



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CONTRIBUIÇÕES AOS ESTUDOS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL  
NO PARQUE ZOOBOTÂNICO ARRUDA CÂMARA, JOÃO PESSOA -  
PB**

**ELIANA DE OLIVEIRA DA SILVA**

**JOÃO PESSOA – PB**  
**2013**

**ELIANA DE OLIVEIRA DA SILVA**

**CONTRIBUIÇÕES AOS ESTUDOS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL  
NO PARQUE ZOOBOTÂNICO ARRUDA CÂMARA, JOÃO PESSOA -  
PB**

Monografia apresentada a Coordenação do  
Curso de Geografia da Universidade Federal da  
Paraíba, para obtenção do grau de bacharel no  
curso de Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

Catálogo na publicação  
Universidade Federal da Paraíba  
Biblioteca Setorial do CCEN

S586c Silva, Eliana de Oliveira da.  
Contribuições aos estudos de fragilidade ambiental no Parque  
Zoobotânico Arruda Câmara, João Pessoa – PB / Eliana de Oliveira  
da Silva. – João Pessoa, 2013.  
53 p. : il.

Monografia (Graduação em Bacharelado em Geografia) –  
Universidade Federal da Paraíba.  
Orientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva .

1. Geografia ambiental. 2. Geoprocessamento.  
3. Ameaças ao meio ambiente. I. Título.

BS/CCEN

CDU 911.2:502(043.2)

## Termo de Aprovação

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva  
Orientador - Universidade Federal da Paraíba

---

Prof. M.Sc. Leonardo Pereira e Silva  
Examinador

---

Prof. M.Sc. José Yure Gomes dos Santos  
Examinador

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, oportunidades, força nos momentos difíceis e pela finalização de mais uma etapa.

Aos meus pais, pelo amor, dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida, tornando possível a realização dos meus sonhos. São verdadeiros instrumentos de Deus. É por vocês!

Ao meu esposo, pelo companheirismo, amor, incentivo, compreensão, apoio a minha trajetória acadêmica e pela companhia nas visitas de campo ao Parque, cuja contribuição foi essencial. E que este trabalho sirva de incentivo para ti. Amo-te.

Ao Professor Richarde Marques da Silva pela disponibilidade, orientação e dedicação na construção deste trabalho.

À Prefeitura Municipal João Pessoa, pelos dados cartográficos disponibilizados.

À minha amiga Shyrley Elizabeth, que compartilhou comigo bons momentos durante esses anos prolongados da graduação, por sua amizade, palavras de incentivo, de fé, e pela ajuda operacional na realização deste trabalho.

Aos colegas do curso de Geografia, em especial às amigas Josilene e Lucicleide, pelos conhecimentos compartilhados, boa vontade de ajudar, e pela prazerosa convivência no decorrer do curso.

A todos os professores do Curso de Geografia, pelos conhecimentos transmitidos, que fizeram com que fosse um aprendizado de vida, e que eu me apaixonasse ainda mais por essa ciência, em especial à Lígia Tavares, Fátima Rodrigues, Sérgio Alonso, Eduardo Galliza, Paulo Rosa (*in memoriam*), Anieres Barbosa.

Aos demais amigos e parentes agradeço a torcida, palavras de incentivo e por compartilhar essa conquista.

## RESUMO

O trabalho trata do estudo de fragilidade ambiental do Parque Zoobotânico Arruda Câmara (PZBAC), localizado no município de João Pessoa – PB, mediante o uso de técnicas de Geoprocessamento. Os estudos de fragilidade ambiental fundamentam-se no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre os componentes físicos, bióticos e sócio-econômicos. Desta forma, a metodologia empregada baseia-se na análise integrada das variáveis físicas do parque (declividade, solos, uso e ocupação do solo), que se constituiu através da ponderação de valores às classes temáticas e em seguida do cruzamento dos dados. Como ferramenta computacional para processamento dos dados utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica, e como método de cruzamento dos dados a linguagem álgebra de mapas. Os resultados obtidos foram satisfatórios diante da metodologia e eficiência da modelagem através do Geoprocessamento. Com o trabalho, conclui-se que a análise da fragilidade ambiental possibilita a melhor compreensão dos processos associados atuantes na área, e identificação de áreas mais susceptíveis a degradação ambiental, de modo que contribua com a gestão da área, regulando usos, direcionando formas de manejo, prevendo cenários futuros, adotando políticas de conservação.

**Palavras chave:** Fragilidade Ambiental, Geoprocessamento, Álgebra de mapas.

## ABSTRACT

The work deals with the study of environmental fragility Arruda Câmara Zoobotanic Park (PZBAC), located in the city of João Pessoa - PB, by using geoprocessing techniques. Studies of environmental fragility grounded on the principle that nature has intrinsic functionality between physical components, biotic and socio-economic. Thus, the methodology used is based on the integrated analysis of the physical variables of the park (slope, soils, and land use), which was formed by weighting values to thematic classes, then the intersection of the data. As a computational tool for data processing used the Geographic Information System, and as a method of data crossing the language map algebra. The results were satisfactory in front of the modeling methodology and efficiency through the geoprocessing. With work, it is concluded that the analysis of environmental enables better understanding of the processes associated working area, and identifying the most likely environmental degradation, so that contributes to the management area, regulating uses directing forms management, forecasting future scenarios, adopting conservation policies.

**Keywords:** Environmental Fragility, Geoprocessing, Map algebra.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica do Parque Zoobotânico Arruda Câmara.....	13
Figura 2 - Representação de um mapa através da estrutura vetorial.....	24
Figura 3 - Representação de um mapa através da estrutura matricial.....	24
Figura 4 - Delimitação das curvas de nível da área do PZBAC.....	28
Figura 5 - Fluxograma da metodologia empregada neste estudo .....	31
Figura 6 - Mapa de Declividade do PZBAC.....	33
Figura 7 - Mapa dos tipos de solos do PZBAC.....	35
Figura 8 - Mapa de uso e ocupação do PZBAC.....	38
Figura 9 - Vista do Lago dos Pedalinhos no PZBAC.....	39
Figura 10 - Solo coberto por gramíneas próximo ao lago. ....	40
Figura 11 - Mapa de fragilidade ambiental do PZBAC. ....	42
Figura 12 - Área com cobertura vegetal densa em topo plano no PZBAC.....	43
Figura 13 - Terreno suavemente ondulado, em frente à sementeira.....	43
Figura 14 - Margem do Riacho Tambiá, área de fragilidade média.....	44
Figura 15 - Vegetação arbórea ao fundo, a montante do lago. ....	45
Figura 16 - Área de fragilidade média próxima à administração do PZBAC. ....	45
Figura 17 - Área com forte declive por trás do antigo restaurante no PZBAC.....	47
Figura 18 - Calçamento desprendendo-se devido a processos erosivos em áreas íngremes. ....	48
Figura 19 - Área de solo exposto que se caracteriza de alta fragilidade .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de fragilidade atribuídos às declividades do PZBAC .....	30
Tabela 2 – Valores de fragilidade atribuídos aos solos do PZBAC .....	30
Tabela 3 – Valores de fragilidade atribuídos ao uso e ocupação do solo no PZBAC .....	31
Tabela 4 – Distribuição da declividade no PZBAC .....	32
Tabela 5 – Distribuição dos solos no PZBAC .....	34
Tabela 6 – Distribuição do Uso/Ocupação do solo no PZBAC.....	37
Tabela 7 – Distribuição da fragilidade ambiental na área de estudo .....	41

# SUMÁRIO

## LISTA DE FIGURAS

## LISTA DE TABELAS

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>11</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	11
1.1.2 Objetivos Específicos .....	11
<b>1.2 Área de Estudo .....</b>	<b>12</b>
1.2.1 Aspectos ambientais .....	12
1.2.2 Localização .....	12
1.2.3 Histórico do Parque Zoobotânico Arruda Câmara.....	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Os Parques Urbanos em Contraponto à Urbanização Exacerbada.....</b>	<b>15</b>
2.1.1 Parque Zoobotânico .....	17
<b>2.2 Análise Integrada da Paisagem .....</b>	<b>18</b>
2.2.1 Fragilidade Ambiental.....	20
<b>2.3 O Uso de Técnicas de Geoprocessamento na Análise Ambiental .....</b>	<b>21</b>
2.3.1 Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	22
2.3.1.1 Álgebra de Mapas .....	25
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 Coleta de Dados.....</b>	<b>26</b>

<b>3.2 Seleção das Variáveis e Processamento dos Dados.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Ponderação dos Mapas.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4 Cruzamento dos Dados.....</b>	<b>31</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Mapa de Declividade.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Mapa dos Tipos de Solos.....</b>	<b>34</b>
<b>4.3 Mapa do Uso e Ocupação do Solo .....</b>	<b>37</b>
<b>4.4 Mapa de Fragilidade Ambiental do Parque.....</b>	<b>40</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os estudos de fragilidades dos ambientes naturais pressupõem o modelo de estudo integrado, sob as relações sociedade-natureza, que devem ser analisados e entendidos no contexto da sua totalidade, considerando os componentes naturais e sociais, uma vez que, a integração efetiva destes componentes se dá no próprio território.

O homem, no decorrer da história, atuou nos sistemas naturais, modificando-os de acordo com suas necessidades, alterando o equilíbrio entre os seres vivos e ambiente físico, ao mesmo tempo em que construía o espaço geográfico (LUCCI, 1997). As constantes intervenções dos seres humanos no meio ambiente natural ocasionam alterações nos diferentes componentes que o formam, afetando a funcionalidade do sistema, e induzindo a graves problemas ao ambiente natural e a própria sociedade, em longo prazo.

Porém, observa-se nas últimas décadas, uma preocupação com questões ambientais e, como forma de minimizar os desequilíbrios ambientais e garantir a conservação da diversidade biológica, dentre outras soluções, vem se enfatizando a criação de áreas protegidas, como as unidades de conservação e os parques urbanos.

No ambiente urbano, o objetivo principal dos parques, segundo Ross (2009) é preservar áreas verdes, que diminuem cada vez mais nos grandes centros, proporcionando assim locais de lazer à população. Observa-se que, os parques urbanos contribuem para uma melhoria na qualidade de vida nos grandes centros urbanos, exercendo funções ecológica, estética e de lazer, conforme bem ressalta Lima (1994).

Nesta perspectiva, no município de João Pessoa encontra-se inserido o Parque Zoobotânico Arruda Câmara (PBZAC). Esse parque é uma área remanescente da Mata Atlântica, onde há também um zoológico com espécies animais da fauna silvestre e exótica. Segundo o Código Municipal de Meio Ambiente de João Pessoa (Lei 029/2002; Art.26 III), o parque está incluído na Zona Especial de Conservação, respeitando as condições especiais de uso, tais como conservação, educação e lazer.

Diante da relevância da preservação e manutenção das funções ecológicas do PZBAC para o contexto urbano, este estudo vem caracterizar o meio físico e

identificar áreas de fragilidade ambiental da unidade, com o propósito de subsidiar a adoção de práticas conservacionistas, adequação de usos e intervenções antrópicas, de forma a minimizar e prevenir o surgimento de problemas relacionados à qualidade ambiental do PBZAC.

Em conformidade com Ross (2009), só com o dimensionamento e esclarecimento sobre as relações de dependência entre os componentes naturais e as inserções dos seres humanos é que se torna possível a adoção de práticas conservacionistas e de políticas de recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável.

Sob a ótica da análise integrada, este trabalho adapta a metodologia desenvolvida por Ross (1994), sobre estudos de fragilidade ambiental em âmbito nacional, na qual se fundamenta no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as componentes físicas, bióticas e sócio-econômicas. A partir disso, propõe-se obter o estudo de fragilidade ambiental do PZBAC, através da análise integrada das variáveis ambientais (declividade, solos, uso/ocupação do solo), com o apoio de técnicas de Geoprocessamento.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Analisar a fragilidade ambiental e o meio físico do Parque Zoobotânico Arruda Câmara mediante o uso de técnicas de Geoprocessamento e modelagem ambiental.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Realizar um levantamento do meio físico e das variáveis ambientais do Parque Zoobotânico Arruda Câmara;
- Analisar os aspectos físicos ambientais do Parque Zoobotânico Arruda Câmara;
- Delimitar e analisar a fragilidade ambiental do Parque Zoobotânico Arruda Câmara.

## 1.2 Área de Estudo

### 1.2.1 Aspectos ambientais

O município de João Pessoa está inserido em uma região de clima tropical quente úmido, com chuvas abundantes (média anual de 1.800 mm/ano). Durante o período outono-inverno, a temperatura média anual de 26°C e umidade relativa do ar de 80%. A essas características climáticas corresponde uma vegetação como campos de várzeas, formações florestais (matas e mangues), e vegetação de praias (RODRIGUEZ, 2000).

O PZBAC é uma área remanescente do Bioma Mata Atlântica, constitui um ecossistema florestal denominado Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (PMJP, 2006).

O Parque apresenta topografia acidentada, pertencente ao Baixo Planalto Costeiro, emoldurado pelos sedimentos Plio Pleistocênicos da Formação Barreiras, e na parte norte está sob Planícies Inundáveis formadas por Depósitos Colúvio-Aluviais.

### 1.2.2 Localização

O Parque Zoobotânico Arruda Câmara (PZBAC) está localizado entre as coordenadas 292670mE e 293330mE e entre as coordenadas 9213107mN e 9214100mN, mais precisamente na porção norte do município de João Pessoa (Figura 1). De acordo com a base cadastral do município, o PZBAC está inserido no bairro do Róger, um dos bairros mais antigos da cidade.

O PZBAC abrange atualmente uma área de 21,8 ha, dentro do espaço urbano de João Pessoa, revelando-se de grande importância para a população urbana, uma vez que proporciona um contato maior com a natureza, assegurando o bem estar público.

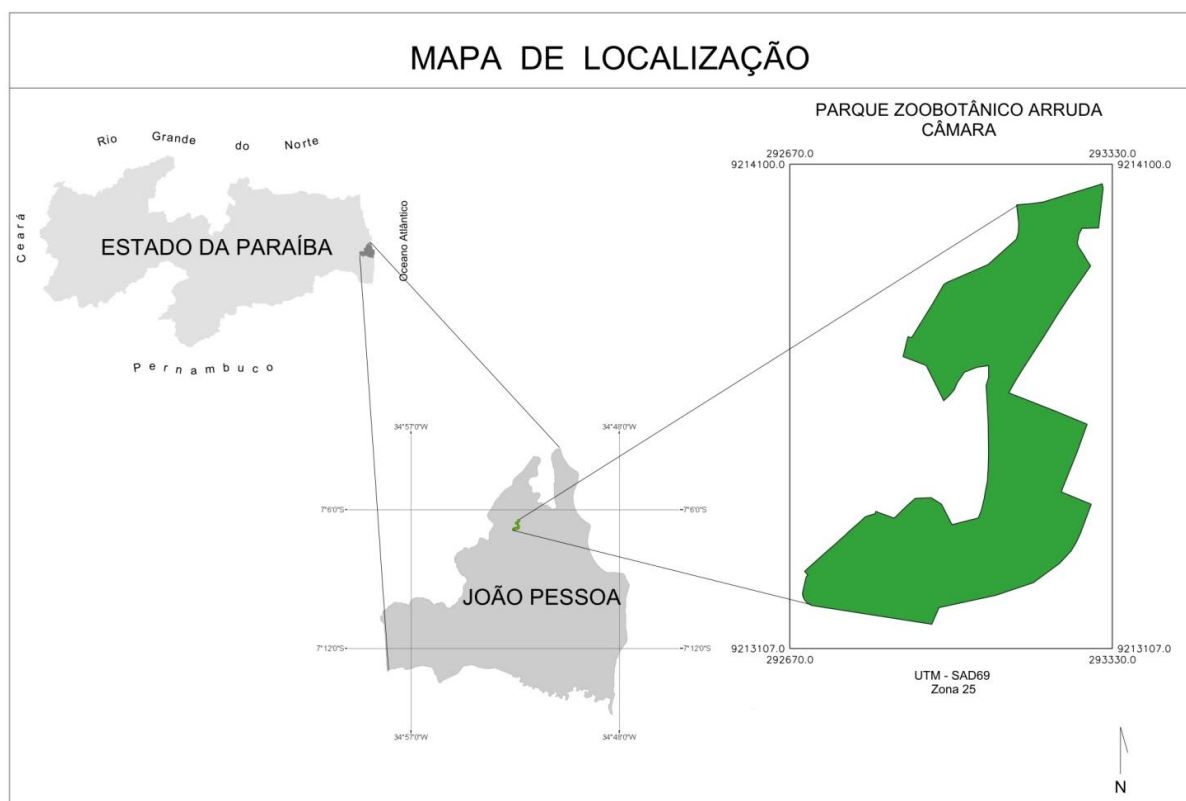


Figura 1- Localização geográfica do Parque Zoológico Arruda Câmara.

### 1.2.3 Histórico do Parque Zoológico Arruda Câmara

O PZBAC surge em torno de uma fonte de águas cristalinas. Essa fonte vinha servindo para o abastecimento de água, de uma parte da população da cidade, desde sua fundação, através de uma bica de madeira, conhecida como “Bica de Tambiá”. Diante da importância que exercia sobre a cidade, em 1782, a Provedoria da Fazenda autorizou a edificação de uma fonte, em substituição à bica de madeira.

A área em torno da fonte pertencia a sítios particulares, foi descrita por Medeiros (1994) como “(...) Cerrado de pujante arvoredos que protegia a água puríssima que escoava abundante para a bica, água deliciosa e fresca, a mais potável de todas que emergem do sopé da colina onde assenta a capital”. E com a construção da fonte, iniciaram-se sucessivas desapropriações, o que viria a caracterizar seus atuais limites.

Em 1889, na administração de Gama-Roza, então Presidente da Província da Paraíba, a fonte foi reconstruída, em pedra sabão. Entre 1921 e 1922, no governo do prefeito Walfredo Guedes Pereira, a área do engenho de Paul, é adquirida pela

Prefeitura Municipal. Este prefeito, tinha a pretensão de criar um logradouro público, nos terrenos pertencentes à Fonte Tambiá. Assim tornou-lhe mais acessível, abrindo vias, colocando bancos, enfim, urbanizando-o.

Com a ampliação, em torno da Fonte do Tambiá, foi possível a criação do Parque Arruda Câmara (homenagem ao frade carmelita e naturalista Manoel Arruda Câmara), através do decreto nº 37 de agosto de 1921, com inauguração em 24 de dezembro de 1922.

Nesta época, implanta-se no mesmo um pequeno zoológico com animais nativos. A mata é enriquecida com o plantio de novas espécies da flora tropical e a fonte restaurada.

Em 1930, implanta-se nele a primeira sementeira da capital. No ano de 1999, foi registrado junto ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como Parque Zôo Arruda Câmara. E em 2006, passa a ser denominado de Parque Zoobotânico Arruda Câmara, pois exprime a verdadeira vocação do Parque, que além de exposição de animais, produz mudas e estimula o reflorestamento.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Os Parques Urbanos em Contraponto à Urbanização Exacerbada**

O homem no decorrer da história atuou nos sistemas naturais, modificando-os de acordo com suas necessidades, alterando o equilíbrio entre os seres vivos e ambiente físico, ao mesmo tempo em que construía o espaço geográfico (LUCCI, 1997).

Com a Revolução Industrial, em meados do século XVIII, ocorreu um aumento populacional significativo e a intensificação do processo de urbanização. Por conseguinte, a interferência humana nos sistemas naturais passou a ocorrer num ritmo acelerado, em proporção cada vez maior, iniciando-se, assim, uma época em que a degradação ambiental passou a predominar.

Somente em meados do Século XX (anos 60), os problemas de ordem ambiental passaram a ser encarados como algo extremamente grave, emergindo no mundo uma consciência ecológica.

Como forma de minimizar os desequilíbrios ambientais e garantir a conservação da diversidade biológica, vem se enfatizando a criação de áreas protegidas, revelando-se estas como os principais ícones de defesa do meio ambiente.

De acordo com Lucci (1997), o espaço urbano é o local onde ocorreram as mais profundas agressões ao meio natural, assim como é o responsável pela origem de um grande número de problemas ambientais, tais como alterações climáticas em escalas locais, poluição das águas e do ar, efeito estufa local e global, impermeabilização do solo e enchentes.

Nos dias atuais, 80% da população brasileira vive nas zonas urbanas (IBGE, 2000), ficando a mercê dos problemas anteriormente citados, tendo em vista a não sustentabilidade do desenvolvimento, ainda, no país. A relação qualidade de vida e problemas ambientais, inversamente proporcionais, indica, desta forma, diminuição da primeira, uma vez que índices elevados de degradação ambiental predominam.

O parque surge como possível forma de encontrar o equilíbrio entre o processo de urbanização e a preservação do meio ambiente, contribuindo para uma melhor qualidade de vida no meio ambiente urbano. Neste sentido, Silva e Ferreira

(2003) destacam a importância dos parques ao relatar que a presença de parques no espaço urbano visa minimizar a deterioração da qualidade de vida e os processos de degradação ambiental por meio da manutenção das condições bióticas, favoráveis ao conforto térmico, à saúde e ao bem estar da população e da vida biológica nas cidades, além de oferecer um local para lazer.

Segundo Ross (2009) os parques cumprem um importante papel no lazer da população urbana e representam em muitos casos as manchas mais significativas de áreas verdes das cidades. O parque no ambiente urbano vem de encontro a questão de preservação ambiental e ao lazer da população urbana.

Os parques estabelecidos em nível municipal, tem definição nem sempre precisa, existindo diversas linhas que o conceituam, isso porque o papel assumido pode ser diverso e/ou restrito. Alguns autores referem-se a parque como espaços de lazer de pequeno porte, medindo 1 hectare ou um pouco mais, cercados, que tenham instalações de lazer e alguma vegetação. Outros consideram parque todo espaço público de lazer ou de conservação que contém vegetação, qualquer que seja o seu porte, podendo ter poucos ou milhares de metros quadrados.

Desta maneira, o que os diferenciam são as funções que lhes são atribuídas e os equipamentos neles instalados, podendo assumir funções como as de conservação e pesquisa de recursos naturais, esportivas e de lazer, contrapondo-se ao princípio de que tinham apenas a função de contemplação.

Assim, as funções requalificam os parques, atribuindo-lhes adjetivos, como por exemplo: parque ecológico, parque temático, parque zoobotânico. O parque foi evoluindo ao passar do tempo, juntamente com os princípios ambientais e sociais adquiridos com a expansão urbana. Passando a atender às necessidades das massas urbanas e questões ambientais.

Em João Pessoa, recentemente foi instituído o Sistema Municipal de Áreas Protegidas (SMAP), através da Lei 12.101/2011, “que define e estabelece critérios e normas para criação, implantação e gestão das unidades de conservação da natureza e dos parques municipais de João Pessoa” (Art. 1º).

Esta Lei trata o termo “parque municipal” como espaço territorial urbano ou rural, com equipamentos sociais, que permitem atividades de lazer, cultura, educação e a preservação do patrimônio ambiental, cultural e similares, legalmente instituído pelo Poder Público, ao qual se aplicam garantias de proteção e gestão (Art. 2º, XI, Lei 12.101/2011).

Os parques municipais integrantes do SMAP classificam-se nas categorias: Linear; de Requalificação ambiental; Temático Urbano e Rural.

### 2.1.1 Parque Zoobotânico

Um Parque Zoobotânico é qualquer coleção de plantas ou animais vivos, exposta, em uma determinada área, para visita pública (PARAÍBA, 2003). Os parques zoobotânicos podem ser administrados por instituição pública ou privada.

Através da pesquisa documentária a respeito desta categoria de parque, foi observado que ao abrigar e expor animais e plantas para os visitantes, os parques zoobotânicos exercem importantes funções tais como: conservação de animais e de plantas, pesquisa em animais e em botânica, educação ambiental e lazer. Relatam-se a seguir, as principais funções dos parques zoobotânicos:

- **Conservação de Animais** - Habitats de diversos animais são afetados pelo aumento da poluição e desmatamento, conseqüência da urbanização, por este motivo para alguns animais a única forma de evitar a extinção é viver em cativeiro nos parques.
- **Pesquisa em Animais** - Os zoológicos têm como grande função a pesquisa em animais, auxiliando no aprendizado sobre reprodução, estilos de vida e na preservação dos mesmos.
- **Conservação de Plantas** - Compreende a conservação de plantas ameaçadas de extinção. Segundo especialistas, quando a conservação se dá fora da natureza a preocupação está voltada para as espécies e não com um habitat inteiro.
- **Pesquisa em Botânica** - Compreende basicamente o estudo taxonômico das plantas.
- **Educação Ambiental** - É de extrema importância para a conscientização das pessoas, mostrando a importância da conservação da biodiversidade, incluindo as espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção.
- **Lazer** - Estes parques se tornam, naturalmente, um espaço de lazer para a população urbana, uma vez que nas cidades há carência de espaços ao ar livre para o lazer em massa.

Dentro do SMAP (Lei 12.101/2011), o Parque Zoobotânico enquadra-se no conceito de Parque Temático Urbano, que possui o objetivo de proporcionar espaços de convivência social e lazer por meio de atividades contemplativas, culturais e educativas baseadas em aspectos de relevância natural, cultural, educativa, histórica e geográfica (Art. 19.).

## 2.2 Análise Integrada da Paisagem

A partir dos anos 80, a Geografia Física das paisagens começou a ser denominada de Ecogeografia ou Geoecologia. A Ecogeografia foi desenvolvida principalmente pela escola de Jean Tricart. O livro *Ecodinâmica*, de 1977, traz um novo modo de ver a natureza e a sociedade por uma abordagem integrada, sobretudo em questões da natureza sob os efeitos da sociedade.

Esta proposta metodológica é adotada nos estudos de Geografia aplicada ao planejamento. Está alicerçada na Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy, que já estava sendo bastante utilizada em diversas disciplinas e que passou a ser difundida na geografia a partir dos estudos de Tricart.

O sistema pode ser entendido como um todo complexo, organizado, formado pelo conjunto ou combinação de objetos ou partes, e traz a ideia de unidade, integridade.

Para Drew (2005, p.21):

O funcionamento da Terra é como sendo o de um de sistema gigantesco. Um sistema é um conjunto de componentes ligados por fluxos energia e funcionando como uma unidade. (...) Se o sistema recebe energia do exterior e devolve energia, diz-se que é um sistema aberto. Se a energia, e conseqüentemente a massa, são retidas dentro do sistema, diz-se que é um sistema fechado.

Mas a Terra pode ser dividida em vários subsistemas, que se interagem formando este complexo sistema. Com base na visão sistêmica, Tricart apresenta o conceito de ecodinâmica que é o estudo da dinâmica dos ecotópos. A dinâmica do meio ambiente dos ecossistemas é tão importante quanto à dinâmica das

biocenoses para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos. E, para ele a morfodinâmica é o elemento determinante de uma unidade ecodinâmica, a exemplo, do campo de dunas, que somente pode se formar sobre material arenoso, no qual possui uma dinâmica que resulta numa biocenose limitada. Enfocando as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente.

A energia que move a Terra provém da gravidade, do âmago da Terra e de seu próprio movimento da Terra, mas em grau muito superior do Sol, através da radiação solar. A energia solar que através da atmosfera alcança a Terra se distribui de forma variada e irregular. Para Tricart (1977), a energia da radiação influencia diferenciadamente, direta ou indiretamente, nos níveis da baixa atmosfera, da parte aérea da vegetação, da superfície dos solos e da parte superior da litosfera. Desta forma, entende-se que a dinâmica natural estabelece os ambientes naturais e determina a organização do espaço.

Desenvolvendo ainda o conceito de Ecogeografia, Tricart inclui o homem nos sistemas naturais, com a explanação:

Desde a lenta aparição do homem como espécie animal, os ecossistemas foram por ele modificados, assim como ele é influenciado em seu desenvolvimento físico, e até intelectual, pelo meio ambiente, ou seja, pelos demais componentes do ecossistema do qual participa (TRICART, 1977, p.17).

Ratificando as relações de reciprocidade e interdependência entre o homem e natureza, uma vez que o homem faz parte da natureza e assim, é um componente do sistema, e ampliando o entendimento da relação sociedade-natureza.

O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente (TRICART, 1977). Este conceito traz uma metodologia para os estudos do meio ambiente, pois o meio ambiente em si tem caráter dinâmico e requer uma visão de conjunto, e ser analisado de maneira integrada.

### 2.2.1 Fragilidade Ambiental

A necessidade de elaboração de estudos analíticos a respeito da composição do estrato geográfico contribui para o conhecimento das correlações existentes entre os componentes desse estrato e auxilia na tomada de decisões voltadas, sobretudo ao planejamento ambiental.

Os estudos integrados de um determinado território, como os de vulnerabilidades e fragilidades dos ambientes naturais, pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem intervenções.

Os processos naturais são comandados pelos fluxos de energia e matéria entre os componentes, porém, são alterados pelas ações do homem, pois as intervenções alteram as intensidades dos fluxos energéticos, e com isso, geram impactos na natureza. Ross (1994) relata que, a maioria dos ambientes naturais, salvo algumas regiões do planeta, mostram-se em equilíbrio dinâmico até serem submetidos à exploração de recursos naturais. Entretanto, a fragilidade dos ambientes naturais diante das intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas, porque há ambientes cuja associação de fatores físicos favorece a fragilidade, mesmo sem intervenções humanas.

A intensidade das alterações inadvertidas depende em primeiro lugar do esforço (ou tensão) aplicado ao sistema pelo homem e, em segundo lugar, do grau de suscetibilidade (sensibilidade) a mudança do próprio sistema (DREW, 2005).

Ainda segundo Drew (2005), todo sistema natural possui um elo fraco em que o mínimo de acréscimo de tensão traz consigo alterações no conjunto do sistema. Cada sistema natural possui um elo de força variável, ou pontos vulneráveis do meio físico, onde o mínimo de força produz o máximo de resultados, como por exemplo, é muito mais fácil chegar a uma alteração na biosfera, por alteração na vegetação do que em outros fatores no solo ou clima. Alguns sistemas naturais também se desintegram com maior facilidade que outros.

Desta forma, fica claro que aliados aos processos naturais é cada vez mais significativa a ação do homem sobre os processos naturais. Por isso, a relevância de se conhecer as características dos ambientes naturais e identificar as suas fragilidades, visto que o homem é parte do meio e sempre atuará neste, comumente acarretando problemas ambientais comprometendo o futuro dos recursos naturais essenciais a vida na Terra.

Os problemas ambientais são muitos, decorrentes de práticas de exploração predatória, desperdício dos recursos naturais, degradação generalizada com a perda de qualidade ambiental e de vida, assim, torna-se cada vez mais urgente o planejamento físico-territorial com perspectiva econômico-social e também ambiental, com adequação das diferentes inserções antrópicas na natureza as potencialidades dos recursos naturais e as fragilidades dos ambientes naturais.

A metodologia proposta por Ross (1994) sobre “análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados”, identifica diferentes graus de fragilidade ambiental apoiada em levantamentos básicos de geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima.

A classificação de fragilidade é obtida pela análise integrada de variáveis, por uma associação de dígitos arábicos. A associação numérica apresenta um dígito para cada variável (dissecação do relevo, solos, cobertura vegetal) e esse dígito representa a intensidade, por exemplo, para dissecação do relevo (1 a 5), ou para susceptibilidade a erosão do solo (1 a 5) do menos susceptível ao mais susceptível, cobertura vegetal (1 a 5) variando mais protetora e menos protetora. Obtendo-se conjuntos numéricos que combinam entre si diversas variáveis ambientais.

### **2.3 O Uso de Técnicas de Geoprocessamento na Análise Ambiental**

Ao mesmo tempo em que a área da informática desenvolveu-se, a informação espacial pôde ser automatizada, e técnicas de processamento e manipulação desta informação avançaram, surgindo o Geoprocessamento, conceituado por Câmara e Davis (2001) como conjunto de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Outra definição mais minuciosa dada por Rocha (2000), o Geoprocessamento é definido como sendo uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações, associadas a mapas digitais georreferenciados.

O Geoprocessamento compreende um conjunto de etapas envolvendo a coleta de dados, através de cartografia, fotogrametria, sensoriamento remoto,

levantamento de campo, entre outros; o armazenamento; o tratamento; e o uso integrado dos dados geográficos.

Por possuir caráter multidisciplinar, o geoprocessamento vem sendo usado de forma crescente, pois se aplica a diversas áreas do conhecimento, desde que manipule dados ou informações vinculadas a um determinado lugar no espaço. Contribuindo em diversos setores como administração municipal, planejamento, mapeamentos, monitoramento de fenômenos terrestres, fenômenos sociais, saúde, logística, entre outros.

Na análise ambiental o meio ambiente é visto a partir de uma visão sintática da realidade que nos cerca, visão esta composta por diversos conhecimentos.

Para Xavier-da-Silva (2000), o conceito de ambiente como sistema não considera apenas os processos geradores de fenômenos ambientais, mas também traz, imediatamente, a necessidade de identificação de características importantes do ambiente, como a posição geográfica, a extensão territorial (que conduzem ao conceito de forma) e a relações topológicas e funcionais.

A visão sistêmica torna-se operacional através do Geoprocessamento. Uma vez que, as informações dos sistemas naturais podem ser espacializadas, sendo uma nova forma de contato com estes dados, e analisadas de forma integrada. Mas, além de novos métodos de análise, o Geoprocessamento contribui com novas formas de coletas de dados.

### 2.3.1 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Dentre as várias técnicas e ferramentas utilizadas no Geoprocessamento, podemos considerar o SIG (Sistema de Informação Geográfica) como a mais revelante ferramenta, por suas características e multiciplidade de usos, como podemos observar a seguir.

Goodchild (1985 apud ROCHA, 2000) define SIG como sendo um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, e analisar informações referentes às relações em uma natureza geográfica.

A partir de diversos conceitos, Câmara e Queiroz (2001) citam as principais características dos SIG:

- Inserir e integrar, numa base única de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

A característica dos SIG de comportar dados de diversas fontes confere a eles a multiplicidade de usos, adequando-se a diversas questões de natureza espacial. E, uma vez que, possibilitam integrar, combinar dados entre si, podemos explicar e visualizar relações espaciais, representá-las e apresentá-las em forma de mapas. Desta maneira, Lang (2009) destaca que por meio do SIG, informações genéricas (dados brutos) podem ser transformadas em informações úteis e politicamente relevantes.

O que distinguem os SIG de outros sistemas que tratam a informação geográfica, a exemplo dos sistemas CAD<sup>1</sup>, são as funções que realizam de análise espacial. No ambiente SIG existem dois tipos de dados a serem armazenados: os dados gráficos (dados espaciais) e os não-gráficos, também conhecidos como alfanuméricos.

Nos dados gráficos, existem duas formas a serem consideradas para a representação computacional que são o formato vetorial e o matricial.

- a) Formato vetorial: é adequado para representar objetos espacialmente discretos. A estrutura é composta por ponto, linha e polígono, que são representadas por pares de coordenadas (x e y ou longitude e latitude), sobre qualquer sistema de coordenadas. O ponto pode representar, por exemplo, localização de poços artesianos. A linha pode representar rios e estradas. O polígono pode representar feições de áreas, tais como tipos de vegetação, propriedades, distritos, etc. Na Figura 2 é exemplificada a representação de um mapa do mundo real através da estrutura do formato vetorial, utilizando as feições ponto e linha para representar respectivamente casas, rio e estrada.

---

<sup>1</sup> CAD (*Computer Aided Design*): criados para facilitar projetos de engenharia e arquitetura, porém, são bastante utilizados na cartografia, pois permitem a representação precisa de linhas e formas, o que facilita a digitalização de mapas.

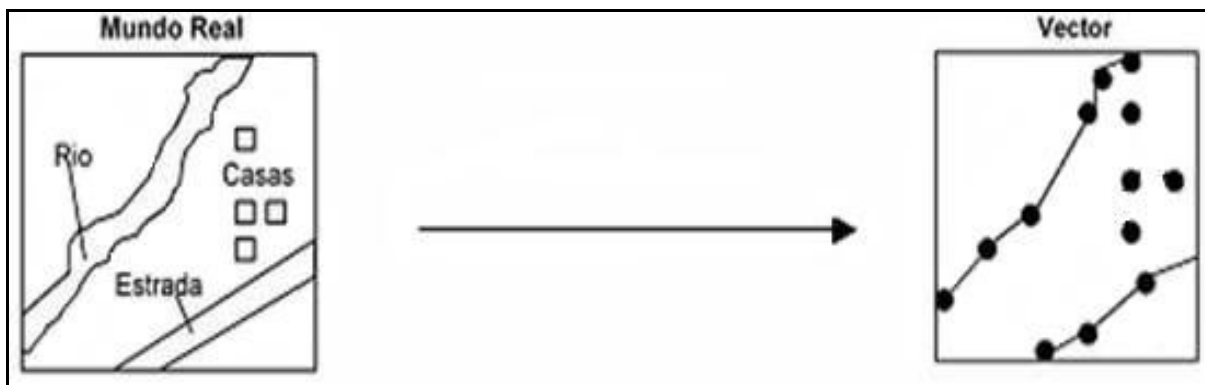


Figura 2 - Representação de um mapa através da estrutura vetorial  
Fonte: Silva (2009).

- b) No formato matricial, os dados são representados em uma matriz de células composta por  $m$  colunas e  $n$  linhas. Cada célula da matriz é denominada de *pixel* (*picture element*). Onde cada pixel possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado. Na Figura 3, pode ser observada a representação do mundo real neste formato.

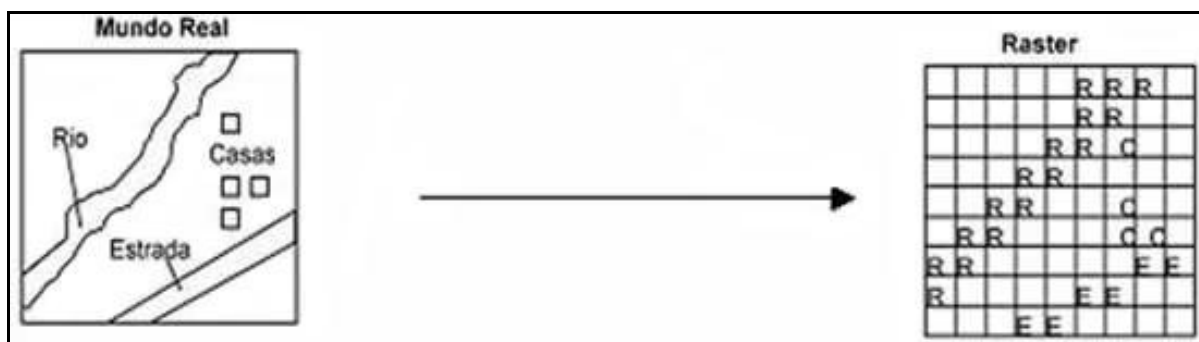


Figura 3 - Representação de um mapa através da estrutura matricial  
Fonte: Silva (2009).

No que diz respeito aos dados alfanuméricos, eles constituem os atributos, em meio tabular, referentes aos dados gráficos. Fornecem informações qualitativas ou quantitativas aos dados gráficos.

### 2.3.1.1 Álgebra de Mapas

O termo “álgebra de mapas” foi posto por TOMLIN, em 1990, para indicar o conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas (BARBOSA et al., 1998).

A álgebra de mapas envolvem operações tanto de cunho matemático quanto de cunho cartográfico e espacial. Segundo Barbosa et al. (1998), estas operações podem ser agrupadas em três classes:

- **Pontuais:** Resultam em mapas cujos valores são em função apenas dos valores do mapa de entrada em cada localização correspondente. Podem operar apenas em um mapa, exemplo: “fatiar” um modelo numérico do terreno; ou em vários conjuntos espaciais, exemplo: “Atribuir” valores de vulnerabilidade a unidades territoriais, através de uma operação de aritmética simples.
- **Vizinhança:** Resultam em mapas cujos valores dependem da vizinhança da localização considerada. Exemplos: Interpolação espacial para grades numéricas; Filtros de processamento de imagens; Cálculo de declividade de um MNT.
- **Zonais:** São definidas sobre regiões específicas de um mapa de entrada, onde as restrições são fornecidas por outro mapa. Exemplo: com base em um mapa de solo e um de declividade da mesma região, obtêm-se a declividade média para cada tipo de solo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta de Dados

Essa etapa consistiu na aquisição e compilação de material bibliográfico para a construção o referencial teórico e procedimentos operacionais, e na aquisição de material cartográfico já existente. Os dados cartográficos utilizados neste trabalho foram:

**Base cartográfica do Parque:** A base cartográfica do Parque foi cedida pela Secretaria de Meio Ambiente do município de João Pessoa. A base de dados foi obtida por levantamento topográfico no ano de 2005, encontra-se no sistema de projeção UTM - Universal Transversa de Mercator, Zona 25, Datum SAD-69, em arquivo de extensão *shapefile* (.shp) e é composta pelo limite do parque, edificações internas (recintos dos animais, edificações administrativas), vias de circulação, hidrografia (rios e lagos) e curvas de nível.

**Imagem de Satélite:** Imagem de alta resolução espacial do Satélite Quickbird, de 2008, fusão de 3 bandas multiespectrais com resolução de 2,4 m e 1 banda pancromática com resolução espacial de 0,60 m. Foi cedido um recorte abrangendo a área do PZBAC pela Prefeitura Municipal de João Pessoa.

**Mapa de solo da área:** em formato *shapefile* (shp). Organizado por Silva (2009).

#### 3.2 Seleção das Variáveis e Processamento dos Dados

A modelagem da fragilidade do Parque relaciona o meio físico com o uso antrópico. As variáveis foram escolhidas de acordo com o potencial de demonstrar a fragilidade ambiental do parque, tendo como base a proposta metodológica de Ross (1994), em “Análise empírica dos ambientes naturais e antropizados”, assim foram: declividade, tipos de solos e uso e ocupação do solo.

Na construção dos produtos intermediários que são as variáveis do mapa síntese de fragilidade, foi utilizado software ArcGis 9.3 para edição, criação e processamento dos dados.

#### a) Declividade

Para gerar a declividade da área foram utilizadas curvas de nível com equidistância de 1m, a cota mínima de altitude é 3m e a cota máxima é 45m, sendo que as curvas extrapolam a área do parque (Figura 4). No ArcGis, as curvas no formato shp foram interpoladas gerando uma grade triangular (TIN - *Triangular Irregular Network*), estrutura tipo vetorial, compostas de arcos (arestas) e nós (vértices), que representam a superfície através de faces triangulares interligadas (ROCHA, 2000), em seguida gerou-se o *Slope*, a declividade em porcentagem, e foi reclassificada em 5 classes de declividade.

As cinco classes de declividade definidas foram: menor que 6%, de 6 a 12%; de 12 a 20%, de 20 a 30%, e maior que 30%. De acordo com a classificação proposta por Ross (1994), classes estas adaptadas dos intervalos já consagrados nos estudos de uso/aptidão agrícola e associados com os conhecidos valores limites críticos da geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações.

#### b) Solos

Devido à insuficiência de dados pedológicos mais detalhados do município, o mapa de solos da área de estudo foi obtido com base no Levantamento Exploratório dos Solos do Estado da Paraíba (SUDENE, 1972) e no novo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999), através da inter-relação com a topografia do Parque, técnica esta chamada de topossequência (SILVA, 2009).

Bocquier (1973 apud Silva, 2009) definiu topossequência como uma sequência de diversos tipos de solos, distribuídos de maneira regular e sistemática na paisagem, de acordo com a topografia sobre um mesmo material de origem. Os tipos de solos encontrados na área do Parque de acordo com Silva (2009) são os Latossolos (Latosolos amarelos); Argissolos (Podzólicos vermelhos-amarelos); os Neossolos (Solos aluviais).

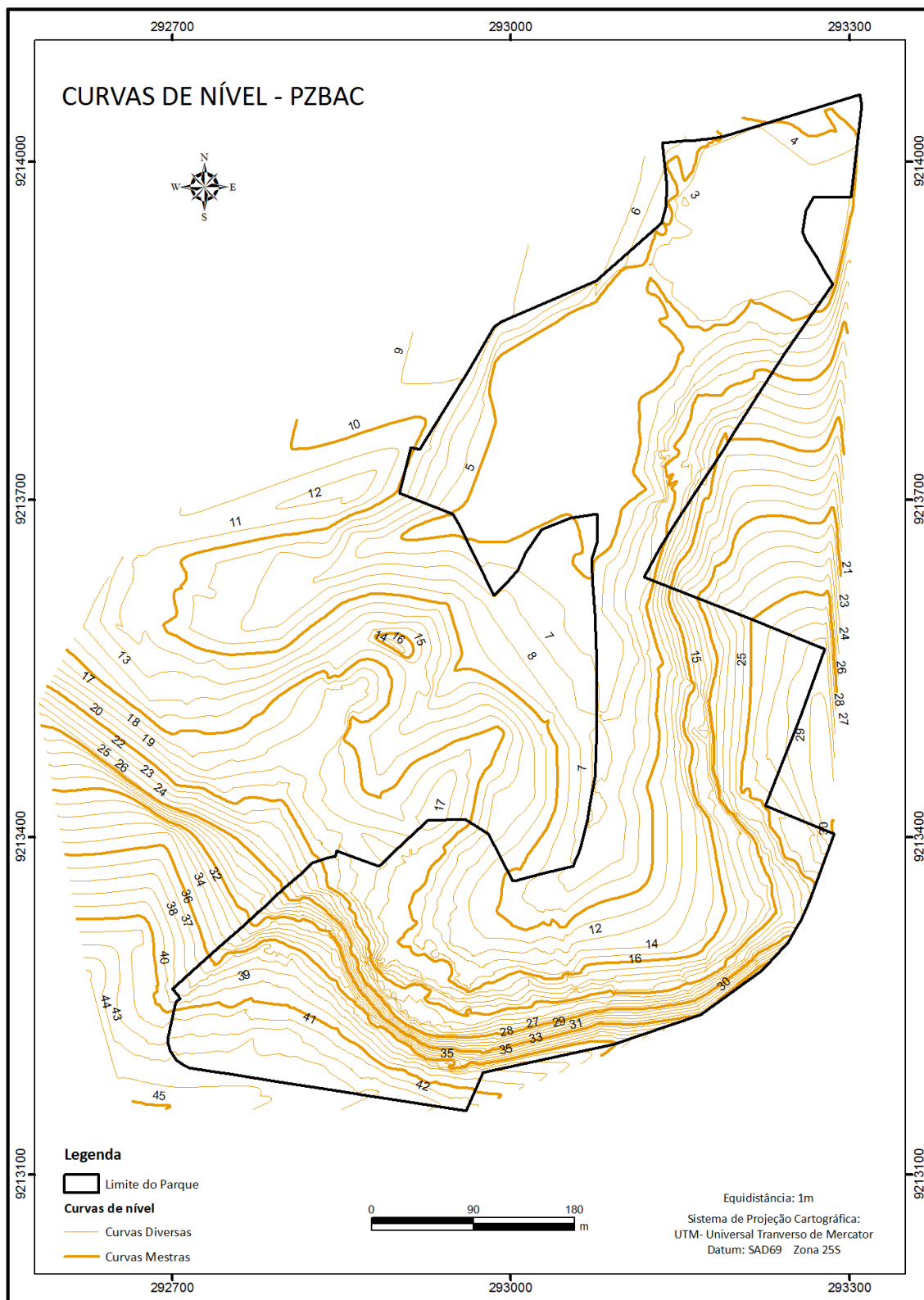


Figura 4 - Delimitação das curvas de nível da área do PZBAC.

### c) Uso e ocupação do solo

O levantamento do uso e ocupação do solo foi feito a partir da Imagem de Satélite Quickbird, ano 2008, utilizando-se a técnica de vetorização manual em tela, identificando e individualizando as entidades e categorias, com apoio da base cartográfica e visita de campo.

Foram obtidas as seguintes classes: água, vegetação arbórea, arbórea-arbustiva, gramíneas, área construída, vias, solo exposto.

## 3.3 Ponderação dos Mapas

A ponderação consiste em obter de um campo temático um campo numérico, de tal modo que cada local de uma área de estudo fique associado a um valor indicando o peso de cada classe temática, diante de uma operação quantitativa que se deseje modelar. Este processo automático foi feito no ArcGis.

A ponderação dos mapas apoiou-se na metodologia de Ross (1994), onde cada uma das classes temáticas é hierarquizada em graus de fragilidade que variam entre: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, devem receber valores de ponderação de 1 a 5 respectivamente, sendo que (1) representa a classe menos frágil ou menos susceptível e (5) a classe mais frágil ou susceptível, e valor 0, incluso neste trabalho, onde a fragilidade é ausente/nula. A seguir relata-se de forma detalhada a hierarquização e ponderação das classes temáticas.

### a) Declividade

A ponderação das classes da declividade segue a hierarquização definidas por Ross (1994). Os valores atribuídos para a ponderação na escala de 1 a 5, que quanto maior o declive, maior a fragilidade, pois mais susceptível a erosão torna-se a superfície (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de fragilidade atribuídos às declividades do PZBAC.

<b>DECLIVIDADE</b>	<b>FRAGILIDADE</b>	<b>VALORES ATRIBUÍDOS</b>
< 6%	Muito Baixa	1
6 – 12%	Baixa	2
12 – 20%	Média	3
20 – 30%	Alta	4
> 30%	Muito Alta	5

## b) Solo

Para critério de hierarquização e ponderação da variável ambiental solo, utilizou-se como base de comparação proposta por Ross (1994), e adaptada para as classes de solo encontradas no PZBAC. Nessa classificação foram analisadas as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. A fragilidade quanto à erodibilidade dos solos, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais. A Tabela 2 mostra os valores atribuídos a cada classe de acordo com a fragilidade definida. Como só possuem os graus de fragilidade, Baixa, Média e Muito Alta, os valores atribuídos são referentes aos graus citados.

Tabela 2 – Valores de fragilidade atribuídos aos solos do PZBAC

<b>SOLO</b>	<b>FRAGILIDADE</b>	<b>VALORES ATRIBUÍDOS</b>
Latosolos Amarelos	Baixa	2
Argissolos Vermelhos Amarelos	Média	3
Solos Aluviais	Muito Alta	5

## c) Uso e Ocupação do solo

Para a ponderação das classes levamos em consideração conhecimentos difundidos no meio acadêmico (estudos e pesquisas do meio físico e de fragilidade ambiental como Maganhotto et. al. (2008), Amaral (2009)). A Tabela 3 apresenta a classificação hierárquica para os valores de fragilidade atribuídos ao uso e ocupação do solo no PZBAC (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores de fragilidade atribuídos ao uso/ocupação do solo no PZBAC

USO/OCUPAÇÃO DO SOLO	FRAGILIDADE	VALORES ATRIBUÍDOS
Água	Nula	0
Vegetação arbórea	Muito baixa	1
Vegetação arbustiva	Baixa	2
Área construída	Média	3
Vias	Alta	4
Gramíneas	Alta	4
Solo exposto	Muito alta	5

### 3.4 Cruzamento dos Dados

Para realização dos cruzamentos dos dados foi adotada a técnica conhecida como a álgebra de mapas. No ArcGis, as expressões do *map algebra* são escritas e executadas no *Raster Calculator* na ferramenta *Spatial Analyst*.

Com os dados em formato *Raster*, já reclassificados e com as classes ponderadas dos respectivos temas: Declividade, Solos, Uso e Ocupação do Solo, realizou-se o cruzamento dos dados, através da equação SOMA. O mapa gerado a partir da álgebra de mapas foi reclassificado para as faixas de fragilidade. O fluxograma abaixo mostra a metodologia empregada no trabalho (Figura 5).

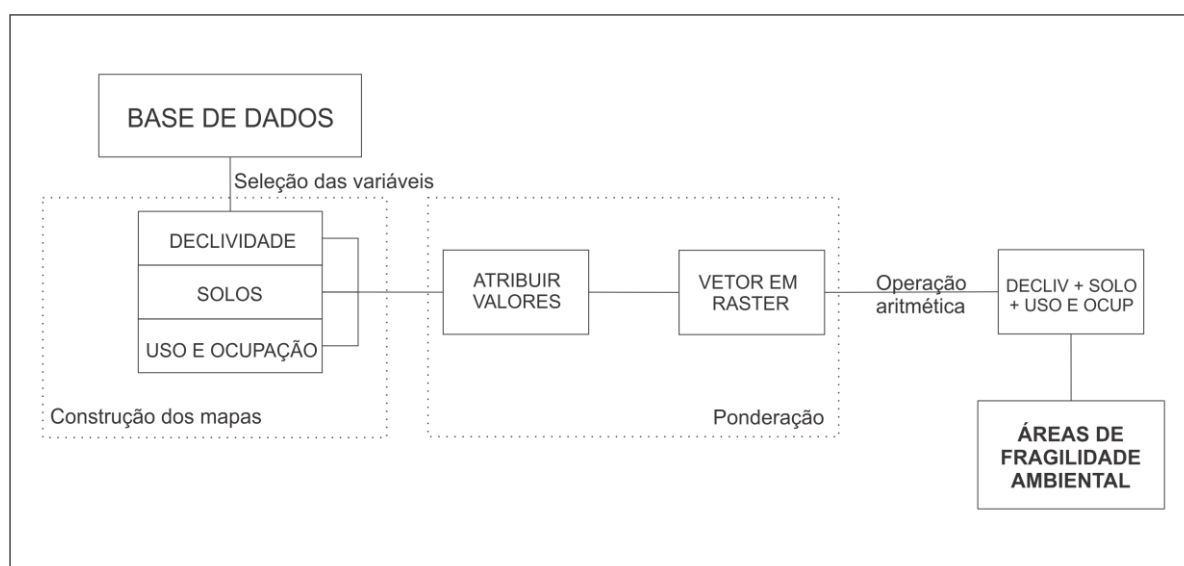


Figura 5 - Fluxograma da metodologia empregada neste estudo

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados foram obtidos diversos mapas temáticos referentes aos aspectos naturais do meio ambiente (declividade e solo), de fatores antrópicos (uso e ocupação do solo), e o mapa síntese da fragilidade ambiental do PZBAC, como serão mostrados a seguir.

### 4.1 Mapa de Declividade

A declividade é definida como a inclinação do relevo em relação ao horizonte, esta variável está ligada ao potencial de escoamento superficial, pois em relevos com alta declividade, as águas das chuvas escoam mais rapidamente para os canais dos rios, tendo maior poder de erosão e transporte de sedimentos, já em baixas declividades, é menor o potencial de escoamento superficial, a velocidade de escoamento é mais lenta e assim tendo mais tempo de infiltração.

O escoamento superficial faz parte do processo erosivo realizado pela ação da água pluvial, Christofolletti (1980) trata por escoamento pluvial, o processo que começa a aparecer quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração. O escoamento pluvial difuso é quando as águas escorrem sem hierarquia e fixação dos leitos, e o escoamento concentrado, quando as águas se concentram possuindo maior competência erosiva e fixando o leito, deixando marcas sensíveis na superfície topográfica.

O mapa de declividade possui as classes em porcentagem, para ter uma relação com os declives expressos em graus, o ângulo de 45 graus é igual a 100%. A distribuição das classes de declividade pode-se ser observadas na (Figura 6 e Tabela 4).

Tabela 4 - Distribuição da declividade no PZBAC

DECLIVIDADE	ÁREA (m <sup>2</sup> )	%
<6%	79.901	36,61
6 – 12%	63.754	29,22
12 – 20%	39.235	17,98
20 – 30%	16.707	7,66
>30%	18.616	8,53
<b>TOTAL</b>	<b>218.213</b>	<b>100,00</b>

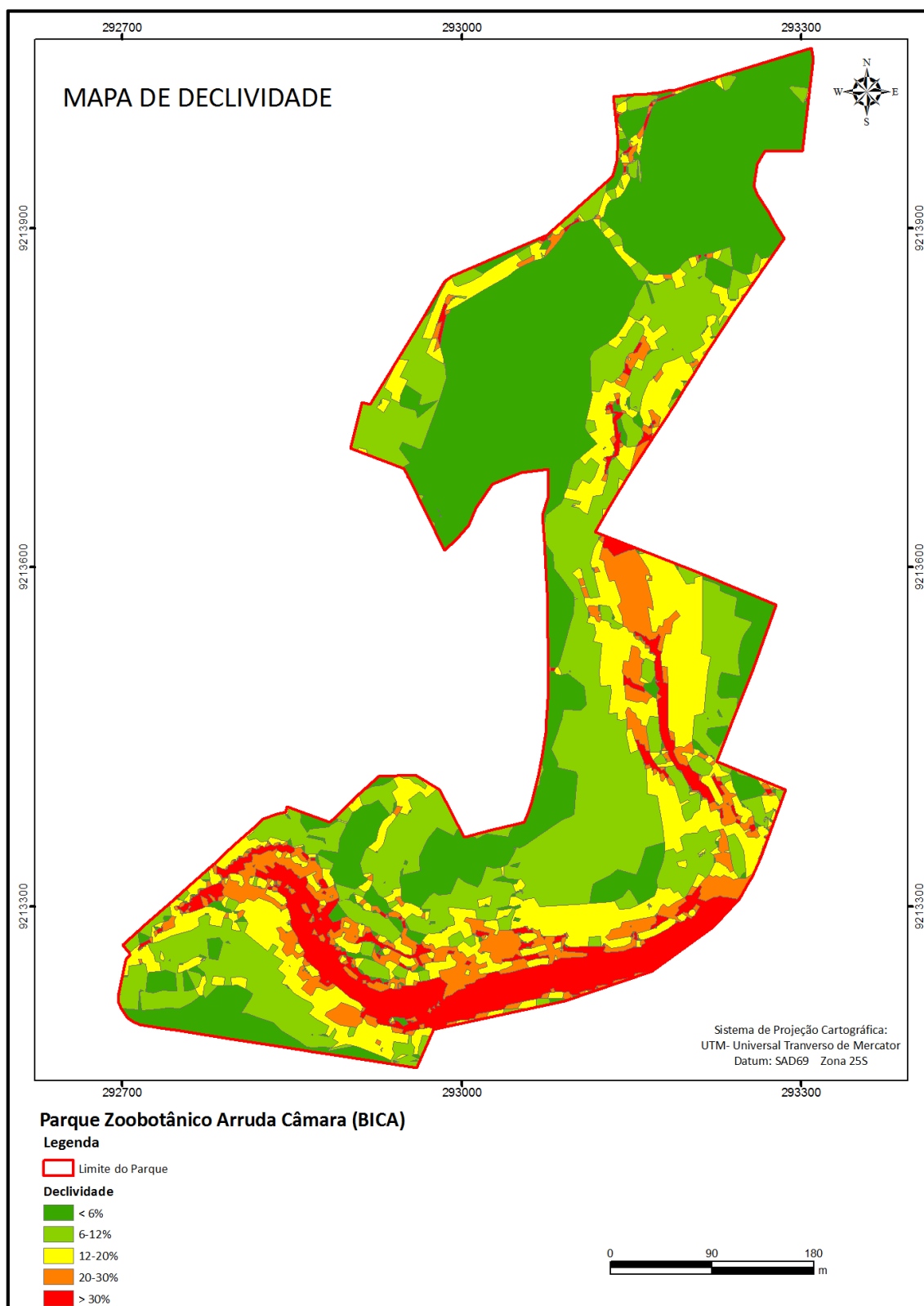


Figura 6 - Mapa de Declividade do PZBAC.

A classe menor que 6% ocupa 36,61% da área do parque, sendo a mais representativa. Essa classe é constituída por um relevo plano a suavemente ondulado, onde está localizada a rede hidrográfica do parque (o lago dos Pedalinhos e um trecho do Riacho Tambiá) e as áreas alagáveis destes, como também alguns topos planos.

A classe de 6 a 12%, um relevo suavemente ondulado, com um escoamento superficial mais rápido, corresponde a 29,22%. A classe 12 a 20% corresponde a 17,98%, corresponde a um relevo ondulado, e escoamento superficial rápido. De 20 a 30%, é um relevo com forte ondulação, que corresponde a 7,66%, sendo a classe de menor representação no parque. Já as áreas com declividade maior que 30%, estão em 8,53% da área do parque, são áreas fortemente onduladas, com vertentes, escarpas íngremes, com maior susceptibilidade a erosão.

#### 4.2 Mapa dos Tipos de Solos

Os sedimentos onde estão emolduradas as formas de relevo do parque são representados pela Formação Barreiras, que ocupa toda a extensão dos setores mais elevados (A e B). Ocupando o setor (C) estão as planícies inundadas e úmidas formadas por depósitos colúvio-aluviais recentes (Quaternário/Holocênico). (PMJP, 2006).

De acordo com o mapa de solo (Figura 7), são encontrados 3 tipos de solo na área: Latossolos Amarelos, Argissolos Vermelhos Amarelos, Solos Aluviais. A Tabela 5 mostra os solos encontrados no PZBAC, a mensuração da área que ocupam e percentual em relação à área total do parque.

Tabela 5 - Distribuição dos solos no PZBAC

<b>SOLO</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Latossolos Amarelos	87.151	39,94
Argissolos Vermelhos Amarelos	45.718	20,95
Solos Aluviais	85.344	39,11
<b>TOTAL</b>	<b>218.213</b>	<b>100,00</b>

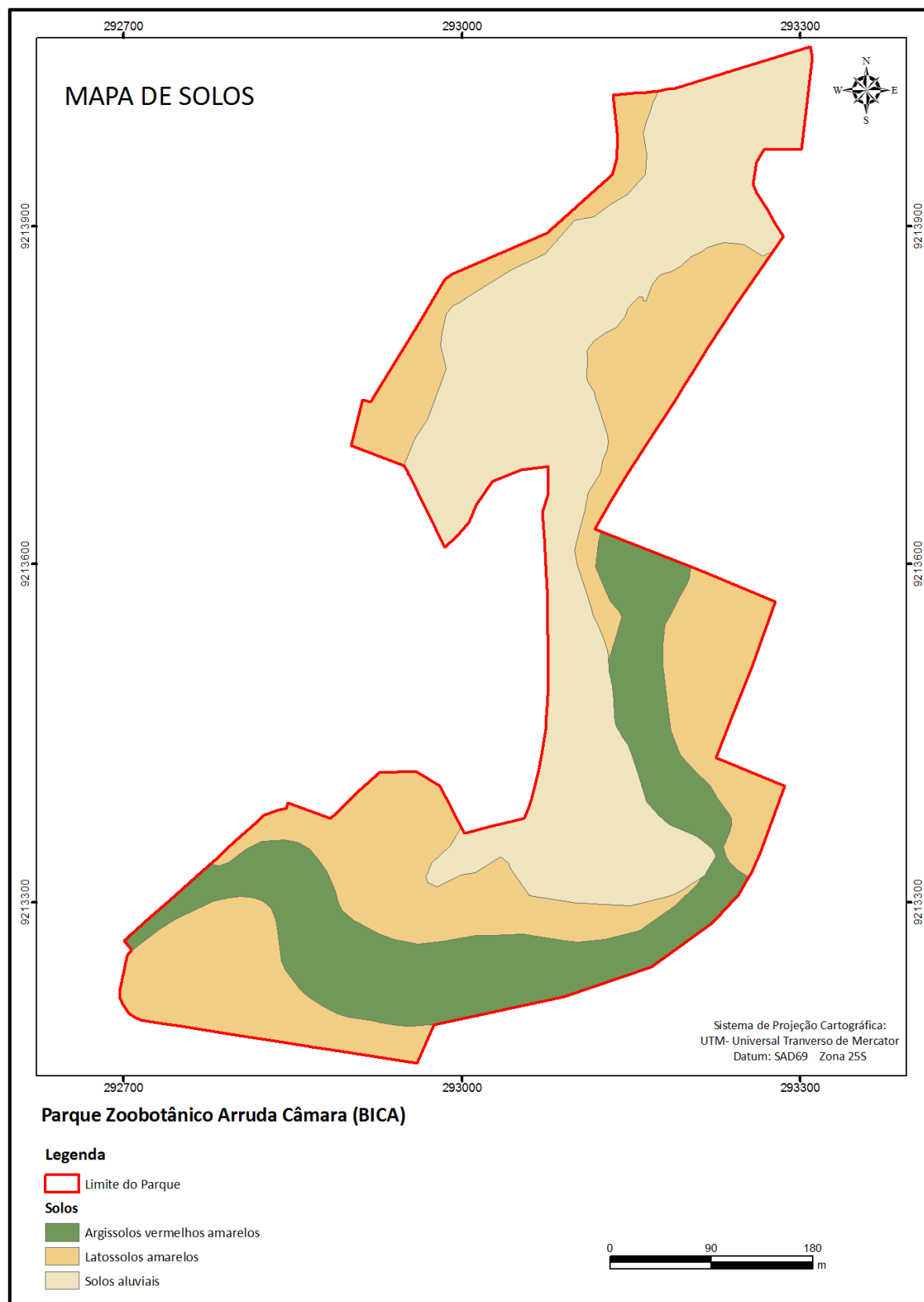


Figura 7 - Mapa dos tipos de solos do PZBAC.

Fonte: Silva, 2009.

Conforme a Tabela 5, os Latossolos Amarelos ocupam 39,94% do parque, esta classe encontra-se em relevo plano, suavemente ondulado, ondulado. De acordo com o descrito no diagnóstico do parque de 2006, foi possível identificar que nos topos altos e planos com menor declividade, ocorrem solos de textura mais arenosa, o que permite a presença de macroporosidade, a qual confere uma classe de permeabilidade e drenagem elevada. Sendo referente à classe denominada Latossolos Amarelos.

Os Argissolos Vermelhos Amarelos correspondem a 20,95% da área total e são encontrados nas encostas íngremes do parque. Os solos representados pela classe dos Podzólicos (Argissolos) Vermelho Amarelos são solos profundos, com variação textural abrupta do horizonte A-B, boa permeabilidade e drenagem com moderado índice de erodibilidade (PMJP, 2006).

Portanto, neste trecho que corresponde às encostas altas de forte declive, os solos apresentam textura mais argilosa, o que lhe confere microporosidade, favorecendo o escoamento superficial e uma menor taxa de infiltração. Sob estas condições as ações erosivas se instalam com maior frequência e eficiência.

Os solos aluviais compreende a planície aluvial e ocupam 39,11% do parque. É um solo hidromórfico, com baixa permeabilidade. O material de origem desse solo são os sedimentos colúvio-aluviais de idades geológicas recentes. Ocorre nesta área um grande acúmulo de matéria orgânica (serrapilheira em processo de decomposição) tanto na massa do solo, como na superfície (PMJP, 2006).

Na análise da vulnerabilidade dos solos, encontra-se o termo erodibilidade que se refere à capacidade de um determinado solo resistir à erosão. A erodibilidade de um solo é função das suas condições internas ou intrínsecas, como sua composição mineralógica e granulométrica e suas características físicas e químicas, bem como das suas condições externas ou dos atributos da superfície do solo, relacionados ao seu manejo (FLORENZANO, 2008).

### 4.3 Mapa do Uso e Ocupação do Solo

O mapa de uso e ocupação do solo mostra os atuais usos, ocupações, e intervenções, além da cobertura vegetal, e tem o principal objetivo de analisar o fator antrópico na área de estudo e sua relação de proteção com ambiente natural.

O mapa de uso e ocupação do solo do PZBAC (Figura 8) apresenta sete classes: água, vegetação arbórea, vegetação arbórea-arbustiva, área construída, vias, gramíneas, solo exposto. A mensuração de área que cada classe ocupa está relacionada na Tabela 6.

Tabela 6 – Distribuição do uso e ocupação do solo no PZBAC

<b>USO E OCUPAÇÃO DO SOLO</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Água	8.577	3,93
Vegetação arbórea	165.670	75,92
Vegetação arbórea-arbustiva	15.950	7,31
Área construída	4.387	2,01
Vias	7.911	3,63
Gramíneas	8.251	3,78
Solo exposto	7.467	3,42
<b>TOTAL</b>	<b>218.213</b>	<b>100,00</b>

A classe que ocupa a maior parte do parque é a Vegetação Arbórea, com 75,92%. Somando-se com a Vegetação Arbórea-Arbustiva, têm-se um total de 83,23% da área total do parque, com cobertura vegetal representativa.

A cobertura vegetal está ligada a capacidade de proteção do solo, principalmente por exercer um papel importante no trabalho de retardar o ingresso das águas provenientes das precipitações pluviais nas correntes de drenagem, pelo aumento da capacidade de infiltração. De acordo com Christofolletti (1980, p.31):

As plantas possuem ação dupla. Através das raízes provocam o deslocamento de partículas, aumentam a permeabilidade do solo, intensificam as ações bioquímicas e retiram nutrientes, é a função de desagregação e empobrecimento. Por outro lado, funcionam como camada interceptora frente à ação mecânica da chuva, como obstáculo ao escoamento pluvial e aos ventos, e, através do húmus, como fator de agregação dos solos.

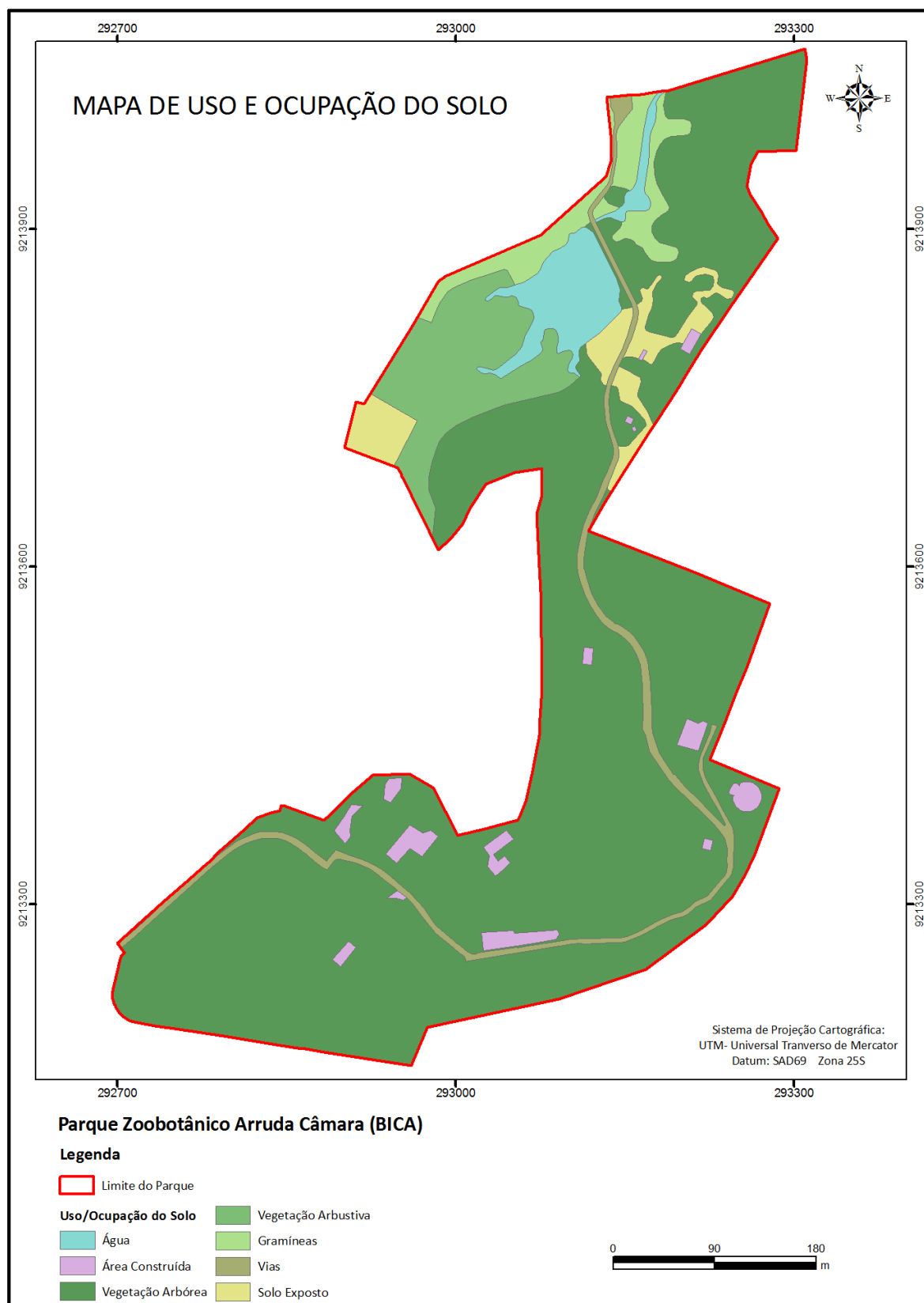


Figura 8 - Mapa de uso e ocupação do PZBAC.

A classe Água corresponde ao lago conhecido como “lago dos pedalinhos” (Figura 9). Esta classe, conforme Tabela 6, corresponde a 3,93% da área do parque.



Figura 9 - Vista do Lago dos Pedalinhos no PZBAC.

A classe Área Construída são as edificações da parte administrativa e do zoológico, onde não tem copa das árvores sobre elas. Estas áreas correspondem a 2,01% do parque. No diagnóstico do parque (PMJP, 2006), constatou-se que no entorno das edificações onde o solo está exposto (sem cobertura vegetal) instalaram-se processos erosivos lineares e difusos. Geralmente, é o que acontece no entorno das edificações, pois a cobertura vegetal é removida, até mesmo a rasteira, além da própria estrutura da edificação que indisciplina o fluxo natural do escoamento superficial.

A classe Vias corresponde à via principal de circulação do parque, parte dela é pavimentada com asfalto ou paralelepípedo ou sem pavimentação, ocupando uma área de 3,63% do total. As Gramíneas ocupam áreas próximas do lago e áreas alagáveis em período chuvoso (Figura 10), e ocupam uma área de 3,78% do parque.



Figura 10 - Solo coberto por gramíneas próximo ao lago.

O Solo Exposto corresponde a 3,42% da área do parque e encontra-se em duas porções: uma próxima ao lago dos pedalinhas, uma área bastante compactada, onde há um fluxo grande de pessoas; e outra, do outro lado do lago, onde o acesso é difícil, praticamente sem fluxo de pessoas.

#### **4.4 Mapa de Fragilidade Ambiental do Parque**

A análise da fragilidade ambiental do PZBAC obteve-se a partir do cruzamento dos mapas de declividade, de solos e de uso e ocupação do solo. Sendo o produto final o Mapa de Fragilidade Ambiental (Figura 11) que apresenta a distribuição espacial das classes de fragilidade obtidas (Baixa, Média, Alta, Muito Alta). A distribuição das classes de fragilidade e as quantificações das áreas estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 - Distribuição da fragilidade ambiental na área de estudo

<b>FRAGILIDADE AMBIENTAL</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Baixa	41.870	19,18
Média	137.139	62,85
Alta	38.769	17,77
Muito Alta	435	0,20
<b>TOTAL</b>	<b>218.213</b>	<b>100,00</b>

As áreas onde se detectou **fragilidade baixa** encontram-se em terrenos planos ou suavemente ondulados, e sobre latossolos amarelos, e em área de vegetação arbórea. Conforme o mapa (Figura 11), as áreas de fragilidade baixa estão distribuídas em sua maioria próximas a entrada do parque, no topo alto (Figura 12), e na parte central onde estão a maioria dos equipamentos do zoológico, a exemplo da Figura 13, que mesmo com a proximidade dos recintos dos animais, e potencial fluxo de pessoas, a associação dos fatores físicos e presença de cobertura ambiental de grande porte, caracteriza uma área de baixa fragilidade ambiental. Outras áreas de baixa fragilidade encontram-se perto do Centro de Práticas Ambientais e do lago. Esta classe corresponde a 19,18% da área do parque.

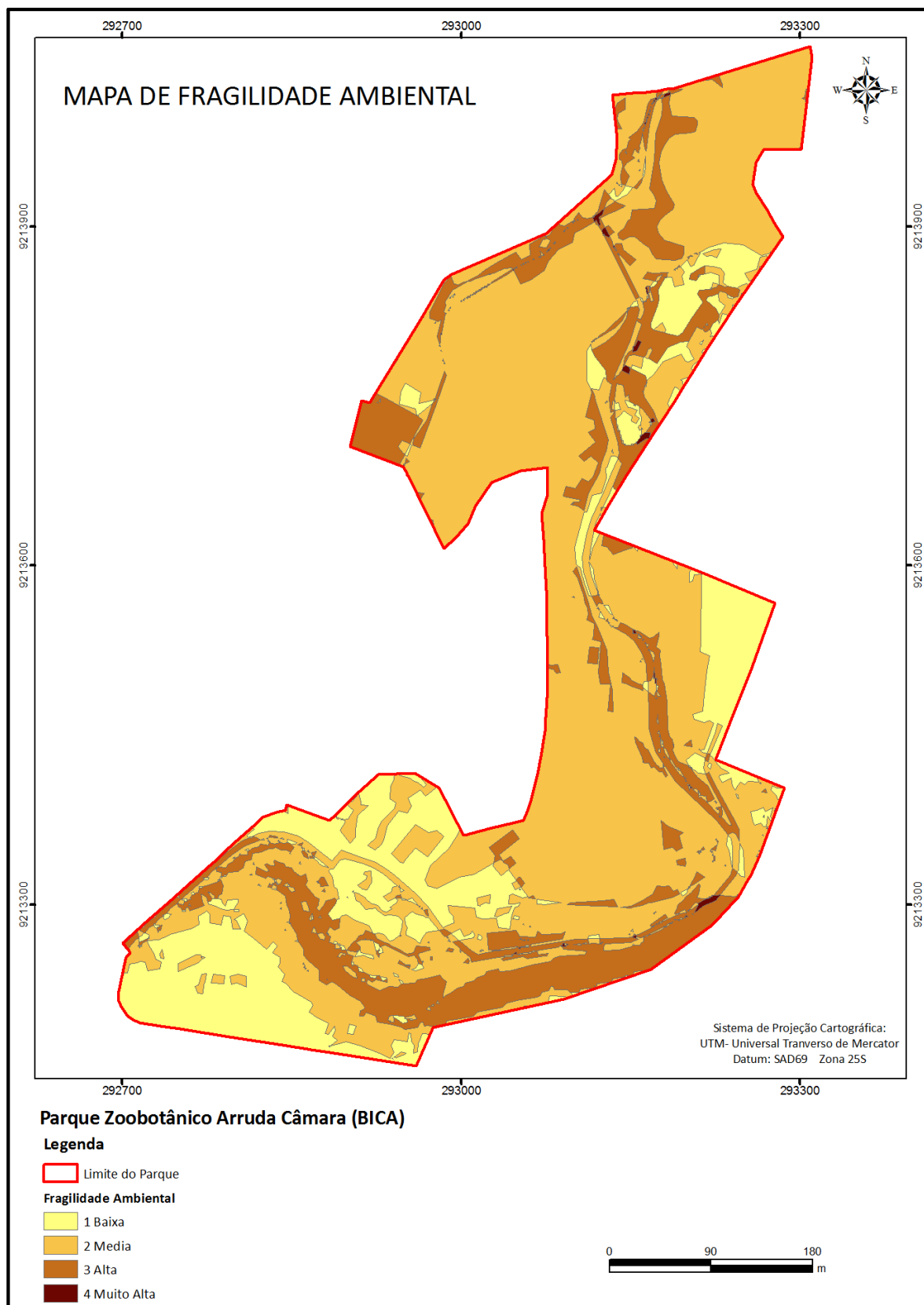


Figura 11 - Mapa de fragilidade ambiental do PZBAC.



Figura 12 - Área com cobertura vegetal densa em topo plano no PZBAC.

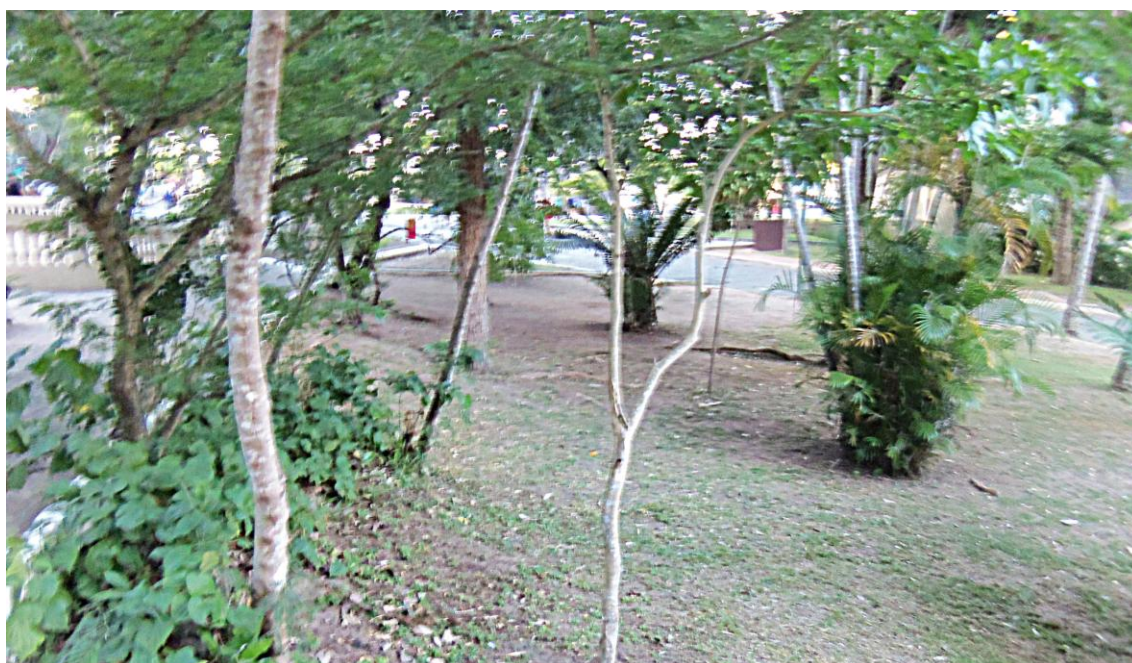


Figura 13 - Terreno suavemente ondulado, em frente à sementeira.

As áreas com **fragilidade média** estão distribuídas praticamente por todo parque, como pode ser observado na Figura 11. Localiza-se em locais com terrenos planos a suavemente ondulados, com declividades até 12%, abrangendo toda extensão dos solos aluviais, com a presença de vegetação arbórea e arbustiva próxima aos recursos hídricos (Figura 14 e Figura 15), nestas áreas o fator preponderante foi o solo instável. E também em terrenos sob latossolos amarelos, onde há a principal via de circulação do parque (Figura 16).

Outra associação encontrada foi declividades mais acentuadas, de 12 a 20% e 20 a 30% associados aos argissolos vermelhos amarelos, no entanto com a proteção da vegetação arbórea, onde há uma maior proteção dos solos. Christofletti (1980, p.31) afirma que “Sob a cobertura vegetal, sobretudo sob a florestal o escoamento difuso é o dominante, e as possibilidades de ravinamento são diminutas”. As áreas de fragilidade média correspondem a 62,85%, portanto a maior parte do parque.

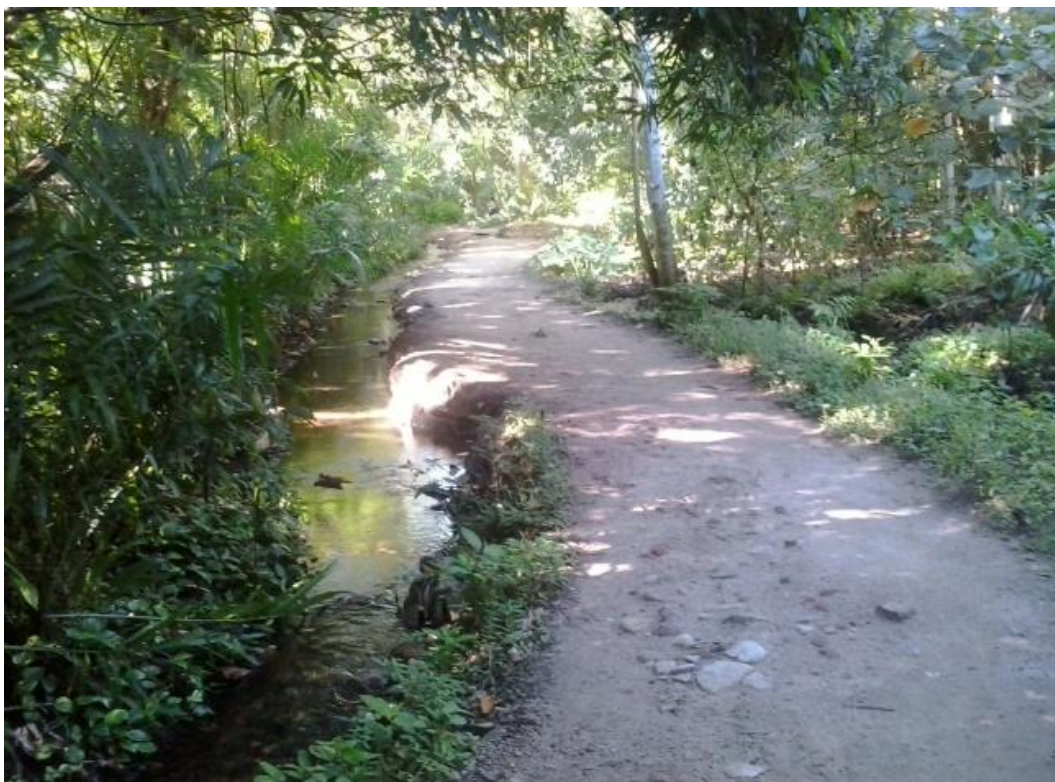


Figura 14 - Margem do Riacho Tambiá, área de fragilidade média.



Figura 15 - Vegetação arbórea ao fundo, a montante do lago.

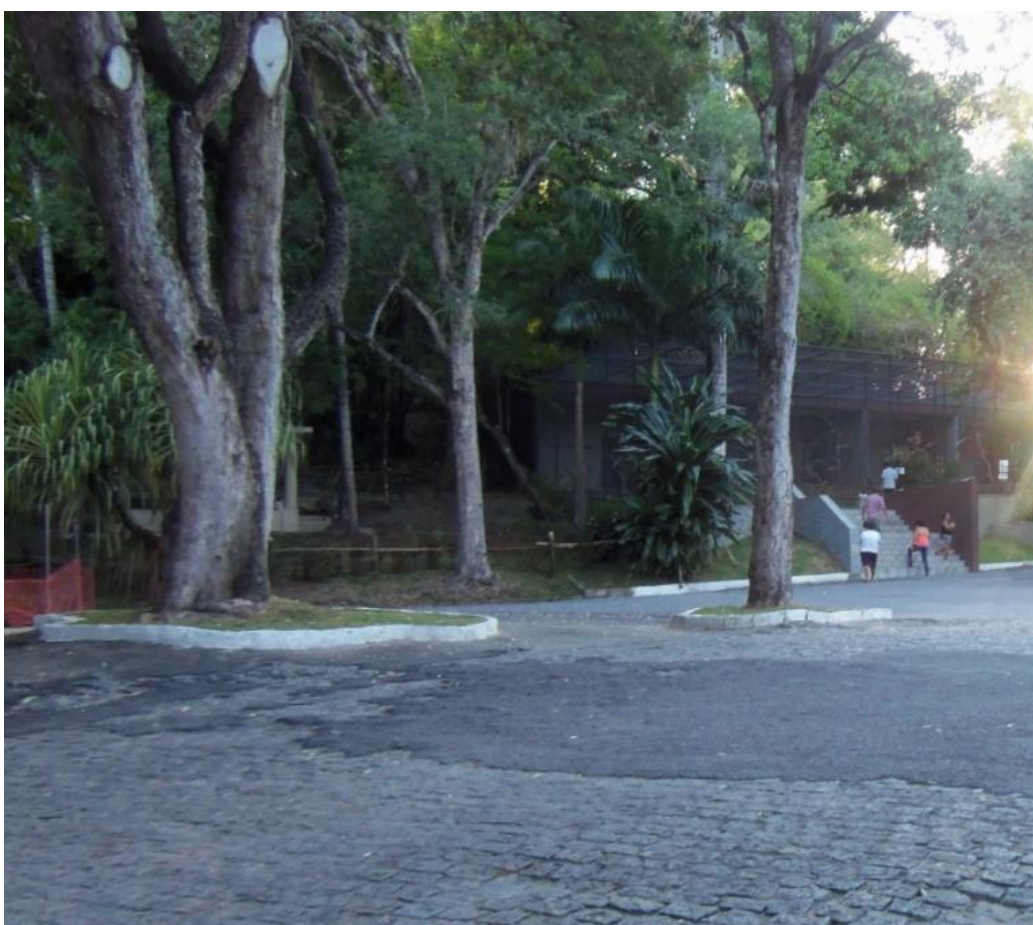


Figura 16 - Área de fragilidade média próxima à administração do PZBAC.

As áreas de **fragilidade alta** encontram-se ao longo das áreas com fortes declives, em vertentes maiores que 30%, associados aos argissolos vermelhos amarelos. A associação desses fatores naturais eleva a formação de processos erosivos, como ravinamentos (ver Figuras 17 e 18). Ocorrem também em áreas declivosas sob alguma intervenção antrópica, como edificações ou vias de circulação.

Também ocorrem em relevos com declives 6 a 12% em latossolos amarelos e solo exposto, mesmo em áreas de baixas declividades. Pode-se caracterizar fragilidade na área devido ao uso, ou falta de proteção vegetal, por exemplo, em área onde a compactação do solo e intenso pisoteio, não deixa nascer vegetação, ver Figura 19.

As áreas de fragilidade alta ocorrem também em terrenos planos, solos aluviais e gramíneas. Isso ocorre do fato do solo encharcar facilmente, além da cobertura vegetal de gramíneas, ter pouca capacidade de proteção do solo em relação as ações das águas de chuvas. A distribuição das áreas de fragilidade alta pode ser observada na Figura 11, tais áreas correspondem a 17,77% do parque conforme a Tabela 7.



Figura 17 - Área com forte declive por trás do antigo restaurante no PZBAC.

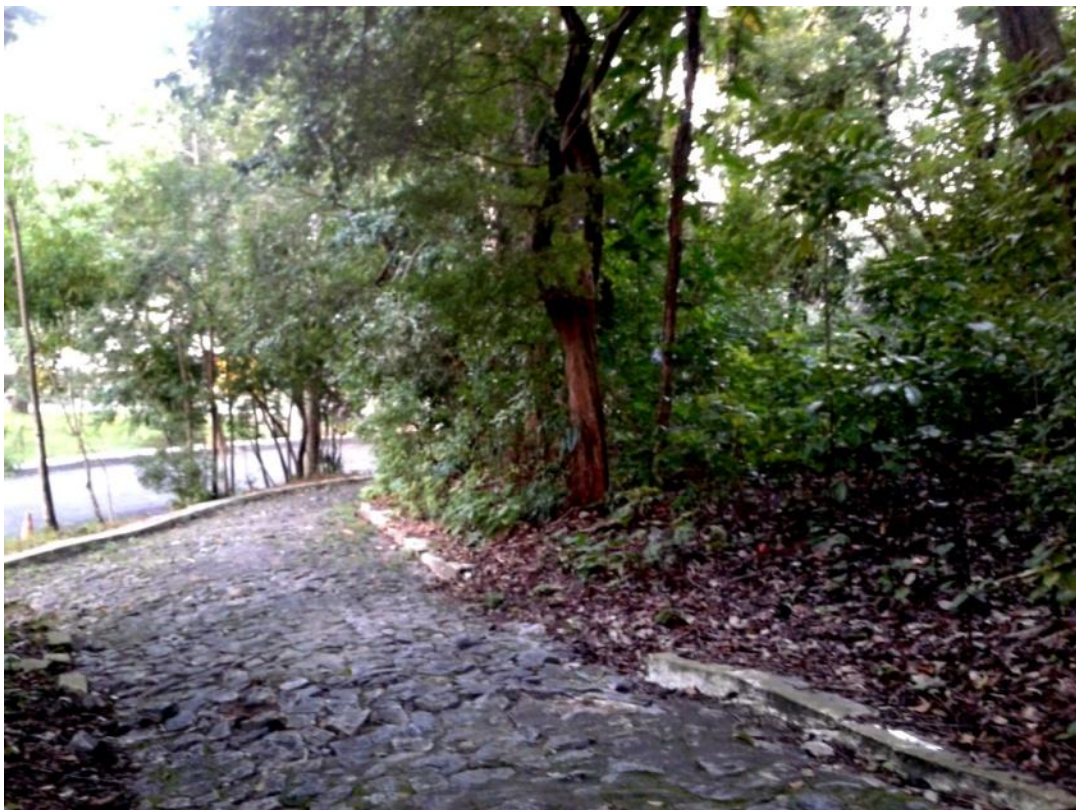


Figura 18 - Calçamento desprendendo-se devido a processos erosivos em áreas íngremes.



Figura 19 - Área de solo exposto que se caracteriza de alta fragilidade.

As áreas de **fragilidade muito alta** ocupam apenas 0,20% da área total do parque, e encontra-se em área de forte declive, argissolos e com uso intenso, em via de circulação. Ou, sob os solos aluviais, em baixa declividade, também em via de circulação.

## 5 CONCLUSÕES

Os estudos integrados dos ambientes naturais possibilitam um melhor conhecimento da área de estudo, uma vez que analisam os elementos formadores, como uma soma de fatores e cada qual com sua função no sistema.

Desta forma, a metodologia aplicada neste trabalho, de análise da fragilidade ambiental por associação dos componentes do meio físico e por ponderação de valores as classes encontradas na área de estudo, mostrou-se bastante confiável.

De posse de informações de relevo, como o mapa de declividade pudemos caracterizar as morfologias do relevo e associar a riscos iminentes, associar tipos de solos a riscos processos erosivos na área do parque.

Verificou-se que o PZBAC constitui uma área de média fragilidade ambiental, portanto uma área sensível, que merece atenção no manejo, uso, e planejamento físico-territorial da área. Mas, as áreas do PZBAC consideradas de alta fragilidade, correspondem a uma porção significativa do parque (17,77%), onde predominam as encostas íngremes, na qual merecem atenção pelos processos e riscos associados como formação de ravinas, escoamento de material para partes mais baixas, deslizamentos e possíveis tombamentos de árvores.

O estudo permitiu compreender processos associados a certas condições pedológicas, morfológicas e de cobertura vegetal. Deve-se destacar também que as técnicas de Geoprocessamento propiciaram a análise integrada da área, de forma eficiente, além de contribuir com todo o processo de coleta e geração dos dados de caracterização da área.

A espacialização das fragilidades ambiental do parque contribui com a gestão da área, podendo regular usos, evitando causar impactos ambientais, direcionar formas de manejo adequadas para áreas mais frágeis, prever cenários futuros, com vistas a maior preservação dos recursos ecológicos dispostos na área.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, R; ROSS, J.L.S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, n.26, p. 59-78, 2009.

BARBOSA, Cláudio Clemente *et al.* **Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação a zoneamento ecológico-econômico**. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, p. 487-500, 1998.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. **Introdução**. In: Introdução à Ciência da Geoinformação. 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 11 de jan. de 2013.

CÂMARA, Gilberto; QUEIROZ, G.R. **Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica**. In: Introdução à Ciência da Geoinformação. 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 11 de jan. de 2013.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 1980.

CORDEIRO, J.P; BARBOSA, C.C; CÂMARA, G. **Álgebra de campos e objetos**. In: Introdução à Ciência da Geoinformação. 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 11 de jan. de 2013.

DECANINI, M.M.S. SIG no Planejamento de Trilhas no Parque Estadual de Campos do Jordão. **Revista Brasileira de Cartografia**, Presidente Prudente, n. 53, p. 97-110, dez. 2001.

DREW, David. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Tradução de João Alves dos Santos. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

FLORENZANO, Teresa Gallotti (Org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas do Censo Demográfico 2000**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/presidente/noticias/pdf/29122003.atlascenso>>. Acesso em: 10 de jun. 2008.

JOÃO PESSOA, **Lei complementar n. 29 de 29 de agosto de 2002** . Institui o código de Meio Ambiente de João Pessoa e dispõe sobre o Sistema Municipal de Meio Ambiente. Art.26 III.

JOÃO PESSOA, **Lei n. 12.101 de 30 de junho de 2011**. Institui o Sistema Municipal de Área Protegidas de João Pessoa e dá outras providências.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução de Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LIMA, A. M. L. P. *et al.* Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2., 1994, São Luiz. **Anais...** pp.539-553, 1994. Disponível em <[http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/LIMA%20et%20al%20\(1994\).pdf](http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/LIMA%20et%20al%20(1994).pdf)>. Acesso em: Maio de 2013.

LUCCI, Elian Alabi. **Geografia e o homem no espaço global**. São Paulo: Saraiva, 1997.

MACEDO, Sílvio Soares de. **Parques urbanos no Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Imprensa Oficial de São Paulo, 2003.

MAGANHOTTO, Ronaldo Ferreira *et al.* Fragilidade física em unidades de conservação: estudo de caso da Reserva Ecológica Itaytyba- RPPN. **Revista Ambiência**, V.4 N.3, 2008.

MEDEIROS, Coriolano. **O Tambiá da Minha Infância**. João Pessoa: A União, 1994.

MELO, A. S. T. (Org). **Os Aglomerados subnormais do vale do Jaguaribe e do Timbó: Análise geo-ambiental e qualidade do meio ambiente**. João Pessoa: UNIPÊ Editora, 2001.

OLIVEIRA, P.C.A; RODRIGUES, G.S.S.C; RODRIGUES, S.C. **Fragilidade ambiental e uso do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Pindaíba, Uberlândia, MG, Brasil**. *Ambi-Agua*, Taubaté, v.3, n.1, p.54-67, 2008. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/70>>. Acesso em: Nov. de 2012.

PARAÍBA, **Decreto n. 24.414 de 27 de setembro de 2003**. Dispõe sobre a Exploração Florestal no Estado da Paraíba e dá outras providências.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA – PMJP. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Diagnóstico Ambiental do Parque Zoobotânico Arruda Câmara**. v. 2. João Pessoa, 2006.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. Do Autor, 2000.

RODRIGUEZ, Janete Lins (coord.). **Mapeamento Cultural – Paraíba**. 2. ed. João Pessoa: Grafset, 2000.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, pg. 63- 71, 1994. FFLCH/USP.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2009.

SILVA, Eliana Oliveira. **Utilização de sistema de informação geográfica para a gestão do Parque Zoobotânico Arruda Câmara, João Pessoa, PB.** 2009. f Monografia -Curso de Tecnologia em Geoprocessamento, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2009.

SILVA, F. B; FERREIRA, W.R; **Parques Urbanos de Uberlândia:** Estudo de Caso no Parque Municipal Victório Siqueirolli. In: Simpósio Regional de Geografia "Perspectivas para o cerrado no século XXI", 2., 2003, Uberlândia. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/2srg/5/5-20.pdf>>. Acesso em : abr. de 2008.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREM, 1977.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. Geomorfologia, Análise Ambiental e Geoprocessamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.1 n.1, pg. 48-58, 2000.