob estas condições: o juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), o icó (*Capparis yco*) e a oiticica (*Licania rigida*) (CHESF/CNEC, 2002).

Entre as plantas suculentas, destacam-se euforbiáceas e cactáceas. Estas últimas são muito freqüentes e especialmente representadas nesta formação pelo mandacaru (*Cereus jamacaru*), o xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), e o facheiro (*Pilosocereus piauhyensis*) (CHESF/CNEC, 2002).

De modo geral, a vegetação de caatinga na bacia do Parnaíba apresenta a seguinte constituição básica de espécies mais abundantes: *Tabebuia chysotricha* (Mart.) Standley, *Anadenanthera macrocarpa* Brenan, *Auxemma oncalyx* Fr. Alem., *Astronium urundeuva* (Fr. Alem.) Engler, *Caesalpinia pyramidalis* Tul., *Aspidosperma pyriforme* Mart., *Combretum leprosum* Mart., *Pilosocereus piauhyensis* (Guerke) Bul. & Rowl, *Cereus jamacaru* DC (CHESF/CNEC, 2002).

Como gêneros endêmicos podemos citar: *Auxemma* e *Ceiba*; já como espécies endêmicas, destacam-se: *Mimosa caesalpinifolia*, *Cnidoscolus phyllacanthus* e *Astronium urundeuva* (Fernandes, 2000 *apud* CHESF/CNEC, 2002).

Os componentes da vegetação podem variar bastante, em virtude de tipo de substrato e de clima local, gerando as várias “fácies” identificáveis neste bioma (CHESF/CNEC, 2002). Em partes da sub-bacia do Gurguéia encontra-se o carrasco ou catanduva do Piauí recobrando quase sempre terrenos sedimentares, onde predominam solos arenosos e bem drenados, revestindo trecho entre Canto do Buriti e São Raimundo Nonato, no limite das cuestas da serra das Confusões.

Atualmente, cerca de 50% da área da Caatinga esta coberta por vegetação nativa em maior ou menor estágio de alteração. Constitui um dos biomas mais alterados pela ocupação antrópica, no entanto, possui apenas 0,65%

de sua área total protegida sob a forma de Unidades de Conservação (EPE-CNEC/PROJETEC, 2006). Como resultado das continuadas ações antrópicas, diversas espécies animais encontradas na Caatinga estão ameaçadas de extinção global, como mostra a lista oficial de espécies ameaçadas do IBAMA, e uma espécie de ave está oficialmente extinta na natureza: a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*).

c) Formações de Transição Fitoecológica

As principais formações de contato ou transição fitoecológica da bacia são constituídas pela transição entre o Cerrado e a Caatinga. Estas formações vegetais caracterizam-se por apresentar floras indiferenciadas que se interpenetram sob a forma de encaves e/ou ecótonos compostos por Áreas de Tensão ou Transição Ecológica. Ecótonos são áreas de tensão ecológica onde as floras se interpenetram e um tipo de vegetação é gradualmente substituído por outro, sob as mesmas condições climáticas gerais e um regime de intensa competição (Walter, 1986 apud CHESF/CNEC, 2002). Encaves são áreas de tensão ecológica onde as floras são passíveis de distinção e as diferenças entre os tipos de vegetação são facilmente verificáveis e geralmente associadas a mudanças edáficas.

A maior parte da área é formada por ecótonos propriamente ditos, fato comprovado, pois, as floras das formações de contato apresentam sobreposição. Estas áreas constituem ecossistemas de alta biodiversidade, extremamente relevantes do ponto de vista ecológico (CHESF/CNEC, 2002).

As espécies mais constantes nesta região fitogeográfica são: murici (*Byrsonima gardneriana* Adr. Juss.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), *Hymenaea stilbocarpa* L., *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill., *Schinus terebinthifolius* Raddi, lixeira (*Curatella americana* L.), *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl., *Schinopsis brasiliensis* Engl., Pau-Ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.) *Bouwdichia virgilioides* H.B.K., *Machaerium acutifolium* Vog. e *Dalbergia cearensis* Ducke (CHESF/CNEC, 2002).

d) Floresta Ripária (Mata Ciliar)

Nas regiões dominadas pelo Cerrado, ocorre freqüentemente vegetação florestal de características ripárias associadas aos fundos dos vales e

às margens dos cursos d'água, estas formações são constituídas por duas tipologias básicas: a Mata Ciliar e as Veredas (CHESF/CNEC, 2002).

A Mata Ciliar caracteriza-se por apresentar uma vegetação florestal que acompanha rios de médio e grande porte não formando galerias. Mais comuns na área da bacia, são as Veredas ou Buritizais. As Veredas apresentam uma vegetação constituída basicamente pela palmeira arbórea buriti (*Mauritia flexuosa*, Palmae), com agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas, ocupando vales ou áreas planas que acompanham linhas de drenagem (CHESF/CNEC, 2002).

A mata ciliar de várzea ocupa as áreas de planícies fluviais e de planícies lacustres, tendo como espécie típica a *Copernicia prunifera* (carnaúba). Trata-se de um complexo florístico que inclui espécies arbustivas e arbóreas de florestas estacionais, das caatingas e dos cerrados e dos cerradões, onde predominam estratos arbustivo-arbóreos (CHESF/CNEC, 2002).

5. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E USO DO SOLO

O início da ocupação da área da bacia do rio Parnaíba remonta ao século XVII, em função do desenvolvimento de atividades extrativistas, sendo os primeiros núcleos de povoamento implantados quando fazendeiros baianos e pernambucanos chegaram às regiões do Alto Rio Gurguéia (Gilbués) e do Alto Rio Piauí (Raimundo Nonato), situadas na porção Sul-Sudeste da bacia, em busca de água e pasto para seus rebanhos. Os vaqueiros que acompanhavam os rebanhos começaram a desbravar pequenas áreas de terra para plantio de culturas de subsistência, dando assim início ao processo de ocupação das terras e de exploração dos recursos naturais da região. Durante décadas, o cenário da exploração dos recursos naturais na bacia hidrográfica do Parnaíba se resumiu aos grandes criatórios bovinos, em sistema extensivo, que era consolidado pela grande extensão territorial da Província, pela ausência de estradas e conseqüentes dificuldades de transportes, e pela ausência de um comércio interno devido à rarefação populacional.

Apesar de a pecuária na Região Nordeste como um todo ter se desenvolvido complementarmente à monocultura canavieira (Furtado, 1971), na região do rio Parnaíba esta atividade deteve uma posição central na economia sertaneja e, em meados do século XVIII, encontrava-se estruturada em torno das fazendas de gado, suplantando todos os seus concorrentes, notadamente o Ceará, no domínio do mercado colonial de carne seca. No final do mesmo século, a pecuária na região da bacia entra em decadência, após o mercado de carne seca ter sido suplantado pelo charque riograndense.

Com a crise no mercado da carne, passaram a ser exploradas mais intensamente, na bacia hidrográfica do Parnaíba, alternativas de riquezas naturais, como a cera de carnaúba, sementes de babaçu, nozes de tucum e borracha de maniçoba, que eram negociados com o exterior. Assim sendo, a partir do início do século XX, essa exploração passou a constituir a principal atividade econômica na região. A ocupação do território, deste momento em diante, passou a estar diretamente atrelada à expansão da infra-estrutura viária

implanta na região, a partir de Teresina e da rede de cidades, influenciando o sentido dos fluxos de mercadorias, pessoas e informações.

A partir de 1970, a agricultura irrigada foi introduzida na área da bacia do rio Parnaíba, em função de projetos de irrigação promovidos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, iniciando-se assim o processo de modernização da agricultura. Nesta época, surgem os primeiros perímetros de irrigação, Morro dos Cavalos (no município de Simplício Mendes) e as áreas no vale do Gurguéia (Cristino Castro). Nessas últimas, porém, a irrigação não se desenvolve e a agricultura primitiva, basicamente de subsistência, ocupa a quase totalidade das terras.

A economia na região passa, a partir da década de 70, a se pautar em atividades agroextrativistas localizadas ao longo dos rios, onde a lavoura comercial de arroz se destacava, voltada, preferentemente, para o mercado nordestino. Já no sertão, predominava o segmento gado, algodão e lavouras alimentares, que traçou, no binômio latifúndio-minifúndio, um padrão fundiário característico (Furtado, *op cit*).

A partir da década de 1980, as dinâmicas econômica, social e demográfica provocaram transformações na redistribuição espacial das populações, desacelerando o ímpeto concentrador que marcou principalmente a década de 1970, mantendo, porém, a hegemonia então alcançada pelos núcleos. No país, observou-se uma redução dos movimentos migratórios em direção às grandes metrópoles, um crescimento das migrações intra-regionais e intrametropolitanas e uma expressiva migração “polinucleada”, com crescimento significativo de núcleos urbanos em áreas rurais. Fato que expressa o movimento de populações entre cidades, motivado pela busca de oportunidade de trabalho ou de melhores condições de vida.

Neste processo, destacam-se as migrações sazonais, protagonizadas por pequenos proprietários, posseiros ou arrendatários que vendem periodicamente a própria força de trabalho a fim de complementar a irrisória renda, e evitar a migração definitiva para a cidade. Esses trabalhadores se deslocam em direção às safras agrícolas e são obrigados a passar meses longe da família, trabalhando em condições precárias.

Assim sendo, observa-se que o processo de urbanização se dá de forma mais acentuada nos municípios cujos distritos sedes configuram centros

urbanos, dotados de serviços mais especializados, gerando maior oferta de emprego e renda. O dinamismo populacional observado em Balsas deve-se ao processo de expansão da agricultura mecanizada e empresarial, onde a soja é a principal cultura, tanto de ocupação da terra como na expansão do agronegócio, contribuindo para o aumento de estabelecimentos comerciais e de serviços.

A expansão do agronegócio na bacia do Parnaíba tem atraído trabalhadores rurais, de outras regiões e estados, em busca de empregos. No entanto, esta atividade gera poucos e mais especializados postos de trabalho, fazendo com que esta mão-de-obra pouco qualificada, acabe se instalando nas periferias das cidades, ampliando problemas sociais já existentes, como: desemprego, déficits de serviços habitacionais, de saúde, educação e saneamento básico, conforme será analisado mais adiante. De um modo geral, o crescimento das cidades na bacia do rio Parnaíba, segundo observações “*in loco*” e entrevistas realizadas, vem ocorrendo de forma desordenada, desencadeando processo intensivo e extensivo de degradação na qualidade de vida.

As áreas de produção agrícola tradicional e ocupação populacional em estágio de estagnação caracterizam-se por: abranger cerca de 80% do território da bacia; ter propriedades familiares de pequeno e médio portes; falta de infraestrutura de acesso; baixa taxa de eletrificação rural e urbana; predomínio de agricultura familiar; baixo nível tecnológico, baixa produtividade; predomínio de população rural; baixo contingente populacional; taxa de crescimento negativa ou baixa; predominância de baixa densidade populacional e difícil acesso a saúde e educação. Não fazem parte desse contexto, os municípios de Corrente, Balsas e Uruçui, que através dos agronegócios, criaram uma estrutura que os diferenciaram dessa situação acima.

Os Cerrados no Brasil foram considerados durante muito tempo, como um Ecossistema que não apresentavam grande potencial para o desenvolvimento agrícola. Esse enfoque mudou a partir de década de 1970, devido inicialmente ao esgotamento das terras das regiões sul e sudeste do Estado do Piauí disponíveis para exploração agropecuária e, posteriormente, à necessidade de expansão da fronteira agrícola, aliado à modernização da agricultura e à atuação do Estado em associação com empresários nacionais e com o capital estrangeiro, sobretudo o japonês. Portanto o então vazio demográfico verificado no Cerrado passou a ser importante para reprodução do capital no campo.

Nesse contexto, AGUIAR (2004) diz que a região dos Cerrados tornou-se estratégica na incorporação de novas áreas no processo da modernização da agricultura, devido a sua posição geográfica e suas características físico-ambientais, propiciando dessa forma a expansão da produção agropecuária baseado no pacote tecnológico da revolução verde. Sendo assim essa região se consistiu em um dos pólos importantes para a implementação das políticas direcionadas para a expansão da fronteira agrícola. A modernização da agricultura brasileira em conjunto com as políticas públicas foram fatores fundamentais para a inserção do Cerrados na produção da agropecuária.

O modelo agrícola desenvolvido nos cerrados, resultante dessa modernização, baseado na monocultura da soja, ocasiona o desequilíbrio ecológico, pois compromete, dentre outras coisas, a segurança alimentar, uma vez que utiliza muitos insumos agrícola, sobretudo os agrotóxicos. Causa ainda a redução da biodiversidade, o recrudescimento das pragas e doenças, polui o solo e os recursos hídricos, resultando, portanto, numa agricultura insustentável do ponto de vista ambiental. Gera, ainda, poucos empregos e, portanto, do ponto de vista social pouco sustentável, apesar do discurso em favor de que está concretizando este modelo.

Não há como negar que os empreendimentos agrícolas implantados no município estão contribuindo para o crescimento econômico da região. Entretanto, o que está acontecendo é um crescimento econômico do mesmo modo que sempre foi e não um desenvolvimento com sustentabilidade. Ou seja, a dinâmica de ocupação e uso da terra no município de Uruçuí tem a finalidade de produzir *commodities* para exportação, especialmente soja e, ao mesmo tempo em que provoca o crescimento econômico, promove a concentração de riqueza e de terra, a exclusão social e agressão ao meio ambiente.

A bacia do Alto Parnaíba abrange 50 municípios distribuídos em uma área de 135.000 km² e com uma população de 428.000 pessoas, segundo o censo do IBGE no ano 2000 (**Figura 5-1**), resultando numa densidade demográfica média de 3,17 hab./km². (**Figura 5-2**) Na qual apenas 10 municípios possuem densidade demográfica acima dos 5 hab./km².

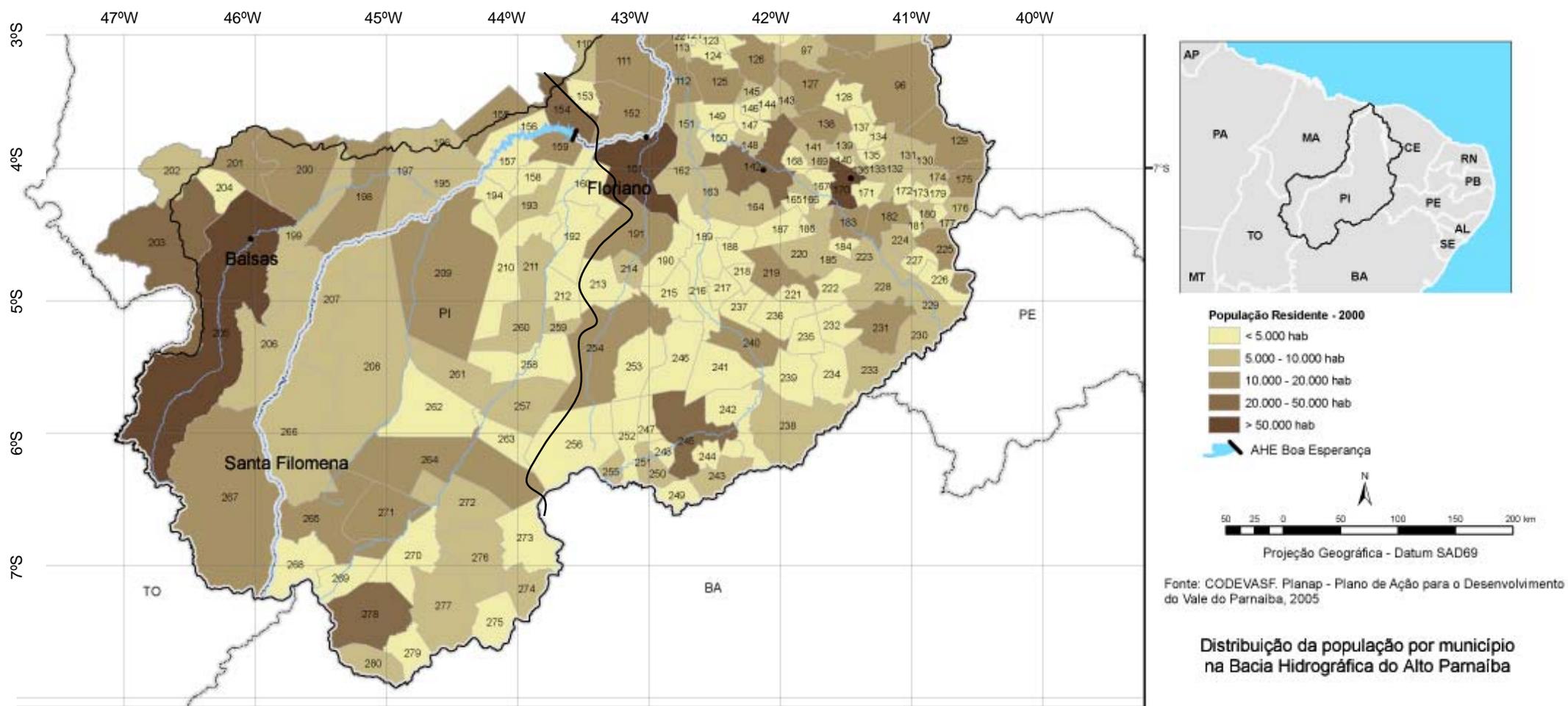


Figura 5-1 – Mapa de distribuição da população por município na bacia hidrográfica do Alto Parnaíba. Fonte: Consórcio EPE/CNEC/PROJETEC, 2006.

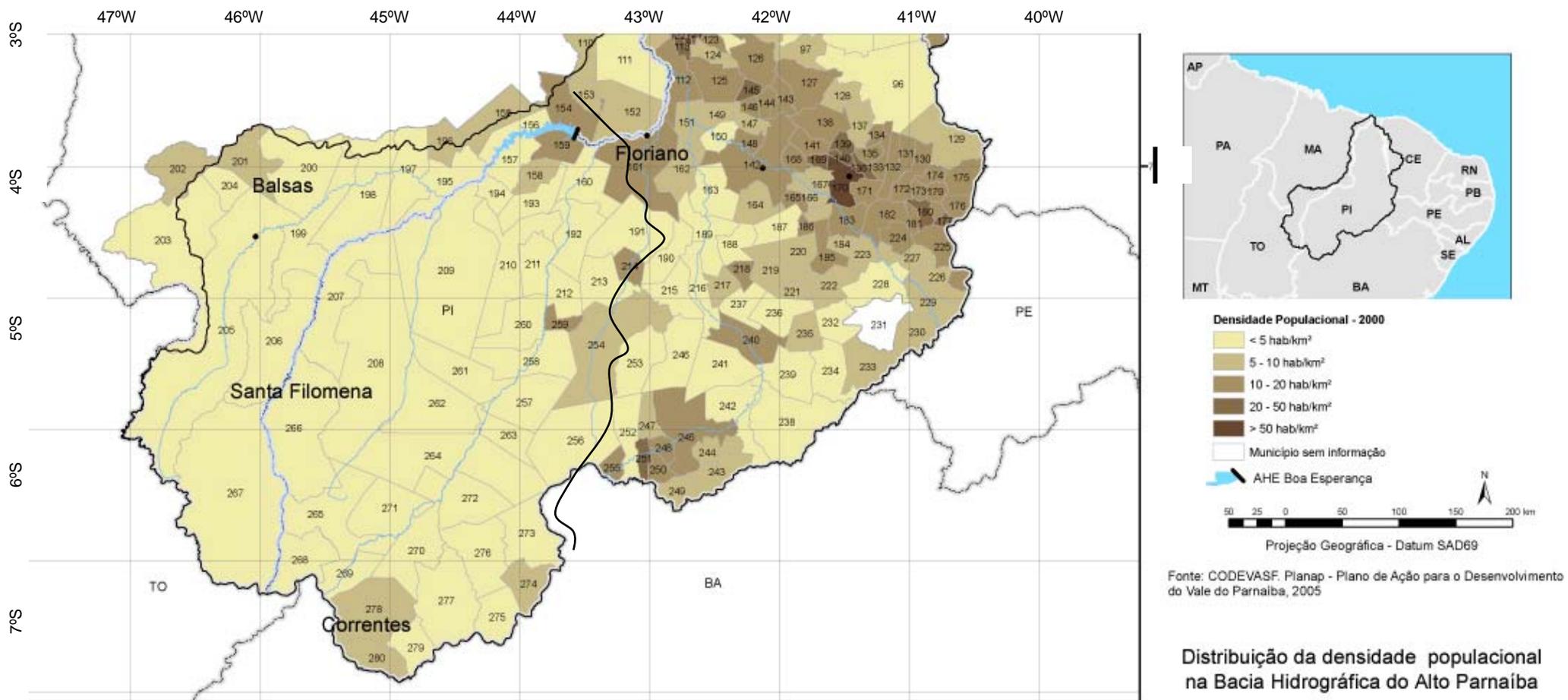


Figura 5-2 – Mapa de distribuição da densidade demográfica por município da bacia hidrográfica do Alto Parnaíba.

Fonte: Consórcio EPE/CNEC/PROJETEC, 2006.

5.1. USO DO SOLO

A Bacia Hidrográfica Alto Parnaíba apresenta em sua extensão territorial atividades ligadas à agricultura, com destaque para o plantio de soja e milho e criação de gado bovino de corte e leiteiro, atividades estas que se concentram principalmente no alto curso da bacia e em parte do médio curso.

As ocupações das áreas rurais e urbanas dos municípios refletem o tipo de colonização que em geral predominou na colonização brasileira, ou seja, falta de requisitos para a conservação ambiental, falta de planejamento para ocupação diferenciada de acordo com o tipo de terreno. Como o povoamento se deu sem o acompanhamento de legislação ambiental, em função até do desconhecimento da mesma, diversos problemas surgiram decorrentes da utilização inadequada ou indevida do solo. **(Figura 5.1-1)**

Estes problemas podem ser acompanhados nas áreas de desertificação da borda sul da sub-bacia, na região de Gilbués e Corrente, onde existem vastas áreas com solo desnudo, gerando sérios problemas de erosão.

O cenário da degradação ambiental, conhecido mundialmente como desertificação do Núcleo de Gilbués impressiona não apenas pela sua extensão, mas principalmente pelo acelerado processo de degradação em si. As erosões têm causado sérios efeitos negativos tanto na zona urbana como na zona rural, agredindo estradas, ruas, residências, a cobertura vegetal e o solo através do processo erosivo, culminando com o assoreamento de baixões (geralmente de terras mais férteis), de grotas, riachos, rios, açudes, barragens e lagoas. Esse fenômeno já preocupa a própria Eletrobrás, visto que o assoreamento em barragens é bem maior e as turbinas são dimensionadas em função do volume de armazenamento do reservatório (bacia hidráulica) que diminui com o aumento do assoreamento.

Segundo informações de pessoas da grande região de Gilbués, o processo da desertificação já abrange 07 (sete) municípios do Sul piauiense: Monte Alegre do Piauí, Gilbués, São Gonçalo do Gurguéia, Barreiras do Piauí, Corrente, Riacho Frio e Curimatá. Por outro lado, o IBGE (2004) afirma que apenas nos três primeiros municípios a área degradada é de 7.694 Km², correspondendo a 769.400 hectares, o que representa uma extensão preocupante não só pelo acelerado processo de degradação e a agressividade do fenômeno

ao meio circundante, como também pela enorme quantidade de sedimentos transportados em suspensão no escoamento superficial ou enxurrada.

Em março de 2003, a Fundação AGENTE para o Desenvolvimento do Agronegócio e Meio Ambiente apresentou ao Secretário de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Piauí (SEMAR), professor Dalton Melo Macambira, uma proposta de criação e implantação de um Núcleo de Pesquisa de Recuperação de Áreas Degradadas, em Gilbués, – NUPERADE. Em junho de 2003 foi firmado um convênio entre o Governo do Piauí/SEMAR e a Fundação AGENTE, para a implantação do NUPERADE e da 1ª Pesquisa Agrossilvipastoril de Recuperação de Área Degradada no Núcleo.

O grupo de pesquisadores começou a estudar o fenômeno da desertificação em Gilbués com o intuito de diagnosticar a gravidade do problema. Através de estudos foi revelado que a desertificação na região difere totalmente das outras regiões do Nordeste do Brasil; enquanto em Irauçuba e em Seridó chove cerca de 600mm por ano, em Gilbués o índice pluviométrico é de 1.200mm anuais.

O solo das outras áreas é caracterizado por ser raso, enquanto que o solo piauiense é profundo e possui rochas muito ricas: a quantidade de fósforo na região é 20 vezes maior do que em todo o Estado do Piauí, o que garantiria terras férteis, se não houvesse a erosão no local.

A desertificação de Gilbués pode ter como causa o garimpo de diamantes que havia no local, mas isso não explica totalmente já que a área afetada é muito grande. Outro ponto que pode explicar o fato é o aspecto humanístico: um grave problema na região é o pastoreio”, informa o pesquisador Adeodato Salviano. Para ele, apesar do solo ser rico, a vegetação é frágil e os animais que pastam no local se alimentam das poucas plantas existentes. Esses fatores contribuíram para acelerar o processo de erosão. “Qualquer chuva aumenta o escoamento e a erosão da área. “Não parece em nada com os outros processos das outras três regiões do Nordeste”.

O pesquisador destaca ainda que, além das barragens, foram testadas leguminosas e gramíneas na região com a intenção de averiguar quais delas melhor se adequam à área e possam chegar a resultados mais satisfatórios na revegetação do local, já que a perda de matéria orgânica constitui um dos problemas da recuperação de regiões degradadas.

Foram plantadas na área seis tipos de leguminosas (crotalárea juncea, leucena, feijão-caupi, mamona, mucuna preta e feijão guandu); duas gramíneas (capim buffel e sorgo granífero) e ainda uma espécie florestal, a aroeira. O pesquisador diz que o plantio de leguminosas de rápido crescimento é capaz de formar uma eficiente cobertura vegetal e barrar essa erosão, já que a maioria dessas espécies produz grandes quantidades de biomassa e seu aporte de matéria orgânica contribui significativamente para o incremento de carbono no solo. Das espécies plantadas em Gilbués, apenas o sorgo, o feijão-caupi e a mucuna preta não estão mais presentes na área.

A luta contra a desertificação já possui um aliado, o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN, que integra ações e programas dos vários ministérios, considerando as demandas de governos locais e da sociedade. As áreas susceptíveis à desertificação no Brasil caracterizam-se por longos períodos de seca, seguidos por outros de intensas chuvas. Ambos os processos, secas ou chuvas intensas, costumam provocar significativos prejuízos econômicos, sociais e ambientais, que tendem a atingir com maior rigor parcelas da população menos favorecida. Assim, os mais pobres são os mais afetados pela variabilidade climática da região.

A erosão, particularmente a laminar (com eventuais ocorrências de pequenas áreas afetadas pela erosão em sulcos ou “voçorocas”) e os processos de salinização do solo, tanto em áreas de agricultura de sequeiro como de agricultura irrigada, são os tipos de degradação mais comuns. Esses processos são conhecidos e apresentam-se semelhantes aos observados em outras regiões do mundo

Neste item são descritas as categorias de uso do solo presentes na bacia do Parnaíba a partir do mapa de uso do solo do PLANAP (2005)

Agricultura de Subsistência

O sistema tradicional de agropecuária de subsistência ocorre em quase toda a área da bacia do rio Parnaíba. Neste sistema a mão-de-obra predominante é a familiar, raramente dá-se a contratação de mão-de-obra temporária, ou se dispõe de qualquer tipo de orientação técnica. De maneira geral, a área ocupada por cada propriedade é de no máximo 50 ha. Os pequenos produtores cultivam a terra com culturas variadas como arroz, milho, feijão, mandioca e espécies

frutíferas, com objetivo de subsistência. Quando a produção excede as necessidades de subsistência, esta é negociada através de intermediários ou em feiras livres. Geralmente, tem característica itinerante, de maneira que as terras são divididas em glebas e aproveita-se a fertilidade natural proveniente da camada de matéria orgânica superficial do solo durante um ou dois anos sucessivos, trocando-se de gleba nos anos subseqüentes para que o solo possa naturalmente recuperar as suas características originais (PLANAP, 2005).

Em propriedades que margeiam os rios, o principal cultivo é do arroz de inundação. Esta cultura concentra-se ao longo do rio Parnaíba e afluentes, principalmente em seus terraços. Os demais cultivos de subsistência ocorrem em quase toda a área associados à pecuária extensiva e a áreas extrativistas (CODEVASF, 2005).

Pecuária Extensiva

A pecuária extensiva é praticada em grande parte da bacia, com rebanhos mestiços e rústicos, sem nenhum tipo de tratamento sanitário, adaptados às condições ambientais dos ecossistemas da região. O gado é criado a solta em pastagens naturais, tendo se observado que um dos principais alimentos são as vagens da espécie arbórea faveleira (*Parkia pendula*), amplamente distribuídas na região da bacia do rio Parnaíba, especialmente no Cerrado e em áreas de Transição Cerrado-Caatinga.

Os bovinos e caprinos constituem os maiores rebanhos da bacia, seguidos dos suínos e ovinos. Os rebanhos bovinos são formados, predominantemente, por mestiços de Zebu (Nelore, Indubrasil e Guzerá), destinados à produção de carne. Os rebanhos de gado holandês, utilizados para produção leiteira, são verificados em escala bastante reduzida na bacia.

As técnicas utilizadas na criação dos bovinos são precárias, o padrão genético é baixo, não havendo manejo de pastagens, nem suplementação alimentar. O controle sanitário, quando ocorre, limita-se à vacinação contra febre aftosa, brucelose e raiva. No entanto, as condições naturais em que o gado se desenvolve favorecem uma pecuária limpa e saudável, apesar da baixa produtividade, gerando impactos ambientais bastante reduzidos (CODEVASF, 2005).

Fruticultura

A fruticultura é representada, principalmente, pelas culturas permanentes do caju e da manga, além de uma variedade de outras menos representativas. Estas culturas geram impactos principalmente na fase de implantação, após esta etapa os impactos são menos intensos e restringem-se à redução das espécies nativas provenientes dos ecossistemas originais. Desenvolvem-se principalmente na bacia do Gurguéia e Uruçuí, onde ocorrem projetos de agricultura irrigada. (EPE-CNEC/PROJETEC, 2006).

Agricultura Mecanizada

Em toda a região sudoeste da bacia desenvolvem-se projetos agrícolas modernizados, com base na exploração do cultivo de soja e do arroz de sequeiro. O cultivo do arroz é tradicional na região meridional de Balsas, já a soja vem se estabelecendo com incentivo governamental para a expansão das fronteiras agrícolas, desde a década de 80, também no município de Balsas. Com o advento da soja, ocorreu a migração de agricultores provenientes do sul do País e um incremento da agricultura comercial em grande escala na bacia, que se expandiu para os municípios de Tasso Fragoso, Alto Parnaíba, Fortaleza das Nogueiras, São Raimundo das Mangabeiras, Sambaíba e Riachão (EPE-CNEC/PROJETEC, 2006).

O sistema utilizado é modernizado com emprego de mão-de-obra especializada, normalmente de fora da região, sendo a produção destinada ao mercado local e regional.

Estas culturas vêm se desenvolvendo sobre os solos localizados no topo das chapadas, cujo relevo propicia o emprego de processos de mecanização. No entanto, os solos predominantes na área são do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo que, apesar de apresentarem estrutura física bastante favorável ao desenvolvimento dos processos agrícolas, oferecem restrições severas quanto à fertilidade, proporcionando baixa capacidade de troca catiônica, baixa disponibilidade de nutrientes e elevada quantidade de alumínio trocável. Para se tornarem produtivos estes solos exigem quantidades expressivas de calcário dolomítico e de fertilizantes.

A agricultura da soja encontra-se em processo de expansão, constituindo o principal fato gerador de impactos na dinâmica sócio-econômica e nos recursos ambientais da bacia do rio Parnaíba.



Região de Tasso Fragoso (Foto NAMelo: 02/12/2006)



Topos das chapadas de Uruçui (Foto NAMelo: 02/12/2006)



Margem do Parnaíba em Uruçui (Foto NAMelo: 02/12/2006)

Prancha 5.1 – Fotos das atividades antrópicas encontradas na bacia hidrográfica. As atividades se concentram próximas ao Rio Parnaíba.

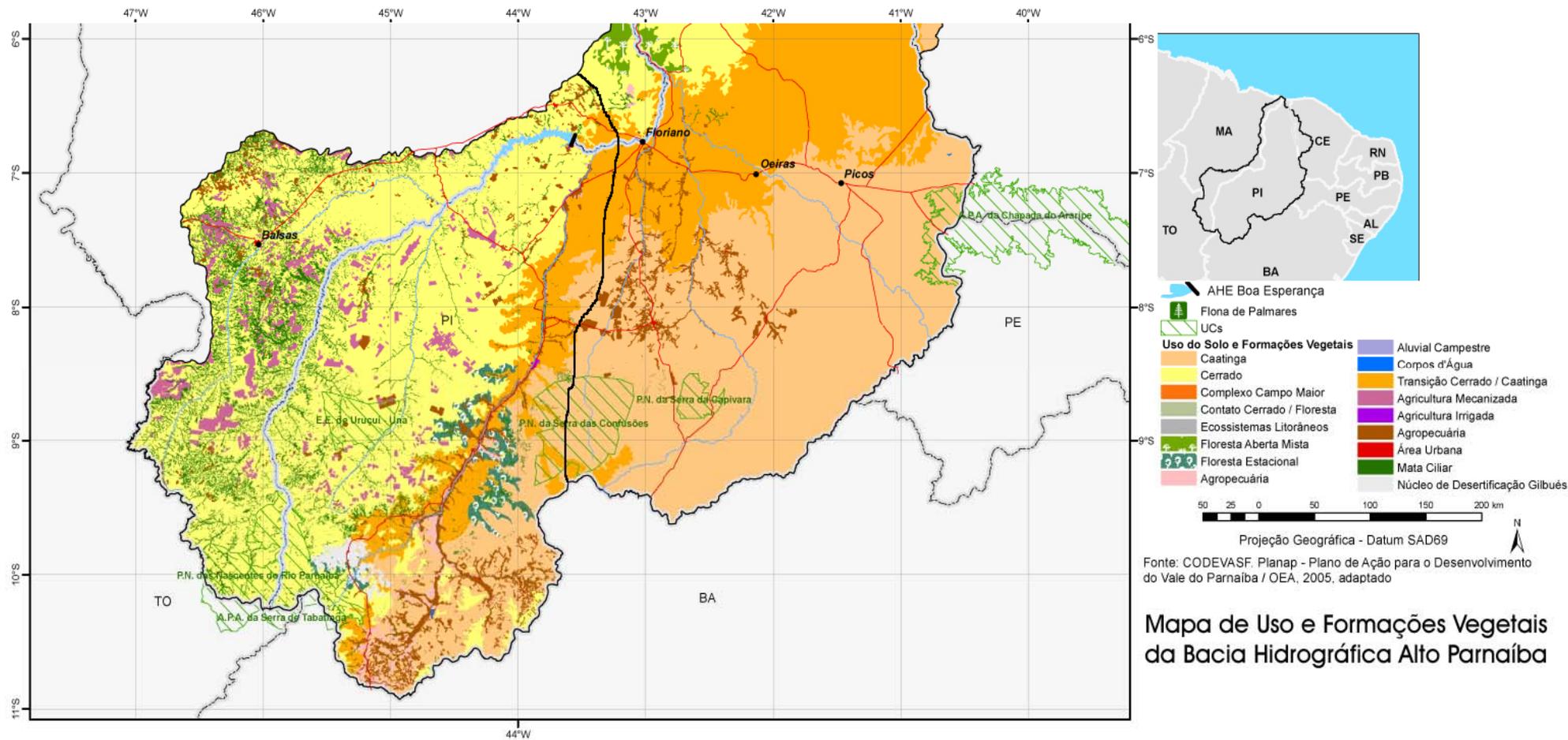


Figura 5.1-1 – Mapa de Uso do Solo e Formações Vegetais na bacia hidrográfica do Alto Parnaíba. Fonte: Consórcio EPE/CNEC/PROJETEC, 2006

5.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

A bacia do Alto Parnaíba apresenta um conjunto de 5 Unidades de Conservação, tanto federais (4 unidades) quanto estaduais (1 unidade) (**Quadro 5.2-1**). Agrupando as unidades de conservação estaduais e federais, cerca de 30% são formadas conjuntamente pelos biomas de Cerrado e Caatinga, 56% somente pelo Cerrado, 5,5% somente pela Caatinga (EPE-CNEC/PROJETEC, 2006). Outras formações, como Florestas e Matas Ciliares também se encontram protegidas legalmente na região, porém, apresentam áreas pouco significativas.

Quadro 5.2-1 Unidades de Conservação Federal e Estadual existentes na bacia do rio Parnaíba

Nome da UC	Diploma de criação	Área (ha)	Municípios	Ecosistema
Federal				
Parque Nacional da Serra das Confusões	Dec. S/n de 02/10/98	526.105,00	Caracol, Guaribas, Santa Luz e Cristino Castro - PI	Caatinga Ecótonos Cerrado-Caatinga
Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba	Dec. s/n de 16/07/02	733.162,00	Estados do Piauí, Maranhão, Bahia e Tocantins	Cerrado
Estação Ecológica Uruçuí-Una	Dec 86.061, 02/06/1981	135.000 ha	Ribeiro Gonçalves - PI	Cerrado / Ecótonos Cerrado-Caatinga
Área de Proteção Ambiental Serra da Tabatinga	Dec 99.278/90	35.327,00	Municípios do Alto Parnaíba-MA e Ponte Alta do Norte -To	Cerrado
Estadual				
Apa do Rangel	Dec. 9927/98	26.769,13	Curimatá. Redenção do Gurguéia	Cerradão

Fonte: IBAMA - 2006

Dentre as Unidades de Conservação destacam-se como as mais representativas, as quais podem ser visualizadas na **figura 5.2-3** (EPE-CNEC/PROJETEC, 2006):

Estação Ecológica de Uruçuí-Una: localiza-se ao sul do município de Ribeiro Gonçalves, entre os municípios de Santa Filomena e Bom Jesus, entre as latitudes 8° 39' e 9° 03' sul e longitude 44° 55' e 45° 23' oeste;

Parque Nacional das Nascentes do Parnaíba, criado por Decreto Federal em 16/07/02, localiza-se na região sul da bacia, abrangendo áreas dos estados do Piauí, Tocantins e Bahia.

Além das atuais Unidades de Conservação, o IBAMA-PI já identificou 07 áreas no Cerrado e 02 na Caatinga com potencial de serem transformadas em unidades de conservação. As 07 áreas do Cerrado totalizam 1.165.928,00 hectares e as 2 áreas da Caatinga totalizam 107.785,00 hectares.

O Ministério do Meio Ambiente também delimitou áreas prioritárias para conservação da natureza através do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) nos biomas da Caatinga e Cerrado a partir das prioridades identificadas em seminários regionais. Em face da importância biológica dessas áreas, todas elas possuem potencial para serem transformadas em unidades de conservação. São elas: Área do Mirador - Uruçuí, Chapadas do Sudoeste do Piauí, Maranhão e Tocantins.

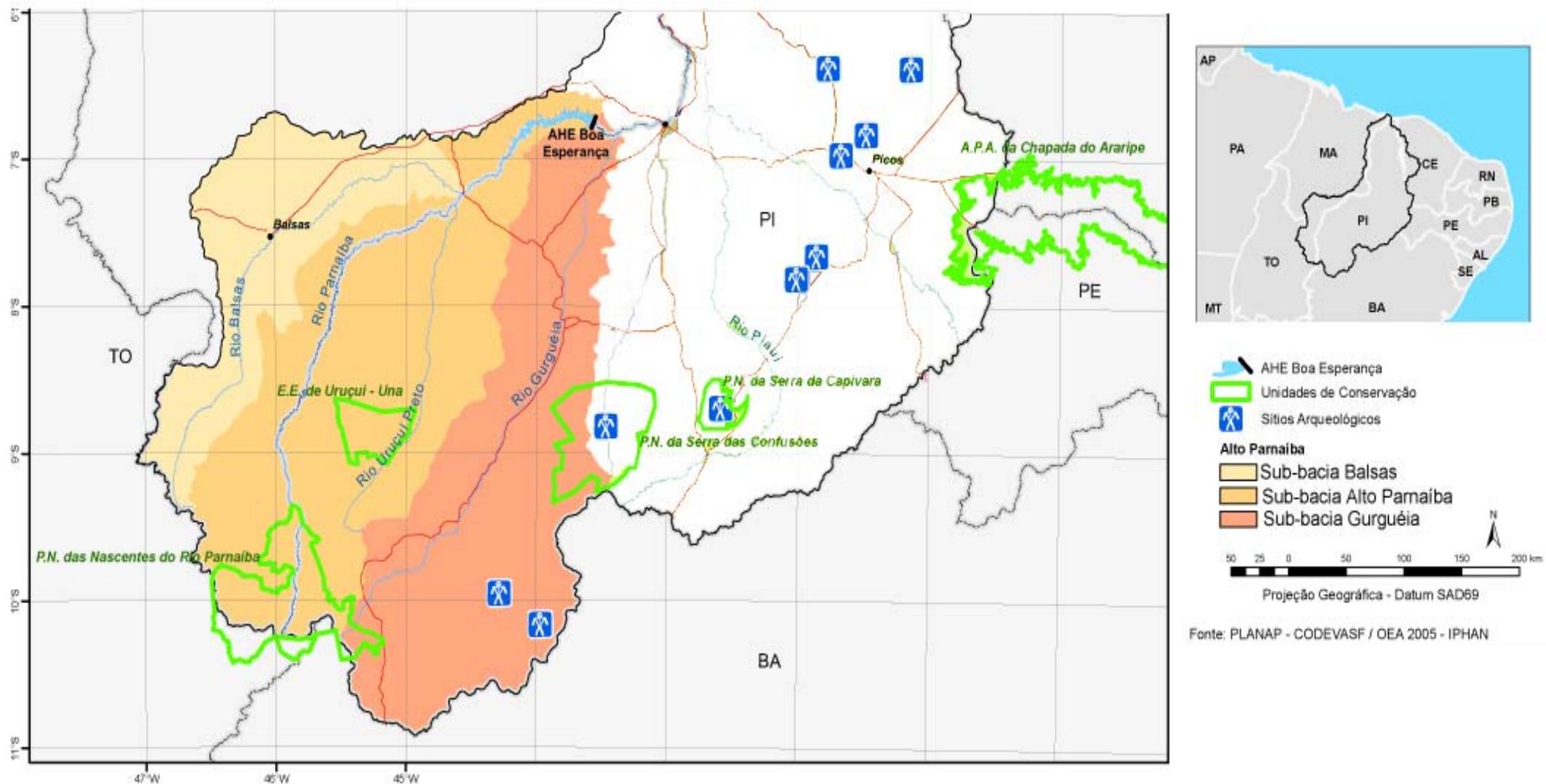


Figura 5.2-3 – Mapa da localização das unidades de conservação na bacia hidrográfica do Alto Parnaíba.

Fonte: Consórcio EPE/CNEC/PROJETEC, 2006.

6. ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARNAÍBA

O estudo das bacias hidrográficas procura fornecer subsídios para a montagem de um inventário ambiental, que visa expor as condições ambientais as quais a bacia está submetida. A partir disto pode-se apontar o grau de fragilidade ambiental da bacia em estudo.

Para se identificar o grau de fragilidade ambiental de uma determinada bacia hidrográfica se faz necessário o conhecimento dos processos geodinâmicos. Este conhecimento requer levantamento dos fatores bioclimáticos, pedológicos, geológicos e antrópicos que atuam sobre o ambiente a ser estudado.

O enfoque principal da pesquisa foi avaliar níveis de fragilidade de cada componente físico da Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba (BHAP) relacionados aos processos erosivos. Assim consideraram-se as características de cada elemento procurando estabelecer níveis hierárquicos entre suas classes dentro desta perspectiva.

Como foi testado dois métodos diferentes, será apresentado os resultados de forma individualizada e nas considerações finais, será feita as relações entre eles.

Para complementar os estudos da fragilidade ambiental da BHAP deu-se ênfase aos processos erosivos, assim foram desenvolvidos dois mapas para ajudar na visualização dos pontos de potencial erosão na bacia:

Mapa de erosão laminar

Visando avaliar a interação dos fatores referentes às classes de relevo e as classes de solos (fator erodibilidade), envolvidos no processo de erosão, em suas diversas combinações, elaborou-se uma matriz, onde se contemplou as possíveis combinações de classes de erodibilidade dos solos e classes de relevo distintas, sendo que para cada uma delas se procedeu ao julgamento e se atribuiu graus de susceptibilidade, visando possibilitar a comparação qualitativa entre as mesmas, conforme mostrado no **Quadro 6-1** a seguir:

Quadro 6-1 – Classes de susceptibilidade à erosão a partir da Interação dos Fatores Erodibilidade dos Solos e Tipos de Relevo

Tipo de Relevo \ Fator de Erodibilidade	Plano	Suave Ondulado	Ondulado	Forte Ondulado/ Escarpado
Fraca	Fraca	Fraca Moderada	Moderada	Forte
Fraca/Moderada	Fraca	Fraca Moderada	Moderada	Forte
Moderada	Fraca Moderada	Moderada	Moderada	Forte
Forte	Moderada	Moderada	Forte	Forte

FONTE: CHESF/CNEC, 2002

A partir das combinações obtidas nessa matriz, foram então estabelecidas as seguintes classes de susceptibilidade a erosão laminar das terras, que pode ser visualizado na **Figura 6.1-1**:

Fraca (Fr) – Corresponde a áreas de solos caracterizados como de fraca erodibilidade ocorrendo em condição de relevo plano e suave ondulado e/ou solos de fraca/moderada erodibilidade ocorrendo em condição de relevo plano.

Fraca/Moderada (FrMo) – Corresponde a áreas de solos caracterizados como de fraca/moderada erodibilidade ocorrendo em condição de relevo suave ondulado e/ou solos de moderada erodibilidade ocorrendo em condição de relevo plano.

Moderada (Mo) – Corresponde a áreas de solos caracterizados como de forte erodibilidade, ocorrendo em condição de relevo plano, solos caracterizados como de moderada e forte erodibilidade ocorrendo em condição de relevo suave ondulado e solos caracterizados como de moderada erodibilidade em condição de relevo ondulado.

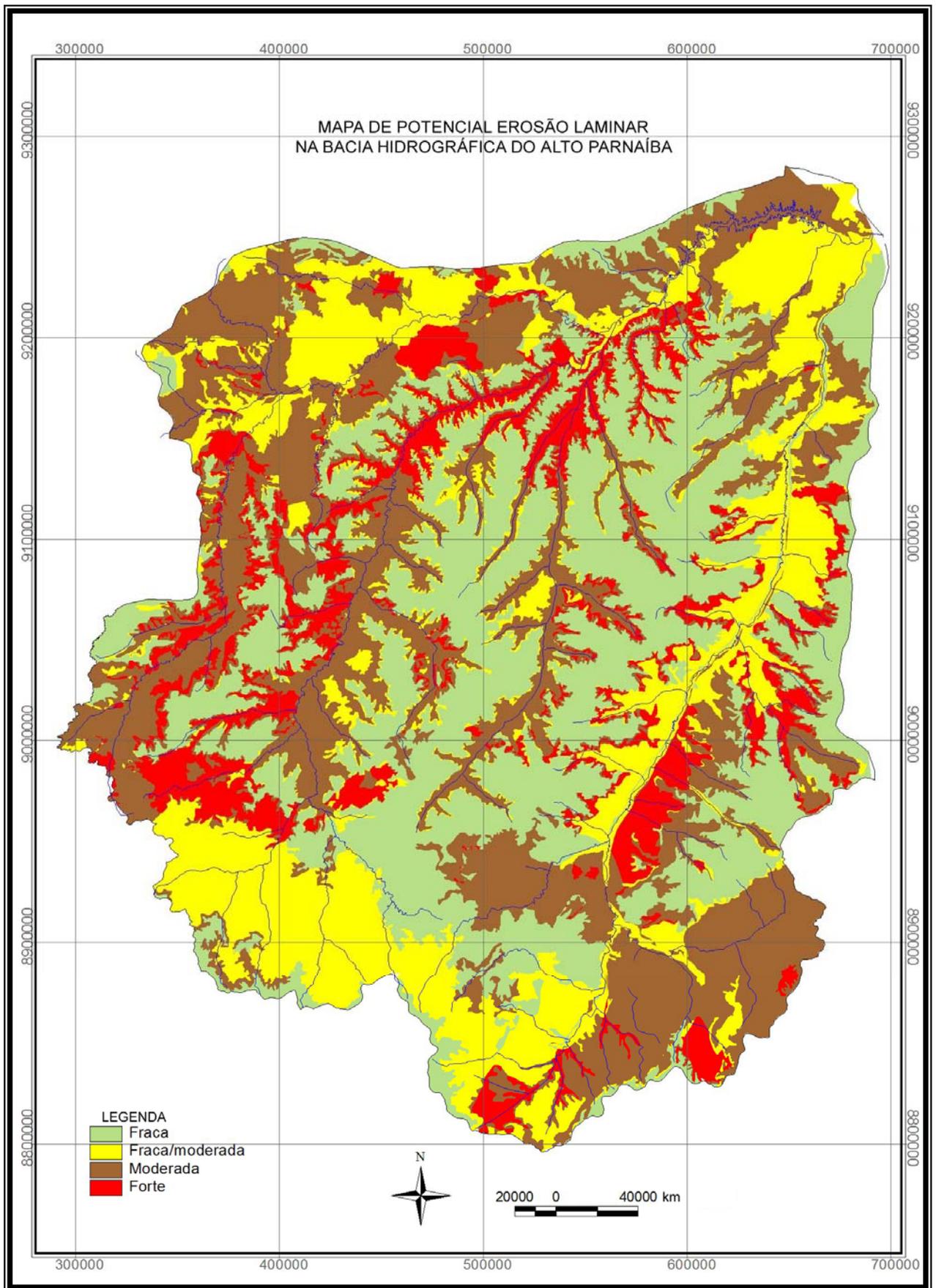


Figura 6.1-1 – Mapa de Potencial Erosão Laminar da Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba

Forte (F) – Corresponde a áreas de solos caracterizados como de forte erodibilidade ocorrendo em áreas de relevo ondulado e solos caracterizados como de moderada e forte erodibilidade, ocorrendo em condição de relevo forte ondulado e escarpado.

Especial (E) – Corresponde a áreas de planícies de inundação e ilhas de rios. São áreas submetidas a uma dinâmica hídrica especial, com alternância de períodos de cheia com períodos de seca, que sobrepujam em importância a vulnerabilidade natural, determinada pelas demais características. Essa classe, devido à escala do mapa não poderá ser visualizada.

Com a matriz definida, foi feita uma reclassificação nos mapas de solos e o de relevo no Arcview e foi gerado o mapa de erosão laminar potencial da bacia. Esse mapa mostra as áreas suscetíveis de ocorrer erosão laminar, mas esse processo erosivo pode não ocorrer, se o solo estiver protegido pela vegetação natural.

No mapa de erosão laminar potencial predomina a classe fraca, pois os fatores relevo e solos não apresentam elementos suficientes para criar vastas áreas com processos erosivos. Porém existem manchas isoladas de erosão laminar forte, próximos a Cristino Castro, Uruçuí e Balsas. O grande problema da erosão laminar, é que muitas vezes, ela é imperceptível no primeiro instante, contudo, o solo já está sendo degradado e as atividades continuam acelerando o processo de retirada de nutrientes e carreamento de sedimentos.

Mapa de erosão concentrada

Neste trabalho, para efeito de avaliação da predisposição natural das terras à erosão concentrada, ou seja, do processo de ravinamento, utilizou-se também informações provenientes do mapa de solos (tipos de solos e relevo) e do substrato geológico.

Assim como para a erosão laminar, elaborou-se também uma matriz, com as possibilidades de combinações das diversas classes de predisposição dos tipos de solos com a dos substratos geológicos como ilustra o **Quadro 6-2** a seguir:

Quadro 6-2 – Classes de susceptibilidade à erosão a partir da interação dos Fatores Solos e Substrato Geológico

Classes de Predisposição do Substrato Rochoso \ Classes de Predisposição dos Solos	Classes de Predisposição dos Solos		
	Baixa	Média	Alta
Baixa	Fraca	Fraca	Forte
Média	Fraca	Moderada	Forte
Alta	Moderada	Forte	Forte

FONTE: CHESF/CNEC, 2002

Com base nessa matriz de interação dos fatores solos e substrato geológico, foram então, estabelecidas três classes de suscetibilidade para a erosão concentrada na bacia do rio Parnaíba, apresentadas na **Figura 6.1-2**:

Fraca (Fr) – Representada por áreas com ocorrência de solos de pequena ou mediana profundidade e/ou com presença de horizontes B do tipo textural ou câmbico sobre litologias de difícil decomposição ou seja rochas com elevado grau de coesão de suas partículas constituintes.

Moderada (Mo) – Representada por áreas com ocorrência de solos de mediana profundidade e profundos, com textura argilosa e com presença de horizontes B do tipo textural ou latossólico sobre litologias de grau intermediário de coesão de suas partículas constituintes.

Forte (Fo) – Representada por áreas com ocorrência de solos profundos, homogêneos, arenosos, sobre litologias de fácil decomposição ou seja rochas com baixo grau de coesão de suas partículas constituintes, como os arenitos e materiais alúvio-coluvionares.

De acordo com a **Figura 6.1-2** a classe de erosão predominante é a classe fraca, visto que o tipo de solos e a litologia não apresentam características que permitem a infiltração das águas das chuvas torrenciais. Porém são encontradas zonas com a classe forte, devido às características das rochas

sedimentares encontradas na bacia hidrográfica, que favorecem a percolação das águas e intensifica o processo erosivo, iniciado com a retirada da vegetação nativa e o mau uso do solo nas atividades agrícolas.

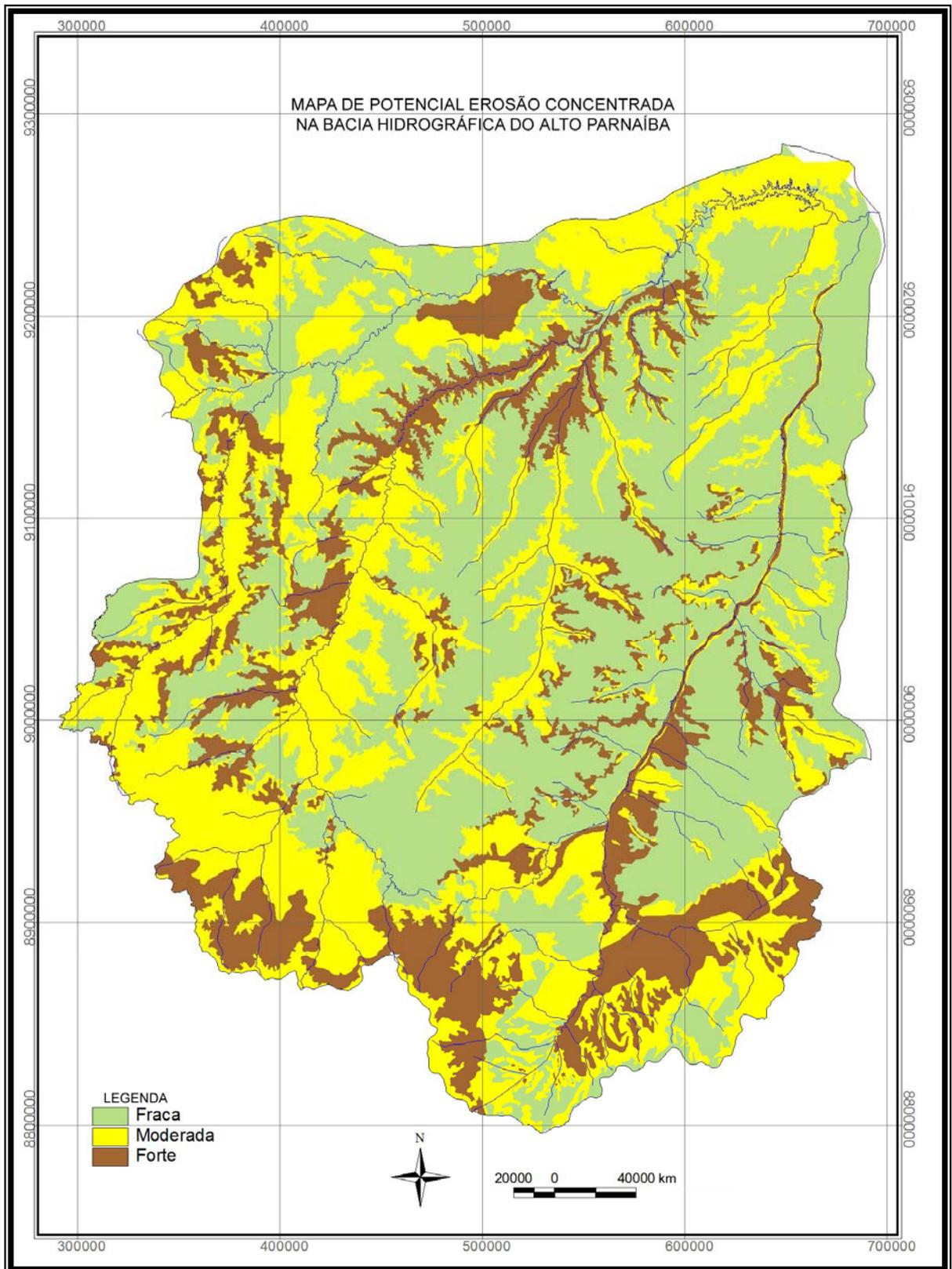


Figura 6.1-2 – Mapa de Potencial Erosão Concentrada da Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba

6.1. FRAGILIDADE POTENCIAL

A fragilidade ambiental é discutida a partir de duas situações distintas: a fragilidade potencial e a fragilidade emergente. A fragilidade potencial se caracteriza pela fragilidade natural a que uma determinada área está submetida, ou seja, a partir do tipo de solo, declividade do relevo, índice de pluviosidade, entre aqueles que podem ou não caracterizar uma área com equilíbrio natural.

Sendo assim, ao se analisar determinadas áreas sobre o prisma da fragilidade potencial, se consideram apenas os aspectos naturais.

Quanto a fragilidade emergente, é levado em consideração os aspectos naturais, associados às atividades humanas, principalmente o uso do solo.

Para a BHAP a fragilidade potencial foi obtida a partir do cruzamento dos mapas de declividade, tipos de solos, tipos de litologia. A fragilidade potencial foi classificada em cinco diferentes níveis que são: fragilidade muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. O **quadro 6.1-1** mostra os graus de fragilidade organizados segundo as classes que variam de 1 a 5, sendo um, muito baixa e cinco, muito alta, de acordo com a teoria da Ecodinâmica de TRICART (1977).

Quadro 6.1-1 - Classes de Fragilidade Potencial

Escala	Grau de Fragilidade
4,2 a 5,0	Muito alta (morfogênese)
3,4 a 4,2	Alta
2,6 a 3,4	Moderada
1,8 a 2,6	Baixa
1,0 a 1,8	Muito baixa (pedogênese)

Este cruzamento foi realizado considerando diferentes graus de importância de cada variável ambiental na definição das classes de Fragilidade Potencial. Deste modo, algumas etapas se fizeram necessárias para a operação proposta, onde os passos utilizados seguem descritos a seguir.

O primeiro passo foi realizar uma re-classificação, através do módulo *Reclass* do Arcview, definindo de forma crescente uma variação da influência de cada classe em cada mapa. Depois utilizando a ferramenta “*map calculator*” foi feito o cruzamento dos mapas temáticos para gerar o mapa de fragilidade potencial.

A DECLIVIDADE DO TERRENO

A declividade do terreno se apresenta como um importante fator a ser analisado no mapeamento da fragilidade ambiental, pois os processos erosivos podem ser acelerados a partir do grau de inclinação de uma vertente. Logicamente a declividade não se constitui como o único fator que interfere nos processos erosivos, visto que, tipo de solo, comprimento de rampa, cobertura do solo, morfologia das vertentes, entre outros também tem importância na compreensão da ação erosiva. No entanto, a análise da declividade fornece uma boa aproximação para as questões referentes à erosão que ocorre em determinado setor da bacia hidrográfica. Dependendo do grau de inclinação das vertentes, as águas das chuvas podem escoar mais rapidamente, atingindo o leito do rio em pouco tempo. Esta aceleração aliada aos fatores acima mencionados, pode contribuir para a erosão rápida deste local.

Na BHAP, de acordo com as classes de declividade apresentadas por ROSS (1990), predominam a classe com intervalo de 6 a 12%, conforme apresenta o **quadro 6.1-2**.

Quadro 6.1-2 – Declividades da Bacia Alto Parnaíba

Classes de Declividades	Área (km²)	%
0 -6%	13.839,39	10,29
6 - 12%	58.590,50	43,56
12 – 20%	41.067,32	30,53
20 – 30%	19.672,79	14,64
> 30%	1.320,20	0,98
Total	134.490,20	100

As declividades entre 6 e 12% estão presentes em 58.590,50 Km², que corresponde a 43,56% da área total da bacia. Esta classe de declividade aparece em todos os setores da bacia, sendo que de maneira geral, ocorre na seqüência das declividades de 0 a 6%. A associação destas duas classes de declividade confere ao relevo, sobretudo no médio curso, uma ondulação suave, não ocorrendo desta maneira quebra abrupta do relevo, tornando o mesmo ideal para o plantio agrícola.

Entre 12 a 20% de declividade existe uma área de 41.067,32 Km², o que representa 30,53% da área da bacia. O setor da bacia no qual esta classe está mais bem representada localiza-se no alto curso e no baixo curso, além de algumas áreas situadas no médio curso na margem esquerda do rio Parnaíba.

Considerando declividades entre 20 a 30% a área correspondente é de 19.672,79 Km², que representa 14,64% da área da bacia. Esta classe é representativa no alto e baixo curso da bacia, por vezes atuando como ligação entre as declividades de 12 a 20% com as declividades superiores a 30%, evitando uma quebra abrupta da vertente. As declividades acima de 30% ocorrem em apenas 0,98% da área da bacia. Está distribuída por todos os setores da bacia, porém, com predomínio no alto curso. Situa-se na seqüência de declividades menores, em geral 0 a 6%, que estão dispostas ao longo do leito do rio principal. Desta maneira, caracteriza neste setor da bacia a presença de vertentes íngremes.

No alto curso da bacia hidrográfica também se verifica declividades acima de 30%, estas ocorrem imediatamente na seqüência do canal fluvial. A presença de declividades acentuadas, no alto e baixo cursos, e em função destas ocorrem próximas aos canais fluviais, conferem a estes setores um acelerado processo de escoamento superficial.

Considerando a classificação do relevo quanto a sua declividade na BHAP predominam os relevos do tipo plano, suave ondulado e ondulado, que compreendem declividades de 0 a 20%. Na área de estudo, estas classes de relevo compreendem, 84,38% da área total.

Levando em consideração a classificação dos tipos de relevo relacionados às declividades do terreno, conforme indica LARACH *et al* (1984) apud BIGARELLA *et al.* (1996), o relevo da superfície terrestre apresenta as seguintes categorias:

Relevo plano – superfície de topografia horizontal, onde o desnível é muito pequeno e os declives estão entre 0 e 3%

Relevo suave ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e outeiros, elevações de altitudes relativas da ordem de 50 a 100 respectivamente, a declividade fica entre 3 a 8%.

Relevo ondulado – Superfície de topografia pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e outeiros, apresentando declives compreendidos entre 8 a 20%.

Relevo forte ondulado – Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e morros, elevações de altitudes da ordem de 100 e 200m, respectivamente, com declives entre 20 e 45%.

Relevo montanhoso – Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, constituída por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresenta grandes desnivelamentos e declividades que ultrapassam 45%.

Relevo escarpado – Áreas com formas abruptas, compreendendo escarpamentos do tipo aparados, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, etc.

A partir das declividades existentes na BHAP, se constata que a maior parte da área da mesma está inserida em um relevo onde as ondulações permitem a utilização da maior parte da área da bacia para cultivos agrícolas, sendo possível inclusive em muitas áreas à utilização de tratores e colheitadeiras. Esta é uma constatação importante, pois a maior parte da área da bacia hidrográfica é ocupada com atividades agrícolas.

Analisando o relevo da BHAP, se constata que o mesmo apresenta setores íngremes nas duas margens, em função disso a bacia caracteriza-se por ser simétrica, ou seja, em geral as vertentes da margem esquerda possuem gradientes de inclinação semelhante, quando comparado aos gradientes das vertentes da margem direita. Na margem esquerda há o predomínio de relevo suave ondulado, enquanto na margem direita predominam áreas com relevo ondulado.

O escoamento rápido devido à declividade, implica numa aceleração do processo de retirada do solo, sobretudo nas áreas que não apresentam vegetação na área rural, ou mesmo na área urbana onde os terrenos que não estão impermeabilizados tornam-se passíveis do processo de erosão.

Sobre isto, e em função da falta de proteção nas cabeceiras, pode se observar em algumas áreas no alto curso a presença de início de ravinas, ocasionando um processo de erosão, que se acelera a partir da facilitação do escoamento superficial, conforme indicam as **Fotos 6.1-1 A, B e C**.



Fotos 6.1-1 A, B e C
Erosão provocada pelo escoamento superficial e declividade acentuada na região das cabeceiras do Alto Parnaíba. (Fotos NAMelo, 12/05/2006)



OS SOLOS

Para avaliar o componente solo dentro da fragilidade ambiental, foram agrupados os tipos de solos de acordo com suas características quanto à erodibilidade. Para tanto se estabeleceu o critério das cinco classes de fragilidade com os índices do **quadro 6-1**, baseado na Ecodinâmica de TRICART (1977).

Entre os solos que ocorrem na BHAP destacam-se os Latossolos Vermelho Amarelo Distróficos, que em geral são solos profundos e bem drenados e que representam a classe de Fragilidade Muito Baixa com 63.377,75 Km² da bacia, e corresponde a 47,48 % do total da mesma, conforme o **quadro 6.1-3**. Outra classe que chama a atenção na BHAP é a de Fragilidade Alta em relação às classes de solos, com a presença de Areias Quartzosas representando 26,41% da área, pois oferece à suscetibilidade de processos erosivos.

Quadro 6.1-3 – Distribuição dos solos por fragilidade na Bacia do Alto Parnaíba

Classes de Solos	Características	Classe de Fragilidade	Área (km²)	%
Associações de Neossolos Distróficos	Solos rasos com rochas; muito permeáveis;	Muito alta	25.108,24	18,81
Associações de Areias Quartzosas	Solos rasos; muito permeáveis	Alta	35.254,51	26,41
Associações de Argilossolos Vermelho-Amarelo Eutróficos	Solos medianos; média permeabilidade; moderada erodibilidade	Moderada	2.251,75	1,69
Associação de Solos Concrecionários Lateríticos Distróficos	Solos profundos; muito argiloso	Baixa	7.497,95	5,62
Associações de Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos	Solos profundos; muito argiloso; baixa erodibilidade	Muito baixa	63.377,75	47,48
Total		-	133.490,20	100

TIPOS DE LITOLOGIA

Com as unidades geológicas presentes na BHAP também foi realizado o processo de divisão por cinco classes de acordo com suas características. As formações geológicas que têm maior suscetibilidade à erosão foram classificadas como Fragilidade Muito Alta e as que têm menor, Fragilidade Muito Baixa.

As formações estão agrupadas no **quadro 6.1-4**, por classes de fragilidade, área e porcentagem.

Quadro 6.1-4 – Distribuição das unidades geológicas por fragilidade na Bacia do Alto Parnaíba

Unidades Geológicas	Características	Classe de Fragilidade	Área (km²)	%
Fm Areado e Urucuia	Sedimentos inconsolidados arenosos	Muito alta	6.937,01	5,20
Fm Barreiras, Fm Corda, Fm Sambaíba e Grupo Serra Grande	Sedimentos arenos-argilosos; arenitos, siltitos	Alta	9.096,94	6,81
Fm Cabeças, Fm Piauí, Fm Pimenteiras, Fm Pastos Bons	Estratos arenos-argilosos; conglomerados; arenitos; siltitos	Moderada	61.322,30	45,94
Fm Longá, Fm Mosquito, Fm Pedra de Fogo, Fm Poti, e Fm Sardinha	Folhelhos, siltitos, calcários; basaltos; arenitos	Baixa	45.226,41	33,88
Embasamento Cristalino e Cobertura de Planalto	Rochas fragmentadas e sedimentos	Muito baixa	10.907,54	8,17
Total		-	133.490,20	100

Para o item litologia a classe mais representativa é a classe de fragilidade Moderada com 45, 94% da área da bacia, composta pelas Formações Cabeças e Pimenteiras, que têm características de paleo-ambientes litorâneos e as Formações Pastos Bons e Piauí que induzem a pertencer a paleo-ambientes lacustres. Essas formações geológicas não constituem susceptibilidade severa à erosão por causa de suas características naturais. Possuem estratos alternados de camada arenosa e argilosa, com granulometria variada, que favorecem a elaboração de solos profundos e bem estruturados.

O elemento litologia associado ao item solo pode sugerir que há o favorecimento de alguns processos erosivos na bacia hidrográfica, pois o substrato rochoso e o solo podem ser muito frágeis ao elemento água, quando não há o elemento vegetação para a proteção dos mesmos. Seguindo a Teoria dos Sistemas quando um de seus elementos é fragilizado, há a quebra de elo mais frágil e, por consequência todo o sistema é desequilibrado, surgindo aí o impacto ambiental.

Se o sistema tiver elementos com uma elasticidade maior, o grau de fragilidade será menor e o poder de restauração será maior quando a intervenção nos elementos por agentes externos for cessada. Por esse fato foi elaborado um mapa de fragilidade potencial com os três elementos físicos da bacia hidrográfica: litologia, solos e relevo/declividade e outro mapa, com esses elementos mais o elemento climático, que é variável durante o ano. Com os três parâmetros dos elementos físicos naturais da bacia elaborou-se uma reclassificação dos temas, através do comando *reclass*, sendo gerado um mapa temático, para essa operação utilizou-se o módulo *map calculator*

Na figura **Figura 6.1-3** percebe-se que a fragilidade potencial da bacia hidrográfica é distribuída entre as classes alta, moderada e baixa, demonstrando que os elementos naturais ainda têm uma elasticidade considerável, perante às pequenas adversidades naturais. O destaque é área de desertificação de Gilbués, que aparece em marrom, pertencendo à classe alta, no extremo sul da bacia hidrográfica. Os impactos ambientais foram tão intensos, que o sistema perdeu a sua elasticidade e houve o desequilíbrio ambiental irreversível; mesmo com as técnicas de recuperação o ambiente não voltará a ser como era antes.

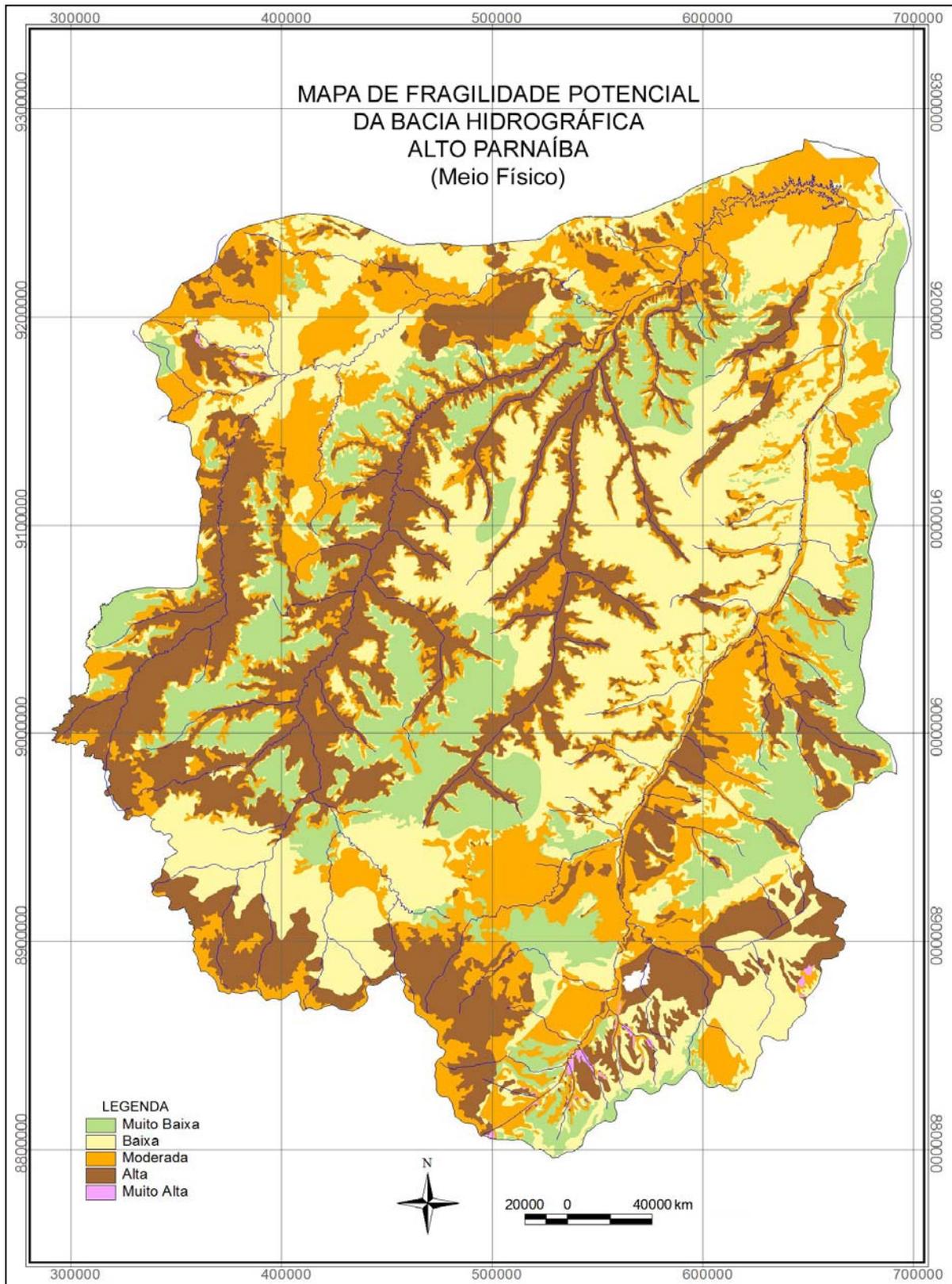


Figura 6.1-3– Mapa de Fragilidade Potencial – somente com os elementos naturais físicos: litologia, solos e relevo/declividade.

OS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A média das precipitações anuais demonstra que os volumes de chuva na área da bacia são expressivos e, portanto, podem influenciar, dependendo do uso do solo numa aceleração do processo de erosão. Mas apresenta uma boa homogeneidade na distribuição na área total da BHAP, portanto esses valores não foram organizados em cartogramas.

O volume médio de chuvas anual, obtido no período da análise dos dados, apresenta alguns meses com volumes mais significativos, sobretudo o mês de março. Outros meses também apresentam volumes de precipitação expressivos, este é o caso dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A partir destes índices de precipitação, podem-se fazer algumas considerações, sobretudo em relação à estação do verão, e também sobre o mês de maio já na estação do outono e o uso do solo na BHAP.

Neste sentido, na estação do verão, quando as temperaturas são elevadas e as precipitações constantes, a utilização do solo ocorre, sobretudo, para o plantio de milho e soja. Em geral os produtores iniciam o plantio com o milho já no final do mês de agosto e após a colheita deste produto iniciam o plantio da soja. Desta maneira, na estação de verão, os solos da bacia são utilizados de maneira intensiva para o desenvolvimento das culturas. Esta forma de utilização garante ao solo uma constante proteção. Neste sentido, apesar do volume expressivo de chuva nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, a proteção oferecida pelas culturas, contribui para que a perda de solos seja reduzida. O problema ocorre nas áreas que não estão sendo utilizadas pela agropecuária, e nem possuem cobertura vegetal, como é o caso da área de desertificação na região de Gilbués e Corrente.

No que diz respeito ao mês de março, o volume elevado de precipitação tem um impacto maior sobre o solo, em função de alguns fatores. Neste período se realiza as colheitas dos produtos de “verão”, em especial a soja. Neste momento os agricultores começam a preparar o solo para o plantio de culturas de inverno, no entanto, em função da falta de incentivo governamental, do baixo capital próprio para investimentos na lavoura, muitos agricultores não utilizam o solo, permanecendo o mesmo exposto, e vulnerável, aumentando assim a retirada do mesmo pelas chuvas.

Com os dados pluviométricos da EPE-CNEC/PROJETEC (2006), organizou-se agrupamentos de valores da pluviosidade, como mostra a **figura 6.1-4** para formar as seguintes classes: 500mm; 1.000mm e 1.500mm anuais. Esses dados foram inseridos no banco de dados do Arcview e foi gerado um “mapa” (**Figura 6.1-5**). Nessa distribuição predomina a classe dos 1.000mm.

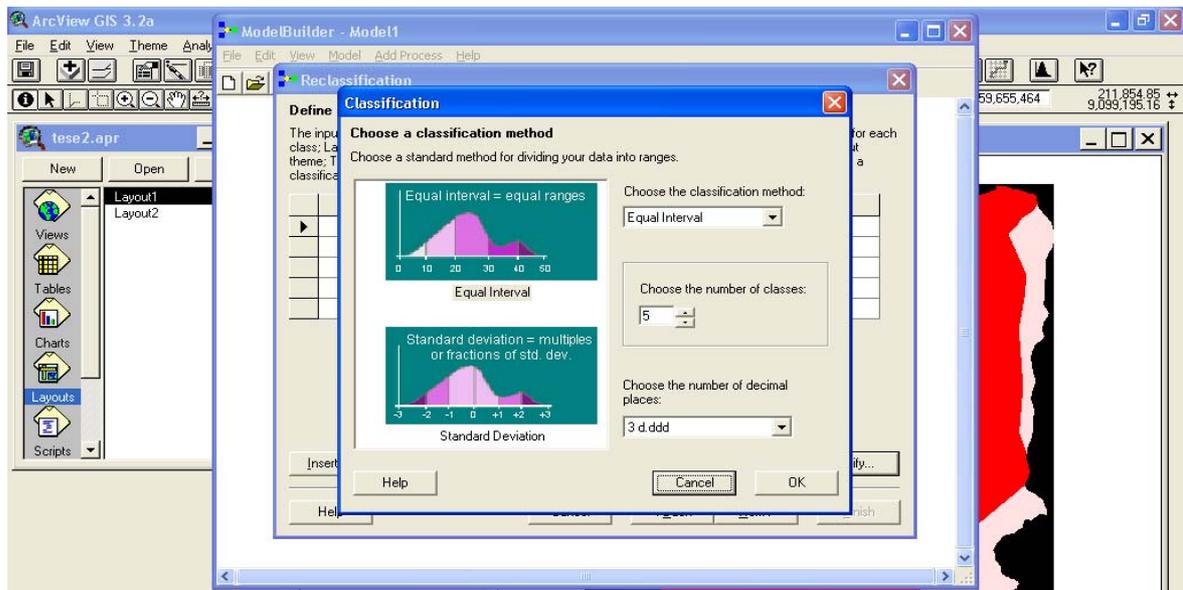


Figura 6.1-4 – Etapa da classificação dos dados pluviométricos no banco de dados do Arcview.

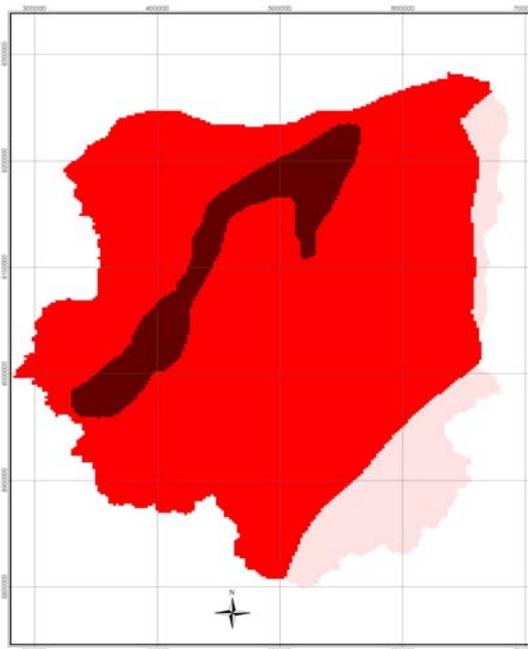


Figura 6.1-5 – Distribuição dos dados pluviométricos a partir dos agrupamentos.

Seguindo a metodologia de ROSS (1990), fez-se a combinação de todos os elementos naturais disponíveis, incluindo agora os dados pluviométricos. Foi testando algumas opções que melhor representasse o atual estado do equilíbrio dinâmico da bacia hidrográfica que se elaborou o mapa de fragilidade potencial. Essas alterações se deram nos valores das ponderações dos elementos naturais.

O **quadro 6.1-5** apresenta o percentual e as respectivas áreas de cada classe de fragilidade potencial, após a combinação e ponderação dos elementos litologia, solos, relevo e pluviosidade.

Quadro 6.1-5 - Fragilidade Potencial da Bacia Alto Parnaíba

Classes de Fragilidade Potencial	Área (km²)	%
Muito Baixa	4.103,84	3,07
Baixa	23.209,18	17,39
Moderada	58.359,30	43,72
Alta	37.749,85	28,28
Muito Alta	10.068,03	7,54
Total	133.490,20	100,00

Conforme pode ser observado no quadro acima, a classe de fragilidade potencial de maior representatividade é aquela que é expressa como fragilidade moderada. Esta classe ocorre em 43,72% da área da bacia, representando uma extensão total de 58.359,30 Km². (**Figura 6.1-6**)

A fragilidade potencial baixa corresponde às áreas da bacia onde predominam declividades de 6 a 12%. A classe de fragilidade potencial baixa está distribuída por todos os setores da bacia hidrográfica, sendo mais presente, no entanto, na margem direita, no setor sudeste da bacia. (**Figura 6.1-6**). Se desenvolve em relevos planos associados a Latossolos vermelho-amarelo e as Formações Pedra de Fogo e Piauí.

Outra classe de fragilidade potencial que apresenta um percentual expressivo na BHAP é a classe Alta. Esta ocorre em 28,28% da área, o que representa uma extensão total de 37.349,85 km². Esta classe ocorre em declividades em torno dos 20%, ou seja, em relevos que se apresentam ondulado

a forte ondulado. Nestas áreas desenvolvem-se, sobretudo, os Latossolos, e a Formação Piauí e os dados pluviométricos indicam a isoietas dos 1.500mm.

Diante das observações dos quadros e das figuras elaboradas percebe-se que a fragilidade potencial da BHAP é baixa, pois o conjunto dos elementos naturais não oferece grande suscetibilidade aos processos erosivos. O maior risco atual de erosão é a exposição das formações Urucua e Areado, por serem facilmente erodíveis, assim como as areias quartzosas, que facilitam o carreamento de sedimentos para o fundo dos vales (**Fotos 6.1-2 e 6.1-3**).



Fotos 6.1-2 – Áreas com erosão às margens do Rio Parnaíba, processo foi intensificado após a retirada da vegetação. (Foto NAMelo, 04/12/2006)



Fotos 6.1.3 – Processo de erosão laminar, mesmo com vegetação. Município de Uruçuí. (Foto NAMelo, 04/12/2006)

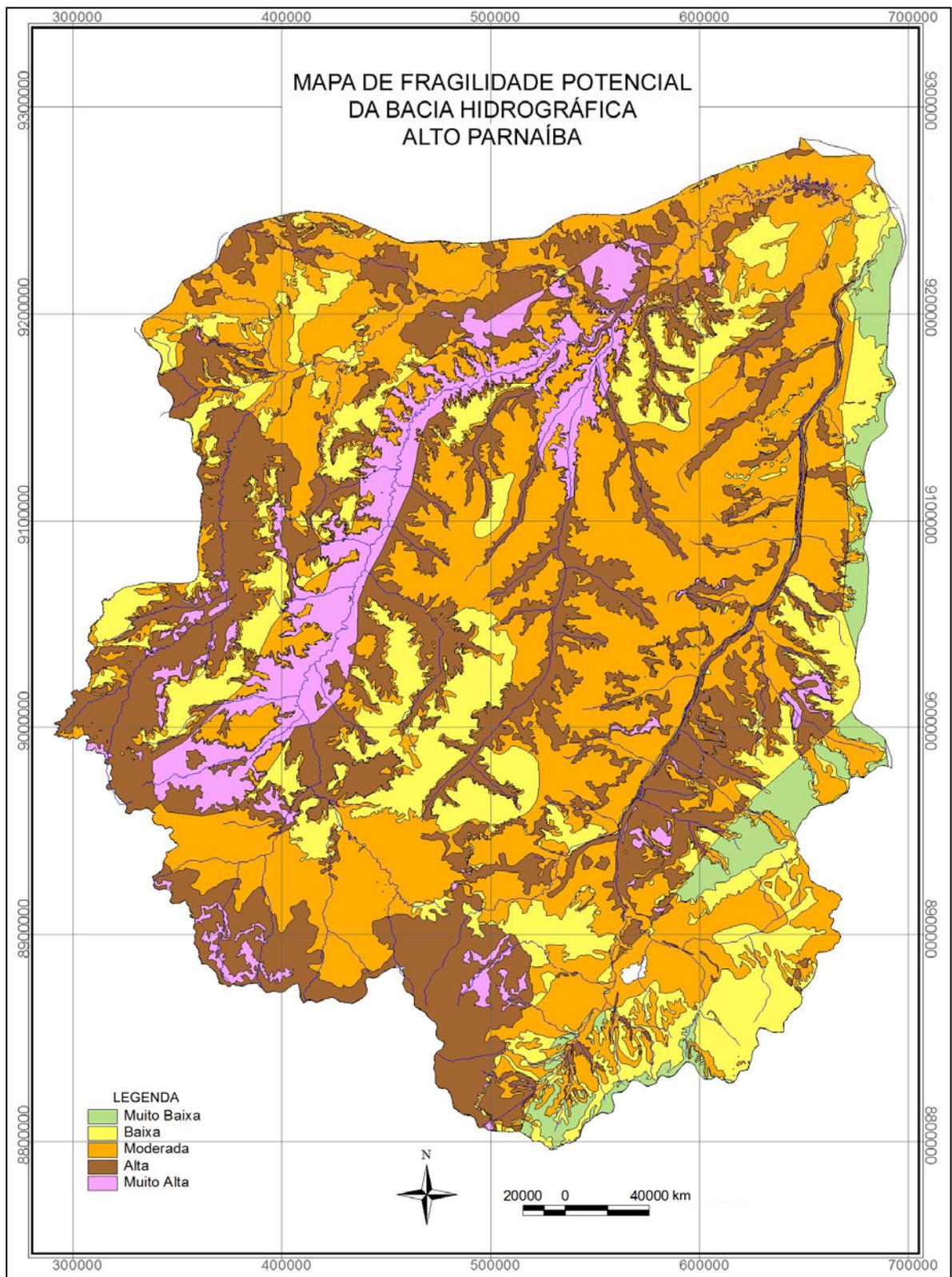


Figura 6.1 - 6 – Mapa de Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba

6.2. FRAGILIDADE EMERGENTE

A fragilidade emergente, além de considerar os elementos naturais já constantes na fragilidade potencial, acrescenta o elemento humano, que se caracteriza pela maneira, como o ser humano utiliza o solo.

A sociedade faz mais do que simplesmente ocupar seu território; na verdade ela produz, na medida em que projeta sobre ele significados que são, necessariamente, resultantes de processos complexos.

Desta maneira, as diferentes formas de ocupação e utilização que o ser humano realiza sobre o ambiente natural, decorrem do processo histórico que condicionou determinado uso e ocupação. Considerando a ocupação da BHAP, pode-se distingui-la em duas formas de ocupações diferenciadas: a ocupação urbana e a ocupação rural.

A ocupação urbana ocorre de maneira predominante no baixo curso da bacia, onde o sítio urbano dos municípios do vale do Gurguéia, de Balsas, Ribeiro Gonçalves e Uruçuí se desenvolvem tanto na margem direita, como esquerda da dos rios Parnaíba, Balsas e Gurguéia.

A ocupação do solo para uso rural está presente na maior parte da bacia, sendo que este tipo de atividade econômica desenvolve-se ao longo de todo o alto e médio curso da mesma, com cultivos e criações variadas. Na área da bacia, os gêneros agrícolas plantados são classificados como de ciclo curto, ou seja, que possuem um período de plantio, desenvolvimento e colheita, inferior a 365 dias.

O cultivo destes gêneros agrícolas é condicionado pela variação climática.

Neste sentido nos meses de temperatura mais elevada, em especial na entrada da primavera ocorre o plantio de milho e feijão. Na seqüência destas culturas ocorre o plantio de soja, já na estação do verão.

Em função das diferentes formas de utilização do solo na bacia hidrográfica, algumas classes de uso foram organizadas. Cada classe representa uma forma de utilização, que pode ser mais ou menos prejudicial à fragilidade ambiental da bacia hidrográfica.

Na BHAP foram consideradas as seguintes classes de utilização do solo: vegetação, agricultura, áreas urbanas, pecuária e solo exposto.

Estas classes estão distribuídas por toda a bacia hidrográfica em percentuais distintos, conforme demonstra o **quadro 6.2-1**.

Quadro 6.2-1 – Classes de uso do solo por fragilidade

Classes de uso do solo	Fragilidade	Área (km2)	%
Solo exposto	Muito Alta	8.704,76	6,52
Agricultura	Alta	48.267,35	36,16
Pecuária	Moderada	5.911,42	4,43
Área urbana	Muito Baixa	12.697,84	9,51
Vegetação	Baixa	57.908,83	43,38
Total	-	133.490,20	100,00

Ao agrupar as classes de uso do solo com os critérios do **quadro 6.1-1** percebeu-se que a classe de uso vegetação representa 43,38% da área da bacia, tornando uma classe de fragilidade baixa, já que os tipos de vegetação encontrados na bacia, a protegem da devastação que as águas fazem durante os períodos chuvosos. Essa classe vegetação representa todos os estágios vegetacionais presentes na bacia, como o cerrado e a caatinga.

A classe solo exposto representa áreas que irão ser plantadas, mas que ainda não tem previsão para o mesmo e áreas que foram utilizadas por processos de mineração e retirada de vegetação para diversos fins. Essa classe representa 6,52% da área da bacia, sendo um número representativo já que constitui uma fragilidade Muita Alta.

Outra classe que foi agrupada é a agricultura, que reuniu agricultura de subsistência com agricultura mecanizada, pois a segunda representa um percentual muito pequeno na bacia, que é a área com plantio de soja na região de Balsas – MA. O perigo de plantações com monoculturas é a exaustão do solo com a desagregação dos mesmos e posterior fragilidade à erosão. No mapa de uso do solo (CODEVASF, 2005) constatou-se que a classe agricultura representa 36,16% da área total da bacia Alto Parnaíba.

Com o agrupamento do Mapa de Fragilidade Potencial da Bacia Alto Parnaíba e dos dados de usos do solo, foi gerado o Mapa de Fragilidade

Emergente da bacia hidrográfica, que reúne informações do meio natural com o meio antrópico. (**Quadro 6.2-2**)

Quadro 6.2-2 - Fragilidade Emergente da Bacia

Classes de Fragilidade Emergente	Area (km²)	%
Muito Baixa	14.261,81	10,68
Baixa	47.631,44	35,68
Moderada	39.652,10	29,70
Alta	24.299,33	18,20
Muito Alta	7.645,49	5,74
Total	133.490,20	100,00

Conforme o **quadro 6.2-2** a classe de fragilidade ambiental emergente mais representativa é a classe baixa, que ocorre em 35,68% da área total da bacia hidrográfica, o que corresponde a uma extensão territorial de 47.631,44 km², podendo-se observar na **figura 6.2-1**. Esta classe ocorre distribuída por todos os setores da bacia, sendo mais presente, porém, no setor central da bacia.

Os cursos dos rios Parnaíba e Gurguéia e o baixo curso do rio Uruçuí representam fragilidade de alta a muito alta, devido às características naturais e ao tipo de uso do solo. No caso do rio Gurguéia, quase todo o vale apresenta fragilidade alta e muito alta, isso ocorre por causa da agricultura e escassez de vegetação nativa, associado às irregularidades das precipitações.

A fragilidade emergente classificada como moderada está ligada de maneira geral àquelas áreas que apresentam a categoria de uso do solo como sendo de vegetação e áreas urbanas. Porém apresentam áreas com declividade alta e tipos de solos que favorecem a erosão. Como existe uma sazonalidade da produção agrícola em função da temperatura, no período em que o solo não está exposto, ou seja, quando o mesmo é ocupado por culturas como milho e soja, a classe de fragilidade emergente moderada apresenta diminuição em detrimento ao aumento da classe de fragilidade baixa.

Isto ocorre em função de a classe de fragilidade moderada ocorrer, sobretudo em relevos pouco ondulados, e onde existe a presença de solos profundos, como os Latossolos.

A fragilidade emergente alta está presente em 18,20% da área total da bacia, o que representa 24.299,33km². Esta classe distribui-se por vários locais no alto curso, possuindo uma predominância na margem esquerda no setor oeste da bacia, e nas bordas do setor leste conforme expressa a **figura 6.2-1**. No alto curso, a maior ocorrência da fragilidade emergente alta está associada com a presença do solo exposto, que se distribui pelos Latossolos e Neossolos pouco profundos, com atividade minerária intensa que resultou em diversas áreas com solo exposto.

Dentro da classe de fragilidade emergente muito alta, com 5,74% da área, estão os núcleos urbanos, que representam pequenos aglomerados distribuídos ao longo da bacia e concentrado principalmente às margens dos rios principais. A maioria desses núcleos urbanos não tem saneamento básico eficiente, nem coleta de lixo de forma regular.

Com relação aos processos erosivos, o que se nota é sua intensificação conforme a capacidade de cada tipo de uso em alterar o ambiente e proporcionar situações que favoreçam a erosão. Isto se dá pela impermeabilização ou pela diminuição da capacidade de absorção da água pelo solo, pela exposição do solo retirando totalmente ou diminuindo sua proteção natural, e pela concentração de águas por obras e estruturas. O importante em detectar os lugares onde a erosão se encontra mais avançada, é definir medidas de correção e proteção ao meio, detectando as zonas mais sensíveis à erosão e planejar a mudança de uso do solo, a fim de evitar prejuízos sobre as obras humanas.

No aspecto sócio-econômico os danos são verificados pela perda de terras a serem usadas na agropecuária e na diminuição da disponibilidade de empregos na área rural.



Fotos 6.2.1 – Processos erosivos intensos na bacia hidrográfica.
(Foto NAMelo, 04/12/2006)

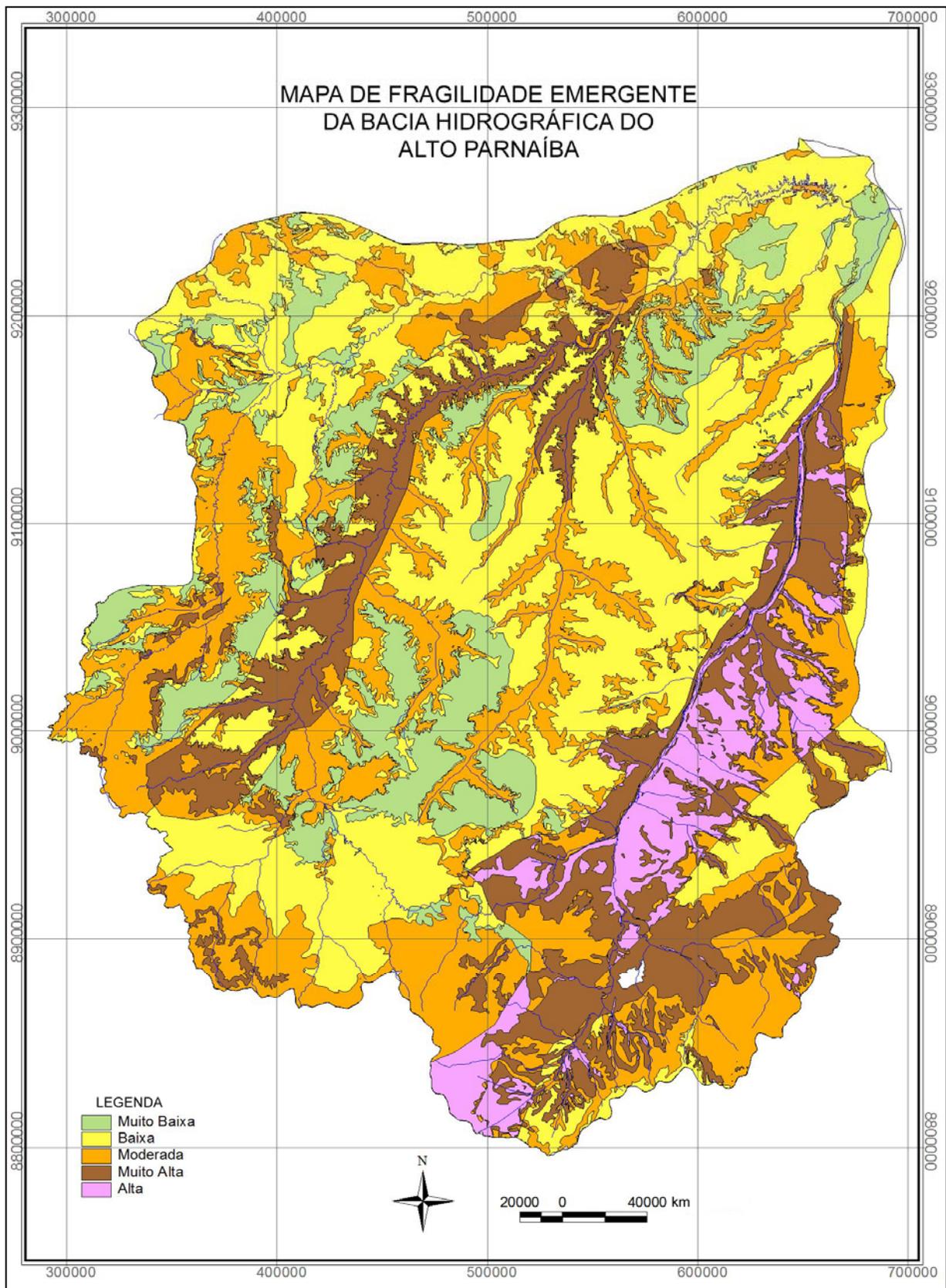


Figura 6.2– 1 – Mapa de Fragilidade Emergente na Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba

6.3. FRAGILIDADE AMBIENTAL PELA METODOLOGIA DE BRANDÃO

A metodologia de Brandão (2005) faz uma análise dos elementos que compõem o quadro natural, associado à densidade demográfica, dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio do Peixe, na Paraíba. O autor chama a atenção que é possível visualizar espacialmente as áreas onde ocorrem a estabilidade do quadro natural, bem como as áreas críticas, onde a degradação ambiental se dá de forma mais incisiva.

Brandão (*op cit*) não utiliza o termo fragilidade, ele usa “Qualidade Ambiental”, por isso teve-se o cuidado de observar os valores encontrados, já que a área que tem boa qualidade ambiental pode ser ou não frágil ambientalmente.

A fragilidade ambiental estudada pelo método de Brandão (2005) diferencia-se do método de Ross (1990) pela inserção do fator pressão antrópica, no qual a densidade demográfica é um dos indicadores da qualidade ambiental.

A fórmula para aplicação do método é:

$$IDA = \frac{\left[1 - \left(\frac{V + S}{2}\right)\right] + \left(\frac{D + P}{2}\right)}{2}$$

V = Vegetação (percentual de cobertura vegetal);

S = Características do horizonte A do solo;

D = Declividade;

P = Pressão Antrópica (densidade demográfica)

Os dados para preenchimento da fórmula são os mesmos tratados nos itens anteriores, declividade, substrato geológico, solos e uso e ocupação do solo. Eles já estavam armazenados no banco de dados, faltando integrar os dados referentes à densidade demográfica.

A densidade demográfica da bacia hidrográfica do Alto Parnaíba é muito baixa, na qual predomina 5hab/km², porém na região de Balsas e Guadalupe há uma sensível mudança, a densidade demográfica passa para 15hab/km².

Esse aumento da densidade demográfica na região de Balsas reflete na distribuição das classes de fragilidade ambiental, contribuindo para o aumento dos percentuais da classe alta e muito alta.

O **quadro 6.3-1** mostra a distribuição das classes de fragilidade por área (km²) e em percentual. Esses valores foram definidos com uma reclassificação e depois foram redefinidas as classes no módulo “*map calculator*”. Para manter o nível de compreensão, foi mantido os termos fragilidade muito baixa a baixa para a comparação entre os dois métodos.

Quadro 6.3-1 – Classe de fragilidade na bacia hidrográfica adaptada do método Brandão

Classes de Fragilidade Ambiental	Área (km²)	%
Muito Baixa	2.395,02	1,79
Baixa	17.447,27	13,07
Moderada	94.315,12	70,65
Alta	17.263,74	12,93
Muito Alta	2.069,05	1,55
Total	133.490,20	100,00

Conforme pode ser observado no referido quadro, a classe de fragilidade ambiental de maior representatividade é aquela que é expressa como fragilidade moderada. Esta classe ocorre em 70,65% da área da bacia, representando uma extensão total de 94.315,12 Km². (**Figura 6.3-1**)

A fragilidade ambiental baixa corresponde as áreas da bacia onde predominam declividades de 6 a 12% e uma densidade demográfica menor de 5 hab./km². A classe de fragilidade ambiental baixa está distribuída principalmente no centro e na borda leste da bacia hidrográfica, sendo mais presente, no entanto, no vale do rio Gurguéia. (**Figura 6.3-1**). Se desenvolve em relevos planos associados a Latossolos vermelho-amarelo e as Formações Pedra de Fogo e Piauí.

Outra classe de fragilidade ambiental que apresenta um percentual expressivo na BHAP é a classe Alta. Esta ocorre em 13,07% da área, o que representa uma extensão total de 17.447,27 km². Esta classe ocorre nos vales

dos rios Parnaíba e Balsas, há a presença de Latossolos, da Formação Piauí e os dados pluviométricos indicam a isoieta dos 1.500mm.

Diante das observações dos quadros e das figuras elaboradas percebe-se que a fragilidade ambiental da BHAP é moderada a baixa, pois o conjunto dos elementos naturais, associados a densidade demográfica não oferece grande suscetibilidade aos processos erosivos. (**Fotos 6.3-1**)



Vale do rio Gurguéia



Estrada na saída de Ribeiro Gonçalves

Fotos 6.3-1 – Rio Parnaíba no município de Uruçuí
(Foto NAMelo, 04/12/2006)

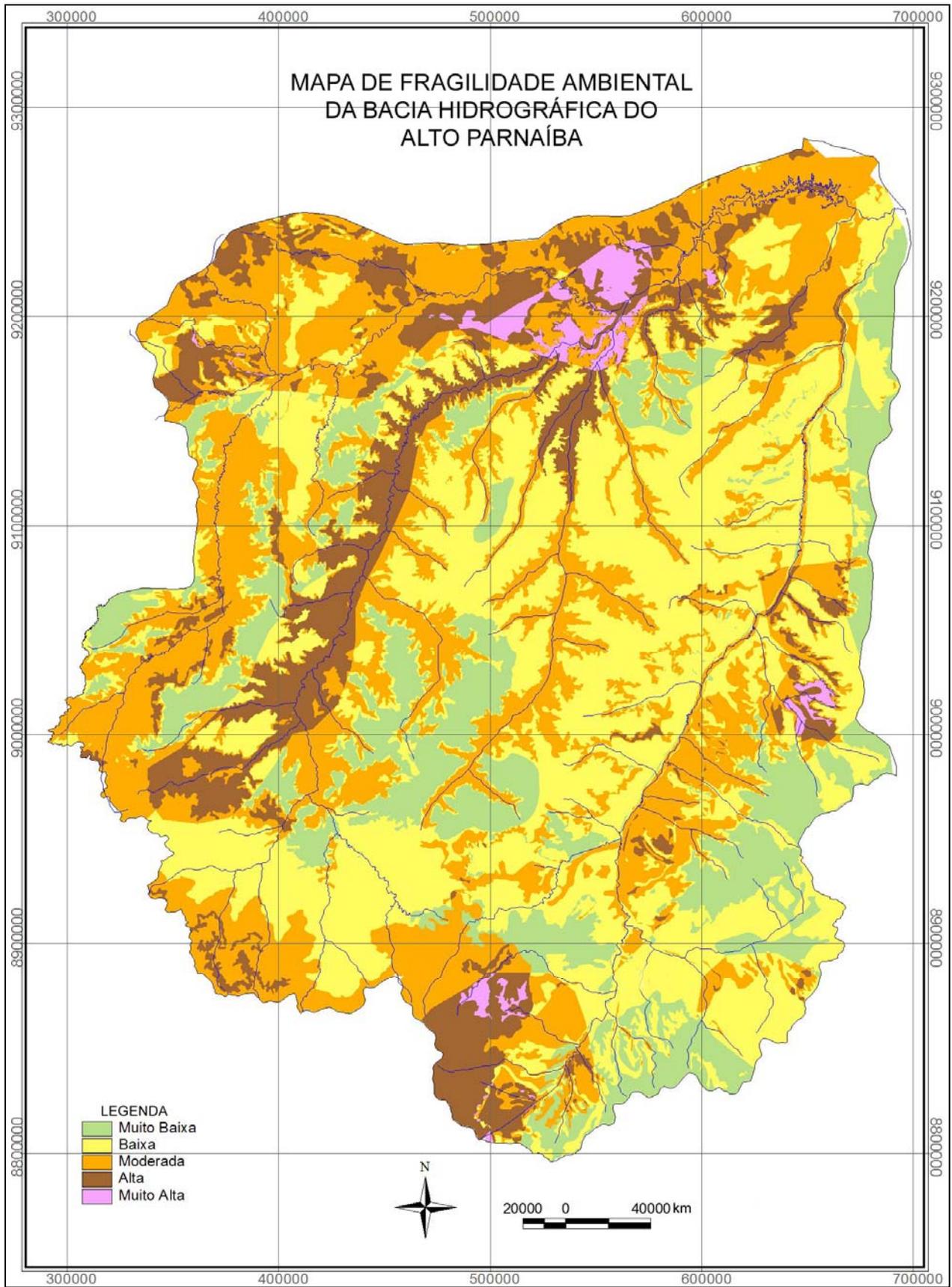


Figura 6.3-1 – Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Alto Parnaíba

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão da fragilidade ambiental se relaciona tanto com a dinâmica dos elementos naturais, bem como o modo que o ser humano utiliza estes elementos naturais. Ao se realizar pesquisa na área ambiental invariavelmente é necessária a observação dos elementos formadores do ambiente natural, conhecer os processos que os formam para entender a dinâmica dos mesmos. Da mesma maneira é preciso considerar a dinâmica de ocupação deste local, a partir da ação humana, visto que, esta ação é em muitos casos determinante para o equilíbrio ou desequilíbrio ambiental.

Em função de todo material analisado pode-se concluir que as hipóteses levantadas no início da pesquisa foram comprovadas, haja vista que os processos erosivos atuantes na bacia hidrográfica interferem na dinâmica superficial, principalmente quando um dos elementos do sistema natural é retirado, por exemplo, a vegetação nativa. Nesse caso ocorre um desequilíbrio nos processos naturais que torna os ambientes instáveis, segundo a Ecodinâmica de Tricart. Reforçando as duas outras hipóteses que o uso e ocupação do solo geram atividades que torna a bacia hidrográfica frágil e as formas de relevo acentuam os processos de degradação nas áreas frágeis. O exemplo forte desse processo de degradação é a região de Gilbués, que não apresentava características de áreas de desertificação, e hoje, por conta do mau uso das terras, apresenta-se em um estado de degradação avançado.

A partir dos resultados obtidos e apresentados no capítulo anterior cabem aqui algumas discussões e considerações sobre os mesmos, no intuito de contribuir para o aprofundamento das discussões ambientais na bacia do Alto Parnaíba.

A comparação entre os dois métodos (Ross, 1990 e Brandão, 2005) demonstrou que os resultados são bem próximos entre si, talvez porque o único diferencial entre eles é a densidade demográfica, e no caso da bacia do Alto Parnaíba, o valor é muito pequeno, já que a maioria dos municípios possui densidade de menos de 5hab./km².

A presente pesquisa teve como resultado-síntese a construção de três mapas de fragilidade ambiental. O primeiro de fragilidade potencial, que foi obtido a partir do cruzamento dos mapas de declividade, de solos, dados pluviométricos e da geologia. O segundo, o mapa de fragilidade emergente, sendo a combinação entre o mapa de fragilidade potencial e as categorias de usos do solo. E o terceiro, o mapa de fragilidade ambiental, que foi elaborado a partir da combinação dos recursos naturais, declividade e densidade demográfica.

Considerando a fragilidade potencial nota-se que na BHAP as classes de fragilidade compreendidas entre moderada e alta representam 72% da área total da bacia hidrográfica. Estas classes estão ligadas a relevos com maior declividade, acima de 20% e associados a solos com menor profundidade e menor capacidade de drenagem.

A partir dos resultados obtidos pode-se dizer com relação à fragilidade potencial, que a BHAP pode gerar conflitos em seu equilíbrio ambiental, embora as declividades pouco acentuadas e a presença de solos com boa profundidade e boa drenagem, garantam à bacia hidrográfica um equilíbrio dinâmico frágil.

No entanto, esta estabilidade natural não isenta a bacia de problemas relacionados à erosão, pois em função de partes da bacia hidrográfica não contar com a presença de mata ciliar e mata nas áreas das vertentes íngremes, torna o solo mais suscetível a ser transportado em períodos de precipitação intensa.

Considerando a fragilidade emergente, ocorrem algumas mudanças no comportamento ambiental da bacia. Conforme já indicado anteriormente, predominam na BHAP atividades econômicas de caráter agrícola, que estão presentes, sobretudo na área do alto e médio curso da bacia. Então a fragilidade emergente da bacia, está compreendida entre as classes baixa a moderada correspondendo a 65,38% da extensão total da bacia hidrográfica.

No setor rural da bacia, principalmente na estação do inverno, em função das baixas temperaturas e falta de políticas públicas de financiamento, grandes áreas ficam com solos expostos. A falta de cobertura destes solos torna os mesmos mais suscetíveis à erosão. Além de ficar mais vulneráveis a erosão, os solos que não apresentam cobertura apresentam uma capacidade de absorção menor, o que contribui para um escoamento maior nestas áreas, aumentando assim a erosão laminar.

O Consórcio EPE-CNEC/PROJETEC (2006) indica que na bacia do Alto Parnaíba a erosão laminar é predominante. Neste sentido, aponta ainda que em 42% da área da bacia as perdas de solo variam de 0 a 2,5 ton/ha/ano. Em 14,90% da bacia a perda de solos chega próxima a 100 ton/ha/ano. As perdas mais elevadas estão relacionadas a áreas de declives mais acentuados.

Desta maneira, apesar de a maior parte da bacia estar incluída em uma fragilidade emergente que varia de muito baixa a moderada, as perdas de solo precisam ser levadas em consideração, visto que, trazem problemas para a fertilidade natural do solo, bem como contribuem para a poluição e assoreamento dos rios, em função de que a água que chega até os rios transporta em solução os fertilizantes aplicados nas culturas agrícolas.

Com relação ao assoreamento fica visível em vários locais do rio Parnaíba este problema, onde se observa a diminuição do volume de água em alguns pontos. Este processo de assoreamento também é percebido mesmo que de maneira empírica pelos moradores mais antigos da bacia hidrográfica.

Estes, em conversas ao longo da pesquisa, comentaram sobre a aparência do rio Parnaíba há 30 anos ou mais. Os mesmos informaram que o volume de água do rio principal e também de alguns afluentes era bem maior em relação à quantidade que hoje passa pelo leito do rio.

Ainda sobre os números de perda de solos apresentados fica evidente a necessidade de medidas que visem à redução destas perdas, que acabam por interferir na produção agrícola, além de prejudicarem o fluxo normal dos rios.

Principalmente em dias chuvosos pode ser observada a grande presença de partículas de solos sendo transportados pela água, em função da coloração que a mesma apresenta, ficando evidente esta constatação. A coloração que a água assume, decorre do transporte do solo das vertentes para dentro do leito do rio.

Com relação ao estado ambiental propriamente dito da BHAP, os resultados demonstram que a mesma está submetida a uma fragilidade ambiental entre baixa e moderada, tanto na fragilidade emergente quanto na potencial.

Este resultado nos reporta a importância de se utilizar o solo de maneira adequada, criando mecanismos que torne possível sustentabilidade da utilização do mesmo. A readequação da forma de uso do solo passa

obrigatoriamente pela implantação de ações por parte do poder público no tocante a questão do adequado manejo ambiental.

Para tanto, a utilização da bacia hidrográfica, como unidade a ser gerida enquanto área onde se encontram os recursos naturais e onde o ser humano desenvolve suas atividades, caracteriza-se como um fator importante no gerenciamento ambiental.

O estudo e o mapeamento da fragilidade ambiental da BHAP, pode trazer uma nova contribuição para o conhecimento da realidade ambiental da bacia. Neste sentido, pode auxiliar a implantação de políticas públicas mais consistentes com a sua realidade, a partir do momento em que apresenta algumas implicações referentes à utilização do solo da bacia e possíveis alternativas de uso mais adequados.

Entretanto, é evidente que esta pesquisa não deve ser usada como único referencial para as ações de controle ambiental no manejo da bacia, na medida em que o gerenciamento ambiental de uma bacia hidrográfica implica em análises muito mais complexas e elaboradas.

Nesse sentido, cabe salientar que além dos dados produzidos pela pesquisa são necessárias outras pesquisas complementares que englobem outros focos de atuação na linha ambiental.

As áreas protegidas têm que ser estrategicamente estabelecidas para que os componentes da biodiversidade que são mais sensíveis ou vulneráveis às pressões antrópicas sejam protegidos. Considerando que as espécies e ecossistemas não se encontram uniformemente distribuídos, mas concentrados em determinadas regiões, priorizar as ações de conservação em tais áreas passa a ser uma necessidade estratégica

As recomendações sugeridas para a manutenção da biodiversidade nas áreas importantes para a conservação deveriam ser consideradas em qualquer tipo de planejamento desenvolvido pelo Governo ou pelo setor empresarial. Pela parte pública, tal obrigação reside no fato de que o Governo deve, segundo a Constituição Brasileira, assegurar o acesso dos cidadãos aos ambientes naturais equilibrados e conservados. Além disso, vários compromissos internacionais firmados pelo Brasil apontam para a necessidade de promoção do uso sustentável dos recursos naturais. Dessa forma, a manutenção da integridade

das áreas prioritárias encontra-se totalmente associada com compromissos de cidadania ou compromissos internacionais.

Por sua vez, o setor privado, em especial o agronegócio que depende de áreas de cultivo, também precisa levar em consideração o amplo diagnóstico realizado pela comunidade científica. Existem diversas razões para que a manutenção da biodiversidade seja uma preocupação de fazendeiros, produtores rurais e das empresas que compram commodities geradas no campo, como a soja, milho, cana-de-açúcar, café, algodão e até mesmo o gado de corte ou leiteiro. Primeiramente existem obrigações legais determinadas pela Constituição Federal (no capítulo referente à função social da terra) e pelo Código Florestal Brasileiro. Há também razões práticas e econômicas, pois sistemas produtivos imersos em paisagens bem manejadas tendem a ser mais produtivos ou com melhor qualidade ambiental do que sistemas distantes de áreas nativas. Contudo, talvez a principal razão considerada atualmente em relação à manutenção ou não da biodiversidade associada com sistemas produtivos seja a crescente demanda do mercado por produtos que sejam produzidos de maneira ambientalmente sustentáveis, ou seja, que não comprometam a qualidade ambiental ou a persistência de espécies da fauna e flora nativa.

Considerando o que foi exposto, a implementação de uma política de gerenciamento mais abrangente, onde além da administração pública, sejam envolvidas entidades de classe, grupos organizados, além da população diretamente inserida na bacia hidrográfica, seja ela urbana ou rural, o controle e preservação dos recursos naturais podem conviver com o uso racional da bacia, ou seja, onde o uso que se faça do solo seja compatível com a declividade do terreno, com o tipo de solo, fazendo com que a perda deste, em função da erosão, seja reduzida a volumes aceitáveis. Finalmente, há necessidade de estudos mais detalhados para a compreensão das relações existentes entre dados climáticos e hidrológicos com os processos físicos e de ocupação da região. É recomendável que se busque uma compreensão, com base em dados quantitativos, dos limites e das origens do aceleração do processo de erosão nas últimas décadas causado tanto em função das variações climáticas quanto das mudanças de uso do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Teresinha J. A. 2004. Ocupação do Cerrado Piauiense: Estudo de Caso em Uruçuí.p1-15

BARREIRA, S.; BOTELHO, S. A.; SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. 2000. Efeito de diferentes intensidades de corte seletivo sobre a regeneração natural de cerrado. Lavras: Revista Cerne. V. 6, N. 1, P. 40 – 51.

BASTOS, Rodrigo; BASTOS, E.J.B.; VALERIO FILHO, M. 2006. Mapeamento das Áreas de Fragilidade Ambiental com Risco Potencial a Erosão frente a ocupação urbana na Região Oeste do município de São José dos Campos-SP. COBRAC 2006 Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC. Florianópolis. 9p.

BASTOS, Anna Christina Saramago; FREITAS Antonio Carlos de. 1999. Agentes e Processos de Interferência, Degradação e Dano Ambiental. in Sandra Baptista da Cunha e Antonio José Teixeira Guerra (org.) Avaliação e Perícia Ambiental. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil,

BELTRAME, Ângela V. 1994. Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas modelos e aplicação. Editora da UFSC, Florianópolis.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. 1990. Conservação do solo. São Paulo: Ícone.

BIGARELLA, João José. *et al.* 1996 Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. Volume II. Editora da UFSC: Florianópolis.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: Aptidão Agrícola das Terras do Ceará.

Brasília, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. BINAGRI. 1979b, 108p. (Estudos Básicos para o Planejamento Agrícola; Aptidão Agrícola Das Terras, 8)

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: Aptidão Agrícola das Terras do Maranhão. Brasília, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. BINAGRI. 1979c, 112p. (Estudos Básicos para o Planejamento Agrícola; Aptidão Agrícola Das Terras, 11)

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: 1979a. Aptidão Agrícola das Terras do Piauí. Brasília, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. BINAGRI., 106p. (Estudos Básicos para o Planejamento Agrícola; Aptidão Agrícola Das Terras, 7)

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais. 1981.Folha Jaguaribe (SB 24) e Folha Natal (SB 25). Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais. 1973a Folha São Luís (SA 23) e Folha Fortaleza (AS 24). Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais.1973b. Folha Teresina (SB 23) e parte da Folha Jaguaribe (SB 24). Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral,

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais. 1973c Folha Rio São Francisco (SC 23) e Folha Aracajú (SC 24). Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais. 1891 Folha Jaguaribe (SB 24) e Folha Natal (SB 25). Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral.

BRANDÃO, Marcelo. 2005. Índice de qualidade ambiental na bacia hidrográfica do rio do Peixe, PB. Tese de doutorado do curso de Pós-Graduação em Geologia, área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco. 132p.

CAMARGO, M. N.; KLANT, E & KAUFMAM, J. H. 1987. Classificação de Solos Usada em Levantamentos Pedológicos no Brasil. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira e Ciência do Solo. Campinas, v.12, n.1, p.11-33.

CARVALHO, Gleuba M.B.Souza, SOUZA, José Nogueira; SANTOS, Sylvania. 2003 Análise da Vulnerabilidade à erosão: bacias dos rios Aracatiaçu e Aracatimirim (CE) Anais XI SBSR, Belo Horizonte INPE, p. 1281 - 1288

CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M. 1997 Simulação da Expectativa de Perdas de Solo em Microbacia sob Diferentes Manejos Florestais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa.

CEPRO. 1996. Diagnóstico das condições ambientais do Estado do Piauí. Teresina: Fundação CEPRO. 150 p.

CHESF/CNEC. 2002 Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba – Relatório Final – Proc Nº 48500.004570/00 65.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. 1999. Modelagem de sistemas ambientais. E. Edgard Blucher. SP. 236p.

CHRISTOFOLETTI, A. 1974. Geomorfologia. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo.

CODEVASF/OEA. Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba – PLANAP. Documento final. Teresina, 2005

CREPANI, E., MEDEIROS, J.S., HERNANDES Filho, P. 1996. Uso de

sensoriamento remoto no zoneamento ecológico econômico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 8, Salvador. *Anais..* São José dos Campos: INPE, 1996. Cd room.

DONHA

DERPSCH, C. H. *et al.*: 1991. Sistemas de Controle da eros no Paraná, Brasil cobertura de solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE)/CNEC/PROJETEC. 2006. Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Parnaíba. Relatório de Estudo.

FERRETTI, Eliane R. 1998. Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC da Bacia do Rio Marrecas Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná.

FIGUEIREDO, Geiza; BRAGA, A. L.; CARVALHO, A. S.; CALIJURI, M.L. 2006. Caracterização da Fragilidade Ambiental Utilizando Sistema de Informações Geográficas. COBRAC 2006 Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC. Florianópolis. 11p.

FURTADO, C. 1971. Formação Econômica do Brasil. Companhia Editora Nacional. São Paulo.

GÓES, A.M & FEIJÓ, F.F., 1994 – Bacia do Parnaíba. In: Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, 8(1): 57.67.

GOÉS, A.M. O.de *et al.* 1995. Projeto Parnaíba: Reavaliação da Bacia e Perspectivas Exploratórias. Petrobrás, Belém.

GÓES, A.M; Coimbra, A.M & NOGUEIRA, A.C.R., 1997 – Depósitos Costeiros influenciados por ondas e marés da Formação Poti (Carbonífero inferior) da

Bacia do Parnaíba. In: Costa, M.L & Angélica, R.S (Coords), Contribuições a Geologia da Amazônia, Vol 1., Bélem, FINEP/SBG-NO. 285-306.

GUERRA, A. T. 1999 Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos Temas e Aplicações. 1ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil

LEMOS, J. J. S. 2001. Níveis de degradação no Nordeste Brasileiro. Revista Econômica do Nordeste. v. 32, n.3. p.406 – 429.

LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Erodibilidade de Solos Paulistas. Campinas. Instituto Agrônômico. 1975. 12p. (Boletim Técnico, 27).

MENDES Jr.; B. O.; MESQUITA, A. M. 2002. Perfil econômico do Piauí. Fortaleza: Banco do Nordeste.

MENEGUETTE. A. Courseware em Ciências Cartográficas - Unesp –Campus de Presidente Prudente, site da web: http://www2.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/hp_arlete/courseware/intgeo.htm, 2000. Acesso, 2004.

MIARA, Marcos Antônio. 2006. Análises têmpero-espaciais da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa – PR. Dissertação de mestrado do curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. 201p.

NIMER, Edmon. 1979 Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, SUPREN.

OLIVEIRA, Isabel S.D 2004. A contribuição do zoneamento ecológico-econômico na avaliação de impacto ambiental: bases e propostas metodológicas. Dissertação de mestrado, Engenharia Ambiental, USP, 125p.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. 1992. Classes Gerais de Solos do Brasil. 2ª . ed. Jaboticabal: FUNEP, 201p.

OSAKI, Flora. 1994 Microbacias: Práticas de Conservação de Solos. Curitiba: Copigraf.

RIBEIRO, Selma; BAHR, H.P.; CENTENO, J. S. 2002. Integração de imagens de satélite e dados complementares para a delimitação de unidades de paisagem usando uma abordagem baseada em regiões. Bol. Ciênc. Geod., Curitiba, v. 8, no 1, p.47-57.

ROSS, J.L.S. 1997 Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. 4 ed. São Paulo:Contexto.

ROSS, Jurandyr L. 1994. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia n.8, USP – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas.

ROSS, Jurandyr L. S. 1990. Geomorfologia ambiente e Planejamento. São Paulo, Contexto.

SANTOS, Edelson. 2005. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Jirau município de Dois Vizinhos – Paraná. Dissertação de mestrado do Curso de Pós-Graduação em Geografia. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. 141p.

SANTOS, I. dos.; VITTE, A. C. 1998. Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba. In: I Fórum Geo-Bio-Hidrologia: Estudos em vertentes e microbacias hidrográficas. *Anais*. Curitiba.

SANTOS, R. F., CARVALHAIS, H. B., PIRES, F. 1997. Planejamento Ambiental e Sistemas de Informações Geográficas. Caderno de Informações Georreferenciadas – CIG. Volume 1 - Número 2 - Artigo 2, FEC/UNICAMP

SANTOS, Victor Hugo. 2005. Seqüências siluro-devoniana e eocarbonífera da

Bacia do Parnaíba, Brasil, como análogos para a exploração de hidrocarbonetos. Tese de Doutorado. UFPE/Geociências, 208p.

TOMAZONI, Júlio C. 2002. Método para o Levantamento Utilitário de Microbacias Hidrográficas e Classificação da Cobertura Pedológica de Acordo com sua Capacidade de Uso através de Geoprocessament . Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná.

TRICART, Jean. 1977. Ecodinâmica. IBGE/SUPREN, Rio de Janeiro. 91p.

www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/princip/rechidro.html

www.relevobr.cnpm.embrapa.br