



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL

ANDREZA ANA BOTELHO

**DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS E AMBIENTAL APLICADO A UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Recife, 2022

B748d

Botelho, Andreza Ana.

Desenvolvimento de índice de avaliação de serviços ecossistêmicos e ambiental aplicado a unidades de conservação. / Andreza Ana Botelho. – Recife, PE: A autora, 2022.

150 f.: color. ; il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a Marília Regina Costa C. Lyra.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2022.

Inclui referências e anexos.

1. Gestão Ambiental. 2. Gestão Pública 3. Áreas Verdes Urbanas. 4. Indicadores. I. Silva, José Antônio Aleixo da. (Orientador). II. Lyra, Marília Regina Costa C.. (Coorientadora). III. Título.

574.52

CDD (22 Ed.)

ANDREZA ANA BOTELHO

**DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS E AMBIENTAL APLICADO A UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva
Orientador

Prof^ª. Dr^ª Marília Regina Costa Castro Lyra
Coorientadora

Recife, 2022

ANDREZA ANA BOTELHO

**DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS E AMBIENTAL APLICADO A UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva
Orientador – MPGA/UFRPE

Prof^ª. Dr^ª Marília Regina Costa Castro Lyra
Coorientadora - MPGA

Prof. Dr. Otacílio Antunes Santana
Examinador Externo – UFPE

Prof^ª Dr^ª Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho
Examinador interno - MPGA

Prof^ª Dr^ª Maria Tereza Duarte Dutra
Examinador Interno - MPGA

Recife, 2022

APRESENTAÇÃO

Este trabalho é fruto de uma trajetória de luta para uma trabalhadora-estudante que resiste às adversidades, apesar do sistema educacional público, por vezes, reforçar em sua estrutura hierarquias sociais que se mantêm, contraditoriamente excluindo do processo de expansão do ensino fatias da sociedade. Desejo como objetivo maior promover alguma mudança no mundo, mesmo que atinja, por enquanto, os poucos que me cercam. E esta mudança começou ao concluir o Curso Técnico de Saneamento Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), momento em que houve o meu primeiro contato com as questões ambientais e dos problemas estruturais que comprometem a qualidade de vida nos centros urbanos. Recém-formada, fui nomeada em concurso público como assistente de saneamento e gestão na Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), local em que consegui compreender de perto os desafios diários de movimentar uma máquina em prol da promoção da universalização do acesso ao saneamento básico. Como parte da minha rotina, também adquiri experiência na análise e controle de dados sobre volumes operacionais dos sistemas produtores dos municípios, análise de indicadores operacionais e suas implicações sobre o balanço hídrico. Em seguida, tive a felicidade de ser aprovada no Curso de Bacharelado em Administração, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Foram quatro anos de muita aprendizagem, especialmente em áreas que edificaram a minha percepção sobre a importância da administração voltada ao setor público, apesar de ser um assunto pouco abordado nos cursos de Administração. Foi desta necessidade de compreender melhor os aspectos que envolvem a gestão pública que me especializei em Administração Pública e Gerenciamento de Cidades pelo Centro Universitário Internacional-UNINTER. Por fim, retorno ao local onde iniciei meu primeiro contato com as questões ambientais, mas agora como mestranda do Curso de Gestão Ambiental do IFPE e com o objetivo de buscar soluções que possam ajudar a promover a sustentabilidade nas Unidades de Conservação da Natureza e consequente impacto na vida das pessoas que vivem na cidade do Recife.

**Aos meus pais, Natália e André, por darem o melhor
que puderam para minha formação.
Ao meu companheiro Bruno pela paciência e amor nos
momentos mais árduos.
A Nina, Bento, Tetê, Bêça, Tito Lívio, Francis e
Carinha meus amores peludos.**

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) por ampliar seu acesso à comunidade estudantil e de pesquisadores, disponibilizando sua estrutura e ferramentas para esta pesquisa.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva, pelos conhecimentos compartilhados nas aulas e nos momentos de orientação, sempre fazendo colocações pertinentes e que foram de muita valia para direcionar a pesquisa.

À minha Coorientadora, Prof^ª. Dr^ª Marília Regina Costa Castro Lyra, pelas contribuições no desenvolvimento da pesquisa, por direcionar cada passo dado, pela paciência, pelo cuidado e por me fazer acreditar e não desistir.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Otacílio Antunes Santana, Prof^ª Dr^ª Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho e Prof^ª Dr^ª Maria Tereza Duarte Dutra, pela disponibilidade em participar da banca e pelas contribuições para as melhorias da minha pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental pelos conhecimentos compartilhados nas suas disciplinas, os quais foram fundamentais para construção deste trabalho.

Aos amigos e amigas da Gerência de Controle Operacional da Compesa, que me ajudaram nos momentos de mais contratempo, deram apoio e torceram por mim. Em especial, ao Engenheiro Civil e Professor da Escola Técnica Estadual Professor Agamenon Magalhães – ETEPAM, Daniel Genuino Bezerra, por me incentivar nesta caminhada rumo a mais um degrau do conhecimento e por ser um exemplo diário de maestria na condução dos desafios do saneamento.

Aos meus pais Natália e André, por me ajudarem com o apoio necessário nesta fase de dedicação ao mestrado e pelo afeto de sempre.

A Bruno, meu amor e companheiro de todas as horas. Por sua resiliência e suporte nos momentos mais desafiadores. Aos membros da minha família multiespécie, Nina, Bento, Tetê, Bêça, Tito Lívio, Francis e Carinha por serem minha alegria, meu suporte emocional diário. *In Memoriam*, a Sansa, Tofu, Menininho e Cindy.

Ao meu sogro Roberto, que mesmo à distância foi um grande incentivador, sempre com palavras de força e foco, para que eu chegasse a finalização deste mestrado.

Aos meus amigos da Turma do MPGA 2020.1, que mesmo em meio a pandemia, formaram um laço de amizade, ajuda e suporte mútuo para ninguém soltar a mão de ninguém. Em especial, a Rosângela que me auxiliou com seus conhecimentos na construção dos meus mapas. *In Memoriam*, a Enila que estará sempre nos nossos corações.

Aos meus amigos da estrada da vida, cada um ao seu modo ajudaram para que eu chegasse até aqui, respeitaram meu momento, foram minha escuta e mesmo de longe, torceram por mim: Priscilla, Suzana, Isaac, Marina, Mariana, Clariana, Rogério.

“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”

Artigo 225, Constituição Federal de 1988

RESUMO

A gestão ambiental por parte dos municípios brasileiros tem sido um grande desafio para os gestores, considerando as pressões exercidas pela própria dinâmica de crescimento dos centros urbanos, e sobretudo, pelas novas demandas da sociedade que exigem um alinhamento da gestão pública às estratégias de sustentabilidade ambiental em nível local e global. Dentre estes desafios, está a conservação das áreas verdes remanescentes da Mata Atlântica, domínio fitogeográfico predominante desses resquícios de floresta na cidade. No caso do município do Recife, pode-se elencar as unidades de conservação da natureza (UCN), como áreas protegidas regulamentadas por lei, a qual mencionam a importância de sua manutenção para promoção da proteção da biodiversidade e do bem-estar dos seres humanos. No entanto, definir quais áreas carecem de maiores investimentos, quais aspectos precisam ser priorizados e quantos recursos precisam ser direcionados para atingir estes objetivos demandam um diagnóstico detalhado e que possa apontar direcionamento. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo propor o Índice de Avaliação de Serviço Ecossistêmico e Ambiental (IASEA) como uma ferramenta de análise ambiental que se propõe a realizar o diagnóstico do estado das unidades de conservação por meio da prestação de serviços ecossistêmicos, assim como a análise situacional das áreas frente aos riscos e impactos das atividades antrópicas. Para tal, foram definidas as UCNs com maior predominância do domínio fitogeográfico Mata Atlântica no município e realizada uma ampla pesquisa bibliográfica e de levantamento de dados qualitativos e quantitativos de forma que pudessem ser definidos indicadores como dossel, fontes de água avifauna, presença de ZEIS, extração irregular de madeira, necessários para a formação dos seis índices e do índice final, o IASEA. Por fim, é possível concluir que como resultado, as UCNs analisadas obtiveram avaliações que variaram entre “regular” (ARIE Dois Unidos, Curado, Mata do Barro, Mata das Nascentes, Matas do Curado e APA Sítio dos Pintos), “ruim” (ARIE Açude de Apipucos), “bom” (ARIE Mata da Várzea e Beberibe), apenas uma UCN apresentou resultado “ótimo” (ARIE Dois Irmãos). É importante destacar que as notas alcançadas para os subíndices que formam o IASEA podem ser analisadas de forma individual e mais aprofundada, fornecendo dados mais acurados dessas unidades, o que pode contribuir com diferentes direcionamentos de planos, projetos e ações pela gestão pública em prol da conservação das áreas protegidas urbanas.

Palavras-chave: Gestão ambiental. Gestão pública. Indicador. Áreas verdes urbanas

ABSTRACT

Environmental management by Brazilian municipalities has been a major challenge for managers, considering the pressures exerted by the growth dynamics of urban centers, and above all, by the new demands of society that require an alignment of public management to environmental sustainability strategies. at a local and global level. Among these challenges is the conservation of the remaining green areas of the Atlantic Forest, the predominant phytogeographic domain of these forest remnants in the city. In the case of the municipality of Recife, the nature conservation units (UCN) can be listed as protected areas regulated by law, which mention the importance of their maintenance to promote the protection of biodiversity and the well-being of human beings. . However, defining which areas need greater investments, which aspects need to be prioritized and how many resources need to be directed to achieve these objectives demand a detailed diagnosis that can point direction. In this context, the present study aims to propose the Ecosystem and Environmental Service Assessment Index (IASEA) as an environmental analysis tool that proposes to carry out the diagnosis of the state of conservation units through the provision of ecosystem services, as well as as the situational analysis of the areas in face of the risks and impacts of the anthropic activities. To this end, the NCU with the greatest predominance of the Atlantic Forest phytogeographic domain in the municipality were defined and an extensive bibliographic research and qualitative and quantitative data collection were carried out so that indicators such as canopy, avifauna water sources, presence of ZEIS, irregular logging, necessary for the formation of the six indices and the final index, the IASEA. Finally, it is possible to conclude that as a result, the analyzed NCUs obtained evaluations that varied between “regular” (ARIE Dois Unidos, Curado, Mata do Barro, Mata das Nascentes, Matas do Curado and APA Sítio dos Pintos), “bad” (ARIE Açude de Apipucos), “good” (ARIE Mata da Várzea and Beberibe), only one NCU presented “excellent” results (ARIE Dois Irmãos). It is important to highlight that the scores achieved for the sub-indices that make up the IASEA can be analyzed individually and in more depth, providing more accurate data from these units, which can contribute to different directions of plans, projects and actions by public management in favor of conservation of urban protected areas.

Keywords: Environmental management. Public administration. Index. Urban green areas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Classificação dos serviços ecossistêmicos de acordo com a Avaliação Ecosistêmica do Milênio	23
Figura 2 - Relação dos 17 objetivos do desenvolvimento sustentável	31
Figura 3 - Categorização das Unidades Protegidas Municipais segundo o Sistema Municipal de Unidades Protegidas em Recife	39
Figura 4 - Divisão Administrativa da Região Metropolitana do Recife	49
Figura 5 - Mapa da localização das Unidades de Conservação no município do Recife	51
Figura 6 - Mapa das unidades de conservação municipais e estaduais em sobreposição na Região Metropolitana do Recife	53
Figura 7 - Pirâmide de agregação de dados.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Relação das unidades de conservação estaduais de Pernambuco segundo a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco	38
Quadro 2 -	Relação dos Objetivos Estratégicos das Metas de Aichi	42
Quadro 3 -	Relação das unidades de conservação do município do Recife	50
Quadro 4 -	Matriz de decisão para categoria de unidades de conservação da natureza segundo o Sistema Nacional de unidades de conservação	52
Quadro 5 -	Relação das unidades de conservação municipais e estaduais em sobreposição no Estado de Pernambuco	54
Quadro 6 -	Quadro das unidades de conservação da natureza da Região Metropolitana do Recife selecionadas para o estudo	55
Quadro 7 -	Correspondência entre autores para parâmetros de entrada de serviço ecossistêmico	56
Quadro 8 -	Indicadores de serviços ecossistêmicos utilizados para o Índice de Avaliação de Serviços Ecossistêmicos e Ambiental das unidades de conservação da natureza	59
Quadro 9 -	Relação serviços ecossistêmicos versus indicadores para a função de regulação em unidades de conservação	60
Quadro 10 -	Escala numérica de classificação dos resultados dos subíndices da função de regulação para as unidades de conservação da natureza do Recife	64
Quadro 11 -	Relação serviços ecossistêmicos versus indicadores para a função de habitat em unidades de conservação	65
Quadro 12 -	Escala numérica de classificação dos resultados dos subíndices da função de habitat para as unidades de conservação da natureza do Recife	67
Quadro 13 -	Relação serviços ecossistêmicos versus indicadores para a função de produção em unidades de conservação	68
Quadro 14 -	Escala numérica de classificação dos resultados dos subíndices da função de produção para as unidades de conservação da natureza do Recife	69

Quadro 15 -	Serviços ecossistêmicos culturais relacionados pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio	70
Quadro 16 -	Parâmetros para mapeamento dos serviços ecossistêmicos culturais	71
Quadro 17 -	Classificação numérica dos resultados dos indicadores da função cultural para as unidades de conservação da natureza do Recife	71
Quadro 18 -	Indicadores selecionados para o índice de risco ambiental	72
Quadro 19 -	Escala numérica de classificação dos resultados dos indicadores de risco ambiental para as unidades de conservação da natureza do Recife	74
Quadro 20 -	Indicadores selecionados para o índice de risco antrópico	75
Quadro 21 -	Escala numérica de classificação dos resultados dos subíndices de risco antrópico para as unidades de conservação da natureza do Recife	77
Quadro 22 -	Atribuição dos pesos final aos índices do IASEA.....	79
Quadro 23 -	Classificação dos índices para o Índice de Avaliação de Serviços Ecossistêmicos e Ambiental	79
Quadro 24 -	Avaliação da Classificação dos índices para o Índice de Avaliação de Serviços Ecossistêmicos e Ambiental e respectivas avaliações para as Unidades de Conservação da Natureza	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados para os subíndices da função de regulação das unidades de conservação da natureza municipais do Recife.....	81
Tabela 2 -	Índice da função de regulação das unidades de conservação da natureza municipais do Recife.....	82
Tabela 3 -	Resultados para os subíndices da função de habitat das unidades de conservação da natureza municipais do Recife.....	83
Tabela 4 -	Índice da função de habitat das unidades de conservação da natureza municipais do Recife	85
Tabela 5 -	Resultados para os indicadores da função de produção das unidades de conservação da natureza municipais do Recife	85
Tabela 6 -	Resultados para os indicadores da função cultural das unidades de conservação da natureza municipais do Recife	87
Tabela 7 -	Índice da função cultural das unidades de conservação da natureza municipais do Recife	91
Tabela 8 -	Resultados para os indicadores de risco ambiental das unidades de conservação da natureza municipais do Recife	92
Tabela 9 -	Resultados para os subíndices de risco antrópico das unidades de conservação da natureza municipais do Recife	94
Tabela 10 -	Índice de risco antrópico das unidades de conservação da natureza municipais do Recife	95
Tabela 11 -	Síntese dos seis índices integrativos do IASEA e resultado final	96

LISTA DE SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
AVCEL	Áreas Verdes de Convivência, Recreação, Esporte ou Lazer
AVPV	Áreas Verdes Públicas de Composição Viária
CF	Constituição Federal
CIS	Comunidade de Interesse Social
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
ESEC	Estação Ecológica
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
FLONA	Floresta Nacional
FUNATURA	Fundação Pró-Natureza
FURB	Reservas de Floresta Urbana
IASEA	Índice de Avaliação de Serviços Ecológicos e Ambientais
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPAV	Imóvel de Proteção de Área Verde
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISEAV	Índice de Serviços Ecológicos para Áreas Verdes
ITEP	Instituto de Tecnologia de Pernambuco
MEA	<i>Millennium Ecosystem Assessment</i>
MONA	Monumento Natural
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PDR	Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo
PE	Parques Estaduais
PIB	Produto Interno Bruto
PL	Projeto de Lei
PLANGEA	Estrutura de Otimização Multicritério
PLANPAVEL	Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres
PMMC	Política Municipal de Mudança do Clima
PMSA	Plano Municipal de Conservação e Recuperação de Áreas Prestadoras de Serviços Ambientais
PNB	Produto Nacional Bruto
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PSA	Pagamento por Serviço Ambiental
PNUMA	Programa da ONU para o Meio Ambiente
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável

REBIO	Reserva Biológica
REFAU	Reserva de Fauna
RESEX	Reserva Extrativista
RMR	Região Metropolitana do Recife
RPA	Região Político-Administrativa
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RVS	Refúgio de Vida Silvestre
SAPAVEL	Sistema Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres
SE	Serviço Ecológico
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SEMAS	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco
SEUC	Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza
SMUP	Sistema Municipal de Unidades Protegidas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação
UCN	Unidade de Conservação da Natureza
UCP	Unidade de Conservação de Paisagem
UEA	Unidades de Equilíbrio Ambiental
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UP	Unidades Protegidas
VE	Valor de Existência
VERA	Valor Econômico dos Recursos Ambientais
VO	Valor de Opção
VUD	Valor de Uso Direto
VUI	Valor de Uso Indireto
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVO GERAL	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	20
3.2	VALOR E VALORAÇÃO AMBIENTAL	24
3.3	PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS	27
3.4	RESILIÊNCIA AMBIENTAL URBANA	30
3.5	OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS	31
3.6	HISTÓRICO DA CRIAÇÃO DO SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	33
3.7	LEIS AMBIENTAIS E AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS E MUNICIPAIS	37
3.7.1	Programa UC Pernambuco	40
3.8	CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS .	41
3.8.1	Sistema de Avaliação de Áreas Verdes Urbanas	44
4	METODOLOGIA	49
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO	49
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	55
4.3	ÍNDICES DE SERVIÇO ECOSSISTÊMICO DE ESTADO: FUNÇÃO DE REGULAÇÃO, HABITAT E PRODUÇÃO	57
4.4	ÍNDICE DE FUNÇÃO CULTURAL	69
4.5	ÍNDICE DE RISCO AMBIENTAL	72
4.6	ÍNDICE DE RISCO ANTRÓPICO	74
4.7	ESCALA DE AVALIAÇÃO DAS UCNS	77
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
5.1	AVALIAÇÃO DO ÍNDICE FUNÇÃO DE REGULAÇÃO.....	81
5.2	AVALIAÇÃO DO ÍNDICE FUNÇÃO DE HABITAT	82
5.3	AVALIAÇÃO DO ÍNDICE FUNÇÃO DE PRODUÇÃO	85
5.4	AVALIAÇÃO PARA O ÍNDICE DE FUNÇÃO CULTURAL	86

5.5	AVALIAÇÃO PARA O ÍNDICE DE RISCO AMBIENTAL	92
5.6	AVALIAÇÃO PARA O ÍNDICE DE RISCO ANTRÓPICO	93
5.7	AVALIAÇÃO DO IASEA	95
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	99
	REFERÊNCIAS	102
	ANEXO A – MAPA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA DO MUNICÍPIO DO RECIFE.....	109
	ANEXO B – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE AÇUDE DE APIPUCOS.....	110
	ANEXO C – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE BEBERIBE.....	111
	ANEXO D – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE CURADO.....	112
	ANEXO E – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE MATA DA VÁRZEA.....	113
	ANEXO F – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE MATA DAS NASCENTES.....	114
	ANEXO G – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE MATA DO BARRO.....	115
	ANEXO H – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE MATAS DO CURADO.....	116
	ANEXO I – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE DOIS IRMÃOS.....	117
	ANEXO J – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE DOIS UNIDOS.....	118
	ANEXO K – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – APA SITÍO DOS PINTOS.....	119
	APÊNDICE A – PROTOCOLO DE UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS – IASEA PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	120

INTRODUÇÃO

Os serviços ecossistêmicos são a base para a manutenção da vida dos seres vivos. Tudo que se consome, em alguma medida, deriva da disponibilidade dos produtos e processos naturais advindos da natureza. É possível afirmar que as Unidades de Conservação da Natureza (UCN) são as maiores provedoras de serviços ecossistêmicos, ainda que os benefícios que elas possam proporcionar não sejam perceptíveis, em todas as suas dimensões. Assim sendo, estes fatos sugerem que a existência dessas áreas está diretamente relacionada à qualidade de vida, especialmente quanto aos proventos obtidos pelas pessoas que vivem em centros urbanos.

Dentre os serviços prestados pela natureza, de acordo com a *Millennium Ecosystem Assessment* ou Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005), estão aqueles classificados como serviços de provisão, que são a capacidade da natureza de dispor alimentos, madeira ou fibras, os serviços reguladores, que são processos de regulação das condições ambientais, tendo como o processo de purificação do ar um exemplo. Além disto, existem aqueles que estão relacionados ao provimento de ambientes que despertam a contemplação, bem-estar, recreação e atividades de lazer, que são os serviços culturais. Completa a categorização os serviços de suporte, os quais são considerados o alicerce para a existência dos outros tipos de serviços, como o processo de reciclagem de nutrientes do solo ou ainda a polinização realizada pelas abelhas.

Diante disso, é possível compreender a dimensão da importância desses serviços para a existência de uma biodiversidade que apoie a sobrevivência da espécie humana, da animal e da vegetal. Em contrapartida, desde a Revolução Industrial, as áreas urbanas ganharam destaque como centros dinâmicos para a economia local, passando a convidar mais pessoas atraídas pelas oportunidades de trabalho. Por consequência, o crescimento populacional forçou a criação de estruturas urbanas mínimas para que as trocas humanas pudessem acontecer. Para isto, tornou-se quase inevitável o uso dos recursos naturais, em uma velocidade incompatível à sua capacidade de regeneração.

Desde então, indústrias foram instaladas, vias expressas criadas e ampliadas, conjuntos habitacionais foram construídos e as margens dos rios, ocupadas. Todos estes processos da atividade antrópica levam à destruição de extensas áreas de massa verde, ao maior uso dos recursos hídricos, ao aumento da produção de resíduos e à poluição ambiental. No entanto, os danos causados por estes impactos negativos ao ambiente demoraram a serem assimilados enquanto impacto direto à vida das pessoas nos centros urbanos.

Neste sentido, faz-se necessário que seja assegurada a qualidade de vida nos centros urbanos por meio do planejamento dos municípios, em que a conservação ou criação de mais áreas verdes urbanas sejam prioridade como meio de garantir melhores condições de vida aos cidadãos. Entretanto, nem sempre é simples para os gestores urbanos identificarem em que medida é possível aliar o direcionamento dos escassos recursos financeiros, recursos humanos e infraestrutura, em áreas que sejam seguramente prioritárias, a fim de se obter a maximização de retornos positivos com um investimento assertivo nos problemas ambientais locais.

Diante deste desafio, busca-se reunir informações e dados que possibilitem elucidar a problemática que circunda os serviços ecossistêmicos aplicados a unidades de conservação, a partir do desenvolvimento de um índice que seja capaz de avaliar a situação desses locais já existentes, e que possa nortear políticas públicas de planejamento ambiental, num grande centro urbano. Tanto o estado de Pernambuco, quanto a cidade do Recife, dispõem de instrumentos de política ambiental em suas estruturas de gestão, tal como a Lei nº 18.014/2014, que versa sobre o Sistema Municipal de Unidades Protegidas –SMUP (RECIFE, 2021c), previsto pelo Plano Diretor da Cidade do Recife. Inclusive, dispõe de um Sistema de Informações Geográfica Ambiental, Plano de Manejo das Unidades de Conservação e órgãos estaduais e municipais trabalhando em conjunto para proteger os espaços verdes na Região Metropolitana do Recife.

Mesmo existindo uma legislação apropriada para resguardar a redução das perdas dos serviços ecossistêmicos nessas Unidades de Conservação (UC), pretende-se propor um estudo que preencha uma lacuna técnica que ainda não foi abordada pelos gestores públicos, até então. Ademais, é necessário utilizar todos os recursos disponíveis, sejam eles financeiros, humanos e temporais, da forma mais adequada, propiciando retornos concretos quanto à gestão das áreas verdes, sempre atendendo aos critérios de legalidade e adequação para retornos concretos.

Por isto, a proposta de criação de um Índice de Avaliação dos Serviços Ecossistêmicos e Ambiental-IASEA apresenta relevância ao ser capaz de direcionar quais atributos ou serviços são essenciais para a manutenção de condições mínimas de existência dessas unidades, ou seja, apontar quais funções ecossistêmicas e riscos ambientais podem estar sofrendo maiores impactos negativos ou quais devem ser cuidadosamente preservados para a melhoria na qualidade ambiental da cidade do Recife.

Para o desenvolvimento deste estudo, serão empregados como procedimentos metodológicos a pesquisa bibliográfica nas áreas de interesse, a consulta a órgãos ambientais do município, pesquisa dos instrumentos de política ambiental do Recife, e por fim, o uso de métodos mistos de investigação quantitativa e qualitativa, por meio da análise dados que levem a formulação do IASEA.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um índice para avaliação dos serviços ecossistêmicos e ambientais prestados por Unidades de Conservação remanescentes de Mata Atlântica situadas em Centros Urbanos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar quais Unidades de Conservação da Natureza (UCN) da Região Metropolitana da Cidade do Recife possuem predominantemente o domínio fitogeográfico Mata Atlântica em sua área.
- Selecionar a partir da pesquisa bibliográfica quais serviços ecossistêmicos e fatores ambientais os autores apontam como primordiais, assim como seus respectivos indicadores.
- Realizar o levantamento dos dados quantitativos de indicadores necessários para a construção dos índices, por meio de consultas aos órgãos ambientais estaduais, municipais, trabalhos acadêmicos e os planos de manejo.
- Avaliar os possíveis parâmetros de entrada para indicadores qualitativos que possam ser avaliados e incorporados aos índices.
- Propor o Índice de Avaliação de Serviços Ecossistêmicos e Ambiental (IASEA).
- Elaboração do protocolo de utilização do índice de avaliação de serviços ecossistêmicos (IASEA) para unidades de conservação

3 REVISÃO DE LITERATURA

O presente tópico abordará, para o embasamento teórico da pesquisa, uma revisão sobre os principais temas tratados no documento, como as definições sobre serviços ecossistêmicos, a percepção sobre valor ambiental, a resiliência ambiental urbana, estrutura de indicadores e índices, a importância ao atendimento das demandas dos ODS e a evolução das leis para criação das Unidades de Conservação da natureza nos níveis federal, estadual e municipal.

3.1 SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio¹ foi um programa proposto pelas Nações Unidas que surgiu da necessidade crescente de compreender como as mudanças e interferências nos ecossistemas poderiam influenciar diretamente no bem-estar humano. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio conseguiu reunir em um único documento o que já vinha sendo estudado por autores há algumas décadas, trazendo análises dos diferentes ecossistemas existentes no mundo. Este programa teve duração de quatro anos de estudos e culminou em um relatório² publicado no ano de 2005, no qual foi elucidado o panorama dos diferentes ecossistemas e como os tomadores de decisão poderiam utilizar estes estudos para contribuir com a melhor administração dos ecossistemas e suas futuras alterações, desde o nível local até o nível global, de acordo com o a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005)

Houve uma importante contribuição de autores e revisores de todo o mundo, reunindo os aspectos para descrição do que são os serviços ecossistêmicos, suas funções e como as relações ocorrem nas interações humanas e sociais. Antes do MEA alguns autores já apontavam a importância dos sistemas ecológicos. Na década de 1960, ocorreram as primeiras pesquisas sobre ecossistema enquanto um sistema de simbiose entre o ambiente e seus organismos em diferentes níveis de escala (ELLENBERG, 1973).

Além disso, as descrições sobre as diversas funções desempenhada pelos sistemas florestais já vinham sendo estudado por Speidel (1966). No entanto, a concepção do termo “serviço ecossistêmico” apenas foi fundamentada anos depois por Ehrlich e Ehrlich (1981) e Ehrlich e Mooney (1983). Já na década de 1990, Costanza *et al.* (1997) destacaram em seu

¹ A avaliação ecossistêmica do milênio = millennium ecosystem assessment (MEA) relatório solicitado pelo Secretário-Geral das Nações Unidas, Kofi Annan em 2000.

² Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis foi o principal relatório produzido pelo MEA e publicado em 2005.

estudo a importância da função de suporte dos sistemas ecológicos para a vida na Terra, sendo por este motivo, parte do valor econômico da riqueza total do planeta, ou o que eles apontam terminologicamente como sendo um capital natural.

É possível afirmar que as populações humanas se beneficiam de bens e serviços do ecossistema. Os bens são o produto final das transformações dos ecossistemas, como os alimentos, madeira, fibras naturais, frutos do mar. Os serviços são definidos como processos que ocorrem no meio natural para gerar uma função no ecossistema, como a assimilação de resíduos, renovação do ar, reciclagem de nutrientes. Logo, os serviços do ecossistema podem ser definidos como o processo de transformação fruto da junção dos serviços e bens naturais (COSTANZA *et al.*, 1997; BROCKERHOFF *et al.*, 2017).

A relação que se estabelece entre os serviços ecossistêmicos é bastante complexa, muitas vezes, um único serviço pode ser o produto de mais de uma função do ecossistema. Além disto, os serviços podem ser caracterizados como um fluxo de materiais e energia que são estoques de capital natural, os quais ao serem combinados ao capital humano e manufaturado são capazes de produzir bem-estar (COSTANZA *et al.*, 1997; JENNINGS; LARSON; YUN, 2016).

Os serviços ecossistêmicos (SE) são impulsionados por um conjunto complexo de ciclos naturais, operando em diferentes escalas. Na natureza diferentes ciclos ocorrem em pequena ou larga escala, como os ciclos biogeoquímicos do elemento carbono, que atingem desde a atmosfera até as profundezas do solo e dos oceanos. Os ciclos de vida das bactérias são constantes e ocorrem em um ambiente físico microscópico. Apesar de serem essenciais e estarem ocorrendo a todo momento no ambiente, eles são despercebidos pelos seres humanos, mas somos dependentes deles para o suporte da existência (DAILY, 1997; GRUNEWALD; BASTIAN, 2015).

A vida na Terra sempre dependeu dos processos vivos e contínuos prestados pela biosfera e os ecossistemas, como os ciclos hidrológicos, a composição da atmosfera, dos solos, dentre outros serviços ecológicos. A espécie humana, mesmo protegida das ações intempestivas do meio ambiente por meio das culturas e da tecnologia, ainda assim está plenamente dependente do funcionamento equilibrado dos serviços ecossistêmicos (MEA,2005). Por este motivo, faz-se necessário estudar estes processos com base em estudos científicos para que seja possível realizar um planejamento de uma política de meio ambiente efetiva e adequada para o nível territorial almejado.

Além dos processos e definições já descritos na literatura sobre ecossistema e serviços ecossistêmicos, a Avaliação Ecossistêmica do Milênio também propôs a definição para serviços ecossistêmicos como sendo os benefícios que as pessoas recebem dos ecossistemas. No

documento também é definido o conceito de bem-estar, sendo de múltiplos aspectos, desde matérias básicas para vida, liberdade, escolhas, saúde, segurança e as boas relações sociais. O bem-estar engloba componentes que podem ser percebidos e vividos pelas pessoas, o que reflete o nível de situação geográfica, cultural e ecológica local. Neste sentido, como já apontado anteriormente, as dinâmicas dos ecossistemas tendem a influenciar a vida humana em seus níveis sociais. Logo, a pobreza também pode ser definida como a privação de bem-estar, ou em outras palavras, ela é considerada o oposto do bem-estar (MEA, 2005).

O conceito de serviço ecossistêmico possui um potencial importante no que diz respeito à tentativa de vincular a degradação ambiental aos aspectos econômicos do desenvolvimento. Isto porque o aumento populacional é visto como um potencial risco aos meios vitais de sustentação da vida. Na instância atual de implicações da perda ambiental, já é possível apontar o conceito de serviço ecossistêmico como multidisciplinar, no qual alinha conceitos da Ecologia e da Economia, em que é possível adotar modelos derivados destes conhecimentos como vantagem para discutir ideias derivadas para o conceito dos serviços. A relevância atual dos serviços ecossistêmicos alçou o patamar de orientador de políticas, sendo incorporado ao *status quo* econômico, tornando o sistema econômico mais racional e respeitoso às necessidades de todas das partes interessadas, sencientes ou não (MUDDIMAN, 2019).

Em função da diversidade e complexidade dos ecossistemas e os serviços oferecidos por eles, torna-se problemática uma classificação de serviços ecossistêmicos que seja clara e que atenda a requisitos amplos, o que leva a existência de propostas e classificações divergentes. Alguns autores corroboram da ideia de que a adoção de certos critérios de classificação pode acarretar uma sobreposição temática dos serviços, correndo-se o risco de realizar nos estudos uma contagem dupla (GRUNEWALD; BASTIAN, 2015).

Por este motivo os serviços de suporte podem ser considerados também como serviços de regulação ou produção. Com o objetivo de melhor sintetizar os conceitos, a Avaliação Ecossistêmica do Milênio definiu os serviços ecossistêmicos em quatro categorias: serviços de produção, regulação, suporte e culturais (MEA, 2005; GRUNEWALD; BASTIAN, 2015).

Os serviços de produção são vistos como provedores de produtos e elementos por meio do ecossistema, como os alimentos, água, fibras, combustível, compostos bioquímicos. Os serviços de regulação são obtidos pela regulação dos processos naturais em transformação, como a regulação do clima, regulação de doenças e purificação da água. Os serviços de suporte são a base para o provimento das outras categorias de serviços ecossistêmicos, funcionando como propulsores para os outros processos; como por exemplo a formação dos solos e os ciclos dos nutrientes.

Por fim, os serviços culturais tidos como serviços não-materiais obtidos pela existência dos ecossistemas, são serviços que proporcionam conforto estético, inspiração para práticas espirituais, como espaço para o desenvolvimento do turismo, ambiente de recreação e herança natural para as culturas (MEA, 2005). Na Figura 1 é possível observar a classificação dos serviços ecossistêmicos e alguns exemplos de processos que ocorrem na natureza.

Figura 1 - Classificação dos serviços ecossistêmicos de acordo com a Avaliação Ecosistêmica do Milênio



Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -Embrapa (2017)

Em termos conceituais e para fins de pesquisa, os serviços ecossistêmicos são considerados processos dos ecossistemas que podem prover e sustentar o bem-estar para manutenção da vida humana. Já os serviços ambientais estão associados às contribuições dos ecossistemas, porém com o auxílio do homem e suas ações de manejo, visando favorecer do uso humano. O uso do termo “serviços ambientais” muitas vezes é empregado para enfatizar a contribuição humana para manutenção ou ampliação dos serviços da natureza, estando relacionado a definições estruturantes para os programas de pagamentos por serviços ambientais (GAUDERETO *et al.*, 2018).

Por este motivo, alguns autores fazem esta distinção das abordagens entre serviços

ecossistêmicos e serviços ambientais na intenção de diferenciar seus fins de pesquisa ou aplicação a políticas públicas. No entanto, outros autores nacionais e internacionais não fazem qualquer distinção para os termos (PARRON *et al.*, 2015). Logo, com o objetivo de auxiliar as pesquisas nas fontes e materiais coletados, neste trabalho serão adotados como sinônimos.

3.2 VALOR E VALORAÇÃO AMBIENTAL

Para a Economia Clássica as mercadorias disponibilizadas para venda possuem valores que são fixados pelos mercados, onde ocorrem uma série de trocas de fluxo monetário. Enquanto isto, os recursos naturais considerados elementos essenciais à preservação da vida, não são capazes de expressar um preço tangível fixado pelos mercados convencionais (MOTA, 2001). No início do século XX, a Economia Ambiental Neoclássica surge quando o sistema econômico passa a ser coagido a agregar em suas análises os efeitos da problemática ambiental, já que o próprio sistema econômico é fonte de pressão sob os recursos naturais (ANDRADE, 2013).

Até então os recursos ambientais não eram considerados em nenhuma representação de análise econômica, papel que foi assimilado pela Economia Ambiental. Esta corrente de pensamento herdou da teoria neoclássica da economia ferramentas que possibilitaram internalizar as consequências da degradação ambiental por meio da agregação de custos ao preço de mercado, como meio de abrandar as externalidades causadas pelo sistema econômico, além de considerar também o ritmo de uso e disponibilidade temporal destes recursos (MARQUES; SILVA; MATA, 2019).

Em contrapartida, a Economia Ecológica foi além propondo ampliar a abrangência de análise dos impactos negativos sobre o meio ambiente, considerando em sua análise os aspectos dos processos biofísicos e ecológicos, e não apenas as externalidades causadas pela interação conflituosa entre o sistema produtor e a natureza. Esta corrente acomoda em suas análises metodológicas os aspectos sistêmicos para a criação de valor considerando a importância dos serviços ambientais para geração das riquezas naturais (ANDRADE, 2013; MARQUES; SILVA; MATA, 2019)

Sobre esta perspectiva, Mota (2001) ressalta que a visão restrita das atividades econômicas sempre esteve circunscrita a função do meio ambiente como fornecedor de matéria-prima ou receptor dos excrementos derivados de processos produtivos e de consumo, posto que a percepção era de que esses bens são gratuitos e abundantes na natureza. Ainda que um serviço

ambiental não seja puramente um bem econômico, eles possuem singularidades como sua capacidade de consumo e valor, portanto merecem ser incluídos nas análises econômicas como perdas para o sistema. (MOTA, 2001; MENUZZI; SILVA, 2015)

Do ponto de vista da Economia Ecológica, para as análises sobre valor são considerados aspectos de valor intrínseco e valor instrumental. O valor intrínseco está associado aos sentimentos que as pessoas nutrem em relação ao ambiente, ao prazer que proporciona, à contemplação e ao desejo de preservar este bem natural. Já o valor instrumental possui caráter essencialmente direto, prático e de uso corrente.

Neste sentido a ética e o sentimento assumem um papel determinante para fins de valoração intrínseca ambiental, não sendo possível reduzir a atribuição de valor a definições simplistas e objetivas. Desta forma, é possível afirmar que as soluções dos problemas ambientais serão uma combinação do uso de instrumentos regulatórios, econômicos e da noção altruística da ética ambiental (MOTA, 2001).

Os valores ambientais percebidos pelas pessoas são parte de uma estrutura valorativa mais ampla, não só valores econômicos são levados em consideração quanto se trata de serviços ecossistêmicos, mas também valores que estão relacionados às estruturas criadas em cada sociedade como os valores à vida, a solidariedade e os direitos humanos. Estes podem ser considerados como valores não-econômicos. As ciências econômicas se valem da ideia de valor expressa pelo preço, mas em relação aos valores ambientais os preços não são capazes de expressar simploriamente a ideia de importância (ANDRADE, 2013).

De acordo com Motta (2011), a fim de apresentar uma definição mais próxima do valor ambiental, assim como ocorre aos bens e serviços do mercado convencional, é possível definir este tipo de valor a partir de atributos específicos, os quais podem ou não estarem associados ao uso. Desta forma, o Valor Econômico dos Recursos Ambientais ou VERA pode ser decomposto em Valor de Uso -VU e Valor de Não Uso -VNU.

Sendo sua avaliação expressa por:

$$VERA = (VUD + VUI + VO) + VE$$

Em que:

VUD - Valor de Uso Direto, que é atribuído aos bens ou serviços utilizados diretamente pelos indivíduos, como por exemplo a extração, visitação, atividades de pesquisa;

VUI - Valor de Uso Indireto, que é atribuído aos bens ou serviços que derivam de funções ecossistêmicas, como por exemplo o controle climático e a proteção dos mananciais;

VO - Valor de Opção, que é atribuído à conservação de recursos que podem estar ameaçados para uso no futuro, sejam eles diretos ou indiretos. Por exemplo, as propriedades genéticas ainda não descobertas em florestas tropicais;

VE - Valor de Existência, Valor Passivo ou Valor de Não Uso, não está associado ao uso, mas que advém de questões éticas, morais e altruísticas com relação ao direito de existências de outras espécies vegetais ou animais, mesmo não representando o uso direto no presente para a sociedade. Por exemplo, o engajamento para salvar pandas ou baleias em locais do mundo em que o indivíduo nunca poderá fazer uso destas espécies.

A literatura da área vem desenvolvendo outros métodos de valoração ambiental, os quais podem apresentar limitações, estando associados ao grau de sofisticação, seja quanto a metodologia ou a base de dados disponível, seja pelas hipóteses de como se apresenta o comportamento do indivíduo consumidor ou os efeitos da degradação ambiental em cada setor da economia (MOTTA, 2011).

Por outro lado, Mota (2001) reforça a importância de se agregar os fatores já mencionado em análises de planejamento, pois sua não execução pode gerar danos muitas vezes irreversíveis. O autor afirma que a degradação dos recursos ambientais, apesar de classificadas como danos ou perdas não são consideradas nas contas nacionais, como no Produto Nacional Bruto (PNB)³.

Diversas atividades provenientes dos serviços ambientais como a retirada de madeira, a exploração mineral e o uso de produtos florestais estão centrados apenas como produto da atividade econômica, mas não é imputado na contabilidade a depreciação decorrente destas atividades. Agregar estes danos ambientais ao produto total gerado em um país, também é um meio de se criar indicadores macroeconômicos para se medir e subsidiar a formulação de políticas públicas ambientais (ANDRADE, 2013).

Desta forma, é possível afirmar que o desafio da valoração ambiental está em incorporar os valores não-econômicos dos serviços ecossistêmicos a um patamar mais amplo e extensivo, em uma perspectiva mais dinâmica, em que sejam considerados em plenitude as complexidades envolvidas na propagação dos serviços e suas interações com as variáveis antrópicas (ANDRADE, 2013).

³ Produto Nacional Bruto (PNB) é o valor agregado de todos os bens e serviços resultantes da mobilização de recursos nacionais (pertencentes a residentes no país), independente do território econômico em que esses recursos foram produzidos. Quando o PNB é inferior ao PIB, o país em questão remete para o exterior mais renda do que recebe. Fonte: Agência Senado

Estas questões deixam de ser encaradas apenas como um mero selo verde de sustentabilidade, em que uma corporação busca apenas minimizar danos junto à sociedade, para serem factualmente incorporadas como grandes desafios para as próximas décadas. A medida em que os ecossistemas atuam em baixos níveis de resiliências frente aos diversos impactos, mais urgente se faz estudos que incorporem as variáveis ambientais aos custos do sistema econômico-financeiro.

3.3. PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

Nas últimas décadas, desde a promulgação da Constituição Federal de 1988, que muito se tem discutido sobre o dever e necessidade de transformar a agenda ambiental em um tópico constante nas discussões entre governo e sociedade. Ainda mais quando são considerados os desastrosos impactos advindos de atividades ligadas ao agronegócio, ocasionando uma perda dramática da nossa biodiversidade e extermínio de diversos ecossistemas nos domínios fitogeográficos brasileiros.

Estudiosos da área ambiental têm buscado novas abordagens que possam minimamente compensar ou evitar estas perdas. A solução encontrada muitas vezes recai em lançar mão de instrumentos econômico, em que incentivos são propostos na forma de prêmio, concessões, seguros ou compensações financeiras. Dentre estes instrumentos está o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), no qual são oferecidos incentivos que buscam catalisar boas práticas em manutenção, recuperação ou perda de serviços ecossistêmicos (ALTMANN; SOUZA; STANTON, 2015).

Em princípio, faz-se necessário esclarecer o entendimento de autores da área quanto as diferenças de conceitos entre serviços ecossistêmicos e serviços ambientais. No caso dos serviços ambientais, foi definido que todo e qualquer benefício gerado estão filiados a ações de manejo humano sobre os sistemas naturais, enquanto que os serviços ecossistêmicos produzem benefícios diretos e indiretos sobre o funcionamento dos ecossistemas, sem que haja qualquer interferência humana. Portanto, a geração de serviços ecossistêmicos carece da intervenção humana mediante prestação de serviços ambientais, tais como, ações de manejo que visem a preservação, conservação ou restauração de ecossistemas. São estas ações que devem ser compensadas por meio do PSA (AHRENS; AHRENS, 2015).

A intervenção humana sobre a natureza promove externalidades positivas, em que o homem atua auxiliando os ecossistemas, podendo também se beneficiar. Em termos práticos, o

instrumento econômico de PSA está vinculado ao princípio do pagador-recebedor, em que se tem por objetivo corrigir falhas de mercado e promover a internalização pelo sistema econômico de que os recursos naturais não estão disponíveis para uso livre (WUNDER, 2005).

Ainda que os mecanismos para realização destes pagamentos esbarem em gargalos de mercado, evidenciando as complexidades do tema, ao buscar valorizar e remunerar estas externalidades positivas se propõem a recuperação dos investimentos ou custos efetivos dos indivíduos que voluntariamente contribuem com a produção desses benefícios para além dos limites de suas propriedades (ALTMANN; SOUZA; STANTON, 2015).

Além do princípio do pagador-recebedor, existe também mecanismos de PSA baseados no princípio de usuário-pagador, em que os indivíduos que se beneficiam de um serviço ambiental devem pagar pelo seu recebimento, como por exemplo os usuários de água à jusante das bacias hidrográficas. O que significa dizer que um serviço ambiental bem definido será comprado por um pagador por meio de um provedor que garanta a prestação do mesmo.

A maior problemática em torno do PSA ocorre pelo fato de que os provedores de serviços podem receber baixas remunerações ou nenhuma pela atividade, quando comparado ao que receberiam se optassem por converter suas propriedades para outro uso. Além disto, em termos de comparação, estes ganhos financeiros pelos provedores poderiam não ser capazes de alcançar o valor dos ganhos ambientais a nível local e global (PAGIOLA; GLEHN; TAFFARELLO, 2013).

Para que seja possível dirimir estas problemática em torno do PSA, é preciso adotar mecanismos estruturados que viabilizem e simplifiquem a sua aplicação entre pagadores e recebedores. Por isto, Wunder (2005) esquematizou o sistema de PSA em cinco elementos essenciais para condição de uso do instrumento, sendo eles a transação voluntária, os serviços ambientais bem definidos, o comprador, o vendedor e a condicionalidade. No entanto estes elementos podem ser também convertidos em outra classificação baseada em fatos sociais que se adequam a regulação a qual se deseja. São eles a transação voluntária, os incentivos positivos, a condicionalidade e a recuperação, manutenção ou melhora na provisão de um serviço ecossistêmico (ALTMANN; SOUZA; STANTON, 2015)

A transação voluntária ocorre quando um provedor se engaja mediante vontade própria e não coagido por uma norma que o direciona uma conduta. Este fato sugere que o titular provedor possa ter o direito subjetivo a uma contraprestação, podendo ser negociada e flexível, o que não impede o titular de decidir por outras alternativas para o uso da terra. Os incentivos positivos são um meio de qualificar e individualizar o PSA, oferecendo um incentivo (insumos, obra, dinheiro, treinamento, serviços) em contraprestação a uma conduta positiva, ao contrário

das políticas ambientais que costumam penalizar os atos negativos (PAGIOLA; GLEHN; TAFFARELLO, 2013).

A condicionalidade é uma conduta previamente comprovada que leva uma ação a uma consequência. O titular ao realizar uma conduta que seja efetivamente confirmada como positiva para recuperação de um serviço ambiental e apresenta como consequência um benefício, configura-se o direito ao recebimento do seu incentivo positivo. Por fim, a recuperação, manutenção ou melhora na provisão de um serviço ecossistêmico é o objetivo fim do PSA, devendo este ser bem definido para fins de sua aplicabilidade (ALTMANN; SOUZA; STANTON, 2015).

Em 2021, houve um relativo avanço ao ser sancionada a Lei 14.119 de 13 de janeiro de 2021, em que se instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Ainda que com vetos referentes a criação de órgão colegiado que defina a aplicação de recursos, do cadastro nacional sobre pagamentos e a previsão de incentivos tributários sem previsão orçamentaria, representa um importante passo enquanto instrumento jurídico que viabilizará ações concretas de preservação do capital natural brasileiro (SIQUEIRA, 2021). Apesar dos impasses para que a lei entre em vigor, alguns Estados e organizações ambientalistas não governamentais (ONGs), vêm adotando abordagens que foram baseadas na proposta definida pelo sistema de PSA.

Dentre os instrumentos mais utilizados no Brasil estão os impostos ecológicos, também chamado de ICMS⁴ ecológico, em que o Estado incorpora a área de conservação às suas fórmulas de atribuição de impostos. Os repasses dos valores são direcionados para que os municípios possam compensar a perda de receita nessas áreas e também para que seja ampliada a conservação e proteção ambiental (PAGIOLA; GLEHN; TAFFARELLO, 2013).

Também foram incorporados, com uma boa adesão, os incentivos a criação de Reservas Privadas, quando o proprietário dispõe voluntariamente suas terras para criação de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), sendo tais titulares isentos de impostos sobre a reserva. Além disto, existem os subsídios à produção sustentável, em que são criadas reservas extrativistas, onde é possível apoiar as atividades econômicas sem que haja danos ao ecossistema (PAGIOLA; GLEHN; TAFFARELLO, 2013).

No Brasil, existe a Lei Chico Mendes no Acre que subsidia a extração de borracha (PAGIOLA; GLEHN; TAFFARELLO, 2013). Outros instrumentos, como a compensação de

⁴ ICMS - Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação. Fonte: Secretaria da Fazenda de São Paulo

reservas legais ou associação de reposição florestal, ainda estão em via de serem consolidados como meios de promover a conservação dos ecossistemas no Brasil, uma tarefa árdua, mas que deverá ser incorporada como agenda dos governos e sociedade, mediante as pressões internacionais por ações efetivas de preservação.

3.4 RESILIÊNCIA AMBIENTAL URBANA

O termo resiliência remonta às discussões que se originaram na área da Ecologia e dos sistemas sociais. Holling (1973) conceitua a resiliência como a reação de um sistema após um estado de perturbação, como esse sistema consegue persistir em seu estado inicial, mesmo mediante a uma série de perturbações. Saccaro Júnior e Coelho Filho (2016) vão além ao afirmar que a resiliência deve ser antes de tudo, funcional. O que significa dizer que é necessário que o sistema não só se restabeleça, como mantenha a maioria das suas funções novamente em funcionamento, o tornando resistente aos próximos impactos.

Trazendo esta ideia para a vivência em um ecossistema urbano é como se a cidade fosse um sistema que deve lidar com suas vulnerabilidades, adaptar-se às mudanças ao mesmo tempo em que aumentam o nível de bem-estar humano. Resiliência é “tanto um requisito para o desenvolvimento sustentável quanto um caminho para atingi-lo [...]. Não se trata apenas de resistir a mudanças [...], mas também de transformá-los em oportunidade de desenvolvimento” (SACCARO JÚNIOR; COELHO FILHO, 2016, p.284).

No meio urbano, o termo resiliência se refere a estudos sobre como os sistemas ecológicos reagem às tensões ou perturbações advindas de fatores externos. Como tipos de fatores que causam essas perturbações, é possível apontar aquelas decorrentes de choques, como catástrofes naturais, aos quais é preciso uma ação imediata antes que se estabeleça uma quebra de rotina no espaço. Os estresses crônicos são condições que ocorrem a longo prazo no ambiente, decorrentes de pressões sociais, mudanças econômicas ou climáticas (PBMC, 2016).

Então para a resiliência urbana o mais importante é sofrer o menor impacto possível mediante um estado de pressão (PBMC, 2016). Por este motivo, a garantia de conservação dos recursos naturais vem sendo trabalhada a níveis globais e locais na busca pela redução dos impactos negativos causados principalmente às cidades, regiões estas que podem se beneficiar com medidas de longo prazo ao se optar por uma gestão focada na preservação e bem-estar coletivo.

3.5 OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

No ano de 2015, representantes dos 193 Estados-membros da ONU adotando o documento “Transformando o nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável”, no qual os países se comprometeram a tomar medidas para erradicação da pobreza extrema, sendo este um requisito à promoção do desenvolvimento sustentável. A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável é um guia de ações globais, as quais devem ser adotadas pelos próximos 15 anos com o objetivo de buscar um planeta mais sustentável e resiliente. Nela constam os 17 ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável) e suas 169 metas, de forma a servirem como roteiro para os desafios e práticas a serem adotadas a nível global e regional (PNUD, 2015). A seguir, a Figura 2 demonstra os 17 ODS.

Figura 2 – Relação dos 17 objetivos do desenvolvimento sustentável



Fonte: Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 (2022)

Dentre os ODS, é possível destacar para os objetivos desta pesquisa o ODS 15 que tem como meta geral “Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade” (IPEA, 2019). Para o Brasil, este ODS foi adaptado para 12 metas gerais e indicadores, que em seu escopo versam sobre a conservação de domínios fitogeográficos, perda de biodiversidade, tráfico de espécies protegidas, proteção dos ecossistemas marinhos, terrestres e dos rios, além das regiões degradadas.

A proposta da Agenda 2030 é de que os países possam se apropriar dela e buscar a adequação das metas globais à realidade territorial nacional e regional por meio da incorporação

deste compromisso ao planejamento, planos e às políticas dos governos. Desta forma, as ações ocorrerão de forma direcionada e contextualizada ao cenário local para o atingimento das metas.

Para o ODS 15, de catorze indicadores apenas três possuem dados oficiais, ainda assim são dados não atualizados, demonstrando a grave situação do Brasil frente ao monitoramento de aspectos importantes para a gestão da biodiversidade. De acordo com o Relatório Luz (2022), nenhuma das metas avançaram no último ano, pelo contrário, a maioria se encontra em retrocesso, estagnada ou ameaçada.

A meta 15.1 que trata sobre assegurar a conservação e recuperação de ecossistemas, encontra-se em retrocesso mediante o aumento do desmatamento, em especial no Cerrado e na Amazônia. A Meta 15.4 que versa sobre a conservação dos ecossistemas de montanha, continua estagnada. Além de não ter se tornado uma política de governo, não há um sistema de monitoramento oficial utilizado para o ODS e que seja integrado. A Meta 15.6 com seu indicador adaptado busca identificar quais países adotam quadros legislativos, administrativos e políticos para uma partilha justa de benefícios. Esta meta ainda é insuficiente, apesar de possuir legislação sobre o uso do patrimônio genético, ainda é necessária a regulamentação da lei (RELATÓRIO LUZ, 2022).

Para o presente estudo destaca-se também o ODS 11 que possui como meta geral “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (IPEA, 2019). Este ODS prioriza questões que perpassam pelas principais problemática enfrentadas pela teia urbana, desde questões fundiárias às questões de urbanização sustentável e gestão urbana ambiental. É possível destacar algumas metas que possam direcionar caminhos nas políticas públicas para redução dos danos causados pela escassez de serviços ecossistêmicos nos centros urbanos.

A Meta 11.4 trata da necessidade de proteger o patrimônio natural e cultural do Brasil. Esta meta se correlaciona com os bens naturais de categoria cultural dos serviços ecossistêmicos, uma vez que busca salvaguardar todos os bens que servem de inspiração às pessoas, seja como forma de expressão ou conexão espiritual, assim a promoção de atividades de lazer (IPEA, 2019).

A Meta 11.5 relata a necessidade de reduzir mortes de pessoas causadas por fatores hidrometeorologia e climatológica, assim como reduzir o número de pessoas morando em áreas de risco. Esta meta relaciona estes eventos que ocorrem no Brasil aos fenômenos naturais, mas também às falhas nas políticas públicas e planos de governo de prevenção ao risco de desastres, quando é permitido pela ordem econômica ou interesses políticos locais que pessoas ocupem áreas protegidas ou sujeita a inundações, causando um desserviço ecossistêmico à toda

população que está direta e indiretamente dependente dos benefícios dessas áreas (IPEA, 2019).

Dentre as causas para muitos dos desastres que ocorrem nos centros urbanos estão o excesso de áreas impermeabilizadas que permite a acumulação e escoamento acelerado dos corpos d'água pluviais por vias públicas originando os alagamentos ou a falta de cobertura vegetal que possa absorver o excesso de chuvas. (PBMC, 2016).

Já a Meta 11.b versa sobre até 2030, aumentar significativamente o número de cidades que possuem políticas e planos desenvolvidos e implementados para mitigação, adaptação e resiliência a mudanças climáticas e gestão integrada de riscos de desastres de acordo com o Marco de Sendai⁵. Esta meta remete a necessidade de adequação do ODS 11 juntamente ao que já se tem desenhado enquanto leis e políticas públicas, em específico, as orientações a serem seguidas pelo Estatuto da Cidade e pelo Plano Diretor Municipal (IPEA, 2019). Desta forma, fica evidente a importância dos ODS adequados à realidade brasileira, face aos impactos ambientais causados pela prestação inadequada de serviços ecossistêmicos em áreas urbanas.

3.6 HISTÓRICO DA CRIAÇÃO DO SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Desde meados do século XIX, o Brasil passou por inúmeras tentativas para o estabelecimento de áreas ambientalmente protegidas, tendo algumas prosperado e outras não. Elas foram importantes no sentido de buscar minimamente a adequação do Brasil às demandas internacionais de proteção ambiental, assim como involuntariamente acabaram por resguardar partes dos recursos naturais em um País de dimensões territoriais extensas, em que não havia nenhuma lei que norteasse a exploração desses recursos.

A criação das Unidades de Conservação (UC) “não obedeceu a nenhum planejamento mais abrangente. As UCs foram estabelecidas por razões estéticas e em função de circunstâncias políticas favoráveis” (MERCADANTE, 2001, p.190). Outra preocupação apontada por Drummond, Franco e Oliveira (2010), diz respeito ao resguardo dos mananciais que serviam as áreas urbanas, logo a preservação dessas áreas seria um fator importante para a manutenção da qualidade da água. Os autores apontam como exemplo desta preocupação com a oferta de água urbana o replantio que ocorreu em parte da floresta da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, entre

⁵ Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres (2015–2030), é um documento internacional que foi adotado pelos estados membros das Nações Unidas, realizada na cidade de Sendai, no Japão, em 2015. Fonte: Desefa Civil do Paraná.

os anos de 1861 e 1889.

À medida que a população cresce e o mundo se transforma, novas percepções sobre áreas protegidas foram sendo incorporadas às agendas de discussões internacionais com a criação de conselhos, fóruns e leis em vários países. No Brasil, as definições de UCs passaram por várias mudanças categóricas em que novos objetivos passaram a ser agregados para atender ao objetivo maior de preservação da natureza (DRUMMOND; FRANCO; OLIVEIRA, 2010), além dos objetivos de exploração econômica das áreas por ora conflitantes à manutenção dos domínios fitogeográficos e ecossistemas.

Em 1876, inspirado no Parque Yellowstone nos Estados Unidos, o engenheiro André Rebouças sugeriu a criação dos primeiros Parques Nacionais do Brasil, sendo eles na Ilha do Bananal no Rio Araguaia e outro em Sete Quedas no Rio Paraná, que somente se concretizaram anos depois como Parques Nacionais (MEDEIROS, 2006; BEZERRA, 2015). O primeiro Parque Nacional criado com a finalidade de preservação da natureza foi de fato o Parque Estadual da Cidade em São Paulo no ano de 1896.

Na década de 1930, outras áreas protegidas foram criadas com a finalidade de servir como local de visitação e de estudos de trabalhos científicos, são as estações biológicas. Uma delas foi demarcada no atual Parque do Itatiaia, no Rio de Janeiro, e a outra na Serra do Mar, em São Paulo (DRUMMOND; FRANCO; OLIVEIRA, 2010).

Alguns dispositivos legais contribuíram para a regulamentação do que seriam as primeiras categorias de UCs no Brasil, como se conhece atualmente. O Decreto nº 23.793/34, primeiro Código Florestal, previu a criação dos parques nacionais, estaduais e municipais, os quais foram classificados em quatro grupos. O grupo das florestas protetoras e das florestas remanescentes, tinham um caráter de conservação, viriam a ser a referência para a criação das Áreas de Preservação Permanente (APP), com a promulgação do novo Código Florestal de 1965 (Lei nº 4.771).

O grupo das florestas modelo e florestas produtivas, foram definidas como áreas manejadas para exploração comercial. Da mesma forma, também foram o embrião do que viria ser, a partir da década de 1970, as florestas plantadas em áreas particulares e das florestas nacionais (DRUMMOND; BARROS-PLATIAU, 2006; FONSECA; SILVA; ALBUQUERQUE, 2019).

No entanto, foi na década de 1970, que ocorreram os primeiros passos voltados ao planejamento para a criação de um sistema integrado e unificado do que viria a ser definido como Unidade de Conservação (UC). Como consequência das discussões em nível mundial, como a Conferência de Estocolmo em 1972, e das crescentes pressões para que o Brasil

assumisse uma posição frente às questões ambientais, foi criada em 1973, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). Seu principal objetivo era gerir e fiscalizar as áreas protegidas (MEDEIROS, 2006; SILVEIRA, 2017).

Em 1976, foi publicado o trabalho intitulado “Uma análise de prioridades em conservação da natureza na Amazônia”⁶, estudo este que serviu como parâmetro para fundamentação do Plano do Sistema de Unidades de Conservação do Brasil, realizado entre os anos de 1979 e 1982, sendo este plano a primeira iniciativa para criação do futuro Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.

A proposta do plano foi identificar as áreas mais importantes para preservação e criar ações que promovessem a implementação, manutenção e gestão do sistema. Até então já existiam as áreas protegidas criadas por dispositivos de diferentes legislações. Ainda assim, foram propostas a criação de novas categorias de áreas protegidas (MERCADANTE, 2001; MEDEIROS, 2006).

É importante lembrar que a nova Constituição Federal Brasileira, promulgada em 1988, trouxe uma série de mudanças jurídicas ao País, dentre elas a inclusão de um capítulo dedicado às questões ambientais. O Capítulo VI no Art. 225 da CF/1988, elevou o meio natural ao patamar de direito humano, nele são abordados os mecanismos para criar e controlar áreas protegidas, assim como reforça o pacto que deve haver entre Estado e sociedade para garantir o cuidado com o meio ambiente (STRAPAZZON; MELLO, 2015).

Foi também em 1988, que o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) solicitou à Fundação Pró-Natureza (FUNATURA), um estudo que indicasse todas as categorias de proteção que existiam no País, tornando o estudo em um anteprojeto de lei para a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), em que constaria a criação da terminologia “Unidade de Conservação” (UC).

Elas foram distribuídas em nove categorias organizadas em três grupos: UCs de Proteção Integral - Parque Nacional, Reserva Ecológica, Monumento Natural, Refúgio da Vida Silvestre; UCs de Manejo Provisório - Reserva de Recursos Naturais e UCs de Manejo Sustentável - Reserva de Fauna, Área de Proteção Ambiental e Reserva Extrativista (MERCADANTE, 2001).

Somente em 1992, o anteprojeto foi apresentado à Presidência da República e encaminhado ao Conselho Nacional como Projeto de Lei nº 2892/92. Durante longos oito anos ocorreu a tramitação do Projeto de Lei (PL), demonstrando a difícil missão do Congresso em

⁶ Estudo desenvolvido pelo antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF, 1976

atender aos divergentes anseios das correntes preservacionistas, conservacionistas, ruralistas e socioambientalistas em um conflito cercado por lobby e mudanças de representantes na Câmara.

Por fim, em seu texto final tendo essencialmente a predominância de uma visão mais preservacionista, foi aprovada a Lei nº 9985/2000, ou Lei do SNUC, em que foram estabelecidas a criação de doze categorias de UCs, distribuídas em dois grandes grupos, sendo as Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável (MEDEIROS, 2006; CALDAS, 2015).

Algumas categorias de Unidades de Conservação foram aglutinadas e outras criadas para compor o quadro geral de UCs existentes no Brasil, ainda que algumas sobreponham características similares. Para o primeiro grupo, que são as Unidades de Proteção Integral foram definidas as seguintes categorias: Estação Ecológica - ESEC; Reserva Biológica - REBIO; Parque Nacional, Parque Estadual e Parque Natural Municipal; Monumento Natural - MONA e Refúgio de Vida Silvestre - RVS (GELUDA *et al.*, 2015).

A Estação Ecológica tem por objetivo prestar o serviço de preservação da natureza, além de servir como ambiente para pesquisas científicas. A Reserva Biológica deverá preservar integralmente a biota e demais atributos existentes em seus limites, sem que haja interferência humana direta. A exceção cabe apenas às intervenções realizadas para manejo ou recuperação dos elementos naturais (BRASIL, 2000).

Já os Parques Nacionais, Estaduais e Municipais deverão preservar em seu território os ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica. Também é possível a sua utilização para fins de pesquisa científica, atividades educacionais, recreação e turismo. O Monumento Natural cumpre sua função ao preservar ambientes raros e de grande beleza cênica. O Refúgio de Vida Silvestre revela sua importância por proporcionar as condições ideais para a existência e reprodução de espécies, seja uma fauna residente ou migratória e também a flora local (BRASIL, 2000).

O segundo grupo engloba as UCs definidas para Uso Sustentável. Sendo elas as Área de Proteção Ambiental - APA; a Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE; a Floresta Nacional - FLONA e Floresta Estadual ou Municipal; a Reserva Extrativista - RESEX; a Reserva de Desenvolvimento Sustentável - RDS; a Reserva de Fauna - REFAU e a Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN (GELUDA *et al.*, 2015).

A Área de Proteção Ambiental tem por finalidade proteger a diversidade biológica, mas também garantir a sustentabilidade de exploração dos recursos naturais em processos de ocupação. A Área de Relevante Interesse Ecológico tem por objetivo manter os ecossistemas

naturais locais, mas regulando o uso das áreas de forma a manter a conservação da natureza. A Floresta Nacional, Floresta Estadual ou Municipal foram criadas para atender a usos múltiplos dos recursos florestais, assim como a pesquisa científica com foco na exploração sustentável de florestas nativas. A Reserva Extrativista tem por objetivo a vida e cultura das populações extrativistas tradicionais, assegurando o uso sustentável das reservas naturais (BRASIL, 2000).

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável deverá preservar a natureza, assegurando as condições de reprodução, melhoria e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, além de valorizar e propagar as técnicas de manejo do ambiente realizadas por estas populações. A Reserva de Fauna tem por finalidade manter as condições para a sobrevivência de espécies nativas animais residentes ou migratórias, servindo como um ambiente para realização de estudos científicos de manejo da fauna. E por fim, a Reserva Particular do Patrimônio Natural são propriedades criadas em áreas já exploradas com a finalidade de conservar a diversidade biológica local (BRASIL, 2000).

De acordo com a Lei do SNUC, as Unidades de Proteção Integral têm como finalidade preservar a natureza, admitindo-se apenas o uso indireto dos recursos naturais, isto quer dizer que os seus ecossistemas estão isentos da interferência causada pelas atividades humanas, não sendo permitido a coleta e uso dos elementos naturais. Enquanto isto, as Unidades de Uso Sustentável foram criadas para que fosse possível conciliar a exploração do meio ambiente, entretanto mantendo a continuidade de permanência dos recursos naturais e processos biológicos, tornando a UC um espaço de atuação social justo e passível de exploração econômica (GELUDA *et al.*, 2015; SEMAS, 2021).

3.7 LEIS AMBIENTAIS E AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS E MUNICIPAIS

Diante da necessidade de garantir a proteção das áreas naturais remanescentes no estado de Pernambuco, assim como se alinhar às novas demandas de preservação ambiental, algumas ações foram concretizadas ao longo das últimas décadas no sentido de deixar o estado de Pernambuco preparado para lidar com os impactos negativos ao meio ambiente. Dentre elas, a criação de leis ambientais, sendo este o passo mais importante para se criar uma estrutura mínima de diretrizes com as quais é possível fortalecer a proteção dos ecossistemas.

Em 2009, foi editada a Lei Estadual nº 13.787/2009 ou o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC. Assim como no SNUC, a lei estadual versa sobre os

direcionamentos para criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação em Pernambuco, além de definir a aplicação de penalidades e dirimir sobre os atos de infração. De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco – SEMAS, existem no Estado um total de 90 UCs, dentre as quais 43 UCs pertencem ao grupo de Proteção Integral e as outras 47 pertencem ao grupo de Uso Sustentável (CPRH, 2021).

No Quadro 1 são apresentadas as UCs estaduais, sendo que dentre o grupo das Unidades de Proteção Integral existem atualmente 35 Refúgios da Vida Silvestre (RVS), cinco Parques Estaduais (PE), três Estações Ecológicas (ESEC) e um Monumento Natural (MONA). No grupo das Unidades de Uso Sustentável estão oito Reservas de Floresta Urbana (FURB), 15 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPNN), 21 Áreas de Proteção Ambiental (APA) e uma Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE).

Ainda de acordo com a SEMAS, foi criado o Programa de Gestão Integrada das Unidades de Conservação de Pernambuco, sendo uma parceria entre a SEMAS e a Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH⁷, de forma a criar uma estrutura sólida para o atendimento às demandas da gestão nas UCs (SEMAS, 2021).

Quadro 1 – Relação das unidades de conservação estaduais de Pernambuco segundo a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS	
Categoria	Tipo
Unidades de Proteção Integral	01 - Monumento Natural (MONA) 03 - Estações Ecológicas (ESEC) 05 - Parques Estaduais (PE) 35 - Refúgios da Vida Silvestre (RVS)
Unidades de Uso Sustentável	01 - Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) 08 - Reservas de Floresta Urbana (FURB) 15 - Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPNN) 21 - Áreas de Proteção Ambiental (APAs)

Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco-SEMAS (2021)

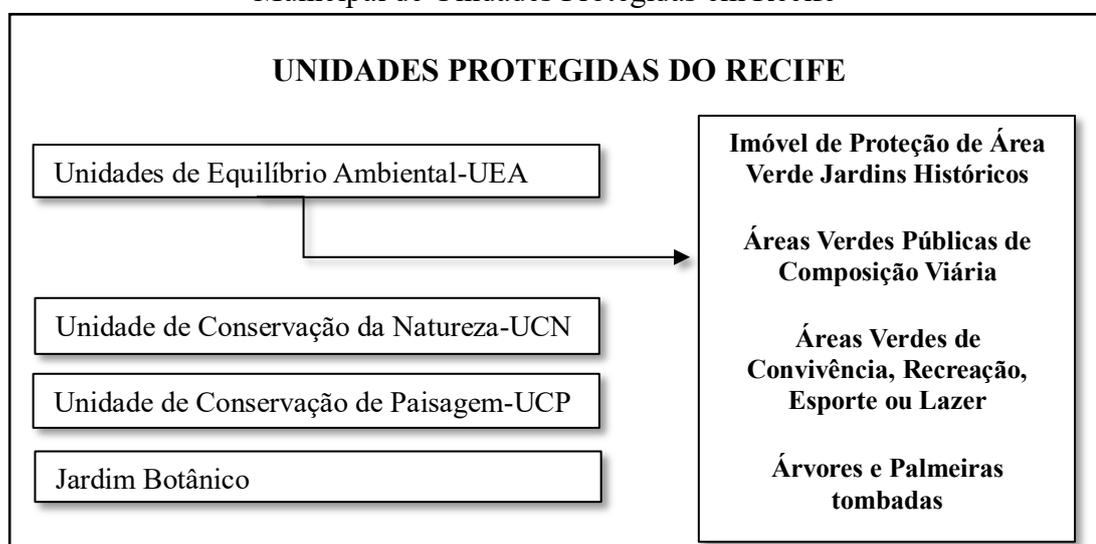
Outro instrumento importante para a criação das políticas ambientais é o Plano Diretor do Recife (Lei nº 17.511/2008), o qual versa sobre os princípios fundamentais que devem direcionar a cidade, assim como a função social do município; a função social da propriedade urbana; a sustentabilidade e a gestão democrática (RECIFE, 2008a). Foi a partir dele e da Lei

⁷ Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH é o órgão responsável pela administração e gestão ambiental das Unidades de Conservação Estaduais. Fonte: CPRH

nº 16.243/1996, Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife, que se formou o alicerce para a criação da Política Ambiental da Cidade do Recife.

Como instrumentos de gestão ambiental é possível apontar a criação do Conselho Municipal do Meio Ambiente, o Fundo Municipal do Meio Ambiente, a Brigada Ambiental, o Zoneamento Ambiental, o Sistema Municipal de Unidades Protegidas (SMUP), o Licenciamento Ambiental, a Fiscalização Ambiental e a Compensação Ambiental (RECIFE, 2022d). A Figura 3 demonstra a categorização das unidades protegidas do Recife.

Figura 3 - Categorização das Unidades Protegidas Municipais segundo o Sistema Municipal de Unidades Protegidas em Recife



Fonte: Adaptado com base na Lei Municipal nº 18.014/2014. Elaborado pela autora (2022)

De acordo com a Lei do SMUP em seu Art.9º, o Jardim Botânico é uma unidade protegida dotada de coleções de plantas vivas devidamente documentadas e organizadas, tendo como finalidade o estudo, pesquisa e documentação do patrimônio florístico. É acessível ao público para fins de educação, pesquisa científica, cultura, lazer e conservação do meio-ambiente (RECIFE, 2014b). No Art. 13 são classificadas as Unidades de Conservação da Natureza – UCN, sendo espaços territoriais com recursos naturais, inclusive as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes (RECIFE, 2014b).

As UCNs possuem limites definidos em um regime especial de administração, tendo por objetivo a conservação. Para a criação e gestão de UCNs é necessário que se observe as recomendações previstas na Lei Federal do SNUC e na Lei Estadual do SEUC, pois para tal será necessário estudo técnico prévio e sua existência estará vinculada à ato do Poder Público Municipal. Além disto, as Unidades de Conservação da Natureza deverão dispor de um Plano

de Manejo, no qual estarão definidas normas objetivas de uso, ocupação e possibilidade de exercício de atividades na unidade (RECIFE, 2014b).

As Unidades de Conservação da Paisagem – UCP são definidas no Art.17 do SMUP como um recorte de território dotado de valores materiais e imateriais que foram consolidados como tal e refletem a identidade do Recife. Assim são consideradas as áreas de ocupação humana dotados de atributos naturais e culturais, as quais materializam a história de ocupação da cidade; áreas que abrigam espécies da biota regional ou local com uma relevância ecológica importante e que se justifica a proteção e conservação; áreas que são um recorte singular do Recife, tendo um atributo físico e geográfico pautado por intervenções humanas e que ao longo do tempo foram incorporadas como símbolo da memória da Cidade (RECIFE, 2014b).

As Unidades de Equilíbrio Ambiental – UEA, definidas no Art.21, são espaços de vegetação inseridos na malha urbana, tendo por finalidade promover a amenização do clima, mantendo ou levando a qualidade ambiental e paisagística da cidade. Sua existência traz melhoras ao bem-estar da população, podendo ser destinado à prática de atividades esportivas, de contemplação, recreativas, de convivência, lazer, entre outras.

As Unidades de Equilíbrio Ambiental também foram subdivididas em categorias, sendo elas os Imóvel de Proteção de Área Verde – IPAV; Jardins Históricos; Áreas Verdes Públicas de Composição Viária – AVPV; Áreas Verdes de Convivência, Recreação, Esporte ou Lazer – AVCEL e Árvores e Palmeiras Tombadas (RECIFE, 2014b). Ainda que a legislação municipal seja baseada nos direcionamentos da lei federal do SNUC, observa-se que cada cidade poderá definir com base na realidade local, suas próprias categorias de unidade protegidas e por consequência realizar os direcionamentos quanto a necessidade de planos de manejo, a existência apenas para fins de preservação ou até mesmo a possibilidade de incorporar diferentes ocupações e usos do espaço.

3.7.1 PROGRAMA UC PERNAMBUCO

Tento por objetivo promover soluções integradas para a gestão ambiental das Unidades de Conservação do Estado de Pernambuco, em abril de 2021, foi lançado o Programa UC Pernambuco, sendo esta uma iniciativa da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) em conjunto com a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) e com o Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), sendo este contratado para executar o programa. O programa pretende realizar uma série de estudos de diagnósticos ambientais em

biomas de áreas remanescentes de Mata Atlântica, Caatinga e Marinho Costeiro. Ao todo serão 47 unidades de conservação (UC) estaduais das 89 UCs existentes, o que corresponde a 35 municípios beneficiados (ITEP, 2021).

Estes estudos serão importantes para fortalecer a gestão e a conservação dos recursos naturais distribuídos pela Zona da Mata, Agreste, Sertão e RMR. Uma das atividades do programa é a criação ou renovação dos planos de manejo, o que inclui o levantamento das condições atuais do meio biótico e antrópico, a investigação dos pontos fortes e fracos de cada UC de territórios, definições para o zoneamento, diagnóstico dos recursos existentes, áreas que necessitam de recuperação e futuras instalações de infraestrutura necessárias à gestão dos espaços. Já as UCs com biomas estuarinos serão escolhidas para receber diagnósticos socioambientais (SEMAS, 2022).

Para que seja possível avançar nos trabalhos, o programa prevê a participação das comunidades locais, tanto dos agentes que atuam diretamente na proteção das reservas, como o envolvimento de diversas instituições da sociedade civil que contribuirão com os diagnósticos socioambientais e com a futura formação de conselhos gestores. Os conselhos gestores serão responsáveis por executar e acompanhar a realização de todas as atividades e diretrizes definidas no plano de manejo (ITEP, 2021).

Vale ressaltar que o programa pretende definir quais áreas serão propícias à criação de corredores ecológicos, sendo este instrumento uma faixa de vegetação que tem por objetivo ligar fragmentos de mata e unidades de conservação. Esta ação beneficiará a preservação da biodiversidade local por meio do deslocamento de fauna, da troca genética entre espécies e dispersão de espécies da flora. Isto poderá contribuir para a sobrevivência de espécies, gerar bem-estar diante da maior oferta de alimentos, reprodução e condições de habitat (SEMAS, 2022). Espera-se que o desenvolvimento do IASEA também possa contribuir e subsidiar ações voltadas a conservação das UCNs municipais.

3.8 CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS

No ano de 2010, ocorreu a 10ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CDB COP-10), que foi realizada na cidade de Nagoya no Japão. Nesta conferência foram realizados acordos internacionais, entre eles o Plano Estratégico de Biodiversidade com vigência de 2011 a 2020, no qual foram direcionadas ações concretas para mitigar a perda da biodiversidade global.

No plano foi proposta a criação de metas, chamadas de Metas de Aichi, província onde ocorreu a conferência. Foram definidos cinco objetivos estratégicos que se desdobraram em 20 metas. No total foram 60 objetivos, em que houve o comprometimento de 193 países para que juntos pudessem atingir os objetivos até 2020 (LEMOS *et al*, 2021). O Quadro 2 apresenta os objetivos estratégicos para as Metas de Aichi.

Quadro 2 – Relação dos Objetivos Estratégicos das Metas de Aichi

Metas de Aichi para a Biodiversidade
<p>Objetivo estratégico A: Tratar das causas fundamentais de perda de biodiversidade fazendo com que preocupações com biodiversidade permeiem governo e sociedade.</p>
<p>Objetivo estratégico B: Reduzir as pressões diretas sobre biodiversidade e promover o uso sustentável.</p>
<p>Objetivo estratégico C: Melhorar a situação de biodiversidade protegendo ecossistemas, espécies e diversidade genética.</p>
<p>Objetivo estratégico D: Aumentar os benefícios de biodiversidade e serviços ecossistêmicos para todos ecossistemas, espécies e diversidade genética.</p>
<p>Objetivo estratégico E: Aprimorar, ampliar a implementação por meio do planejamento participativo, gestão de conhecimento e capacitação.</p>

Fonte: Adaptado de CBD (2016) apud SILVA *et al.* (2019). Elaborado pela autora (2022)

Dentre as metas, é possível destacar a relevância da meta 11 do objetivo estratégico C, que reforça a conservação por meio de um gerenciamento eficiente de sistemas de áreas protegidas, estabelecendo a melhora da situação de biodiversidade de pelo menos 17% de zonas terrestres e águas continentais e 10% das zonas costeiras e marinhas. A meta 14 do objetivo estratégico D, que estabelece o aumento dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade de forma que atendam ao provento de serviços relacionados aos mananciais e fontes de água.

A meta 15 do objetivo estratégico D, a qual reforça a importância da conservação e restauração em pelo menos 15% dos ecossistemas degradados, sendo uma ação que promove a mitigação das mudanças climáticas e o combate à desertificação (SILVA *et al.*, 2019). Apesar de pequenos avanços importantes, nenhuma das 20 metas foi integralmente atingida, sendo apenas seis parcialmente atingidas, de acordo com o 5º relatório da CDB divulgado em setembro de 2020.

Os efeitos devastadores da degradação sobre a biodiversidade e o clima incentivaram a incorporação de metas arrojadas para a contínua busca pela restauração dos ecossistemas. O

período de 2021 a 2030, foi escolhido pelo Programa da ONU para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) como a “Década da ONU para Restauração de Ecossistemas”.

Lideranças globais chamam a atenção para a urgente necessidade de recuperar e proteger extensos hectares de ecossistemas pelo mundo, já que as pressões negativas sobre os recursos naturais têm afetado o bem-estar da população global. A ONU busca inspirar e apoiar as diversas instituições, desde governos a agricultores e comunidades locais, de forma que todos possam contribuir e fomentar as iniciativas de restauração da natureza e ampliar o alcance destas ações (ONU BRASIL, 2022).

A restauração de paisagens e florestas degradadas para espaços que sejam produtivos e funcionais é capaz de promover uma alavancagem nas condições socioeconômicas das comunidades locais (CALMON, 2021). A restauração de paisagens poderá conduzir a transformações que diretamente cumprirá a maior parte dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, assim como gerar empregos, proteger os recursos naturais, preservar a produção de alimentos e ajudar a eliminar a fome e a pobreza nos países mais fragilizados (ONU BRASIL, 2022).

No Brasil, a degradação está associada a diversos fatores como o desmatamento, ao uso intensivo do solo para agricultura sem o devido manejo, a ocupação irregular de áreas protegidas e vulneráveis, dentre elas as bordas de rios e regiões de encosta. Apenas na Amazônia, a conversão de floresta em pasto representa 80% do desmatamento neste domínio fitogeográfico (VINHA; MAY, 2014).

Como consequência, a falta de vegetação e florestas gera o aumento de emissão de gases de efeito estufa (GEE), impactando diretamente na temperatura e nas mudanças climáticas, associado a estes fatores temos o crescente aumento das atividades antrópicas ligadas ao setor de energia, indústria, transporte, construção e agricultura intensiva (CALMON, 2021). Tais fatores tornam urgente o compromisso do Brasil em assumir as metas impostas nos acordos internacionais de combate ao desmatamento e degradação florestal.

A Mata Atlântica é considerada pela *Conservation International* - uma organização não governamental de proteção a biodiversidade global - como um *hotspot* de biodiversidade, sendo este um domínio fitogeográfico que abriga uma ampla riqueza de espécies endêmicas, mas que apesar da sua importância, paralelamente tem sido alvo dos maiores índices de degradação e extinção (VINHA; MAY, 2014; BRAGA; LEITE; LUZ, 2021). As UCNs do município do Recife são consideradas importantes remanescentes do domínio fitogeográfico Mata Atlântica, por isto a relevância do papel da conservação desses ambientes para o cumprimento das metas

internacionais da ONU para a “Década da Restauração de Ecossistemas”. Além disto, áreas florestais são apontadas como regiões prioritárias para restauração dado o seu potencial para sequestro de carbono, mitigação de mudanças climáticas, proteção da biodiversidade e dos recursos hídricos.

3.8.1 SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS

Na última década, muitos estudos surgiram tendo como proposta mensurar quantitativamente os efeitos da degradação, assim como formas de recuperar domínios fitogeográficos em níveis locais e globais. Strassburg *et al.* (2020), em seus estudos sobre a restauração de ecossistemas, propuseram que a primeira etapa de avaliação seria a identificação das áreas prioritárias para restauração, os autores executaram um algoritmo, com base em uma função objetivo, que define a quantidade de área a ser restaurada em cada unidade de planejamento, visando maximizar os benefícios, sejam eles mitigação das mudanças climáticas e/ou biodiversidade, e/ou minimizar custos, como os custos de oportunidade e restauração.

Com isto, a função objetivo utilizada pelos autores pode ser dada por:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_i^{n_p} x_i \left(\frac{w_s s_i - w_b b_i}{c_i} \right) \\ \text{Sujeito a} \quad & \sum_i^{n_p} x_i A_i \leq T \\ & x_i \leq u_i, \forall_i \in n_p \\ & \sum_{j \in M_a} x_j A_j \leq L_a, \forall_a \in n_c, \end{aligned}$$

Em que x é a variável de decisão, que representa a proporção de um tipo de ecossistema a ser restaurado, dentro de cada unidade de planejamento i . Os dois componentes da função objetivo representam os retornos (benefício ou custo) de um tipo de restauração de ecossistema para a biodiversidade, b , somados em todas as espécies, e sequestro de carbono, s , em que o custo total de um tipo de restauração do ecossistema é a soma dos custos de oportunidade e restauração, c , e o número total de unidades de planejamento é representado por n_p (STRASSBURG *et al.*, 2020).

A primeira restrição, na fórmula citada, limita a área total do habitat a ser restaurado. Já a segunda restrição garante que a proporção da unidade de planejamento restaurada varia de

zero a um valor máximo, u , que representa a proporção da unidade de planejamento, que já está coberta por esse tipo de ecossistema ou representa um uso da terra que não pode ser restaurado.

A terceira restrição limita a área de habitat restaurada dentro de cada país, a , a um limite, L_a , em que, n_c , representa o número total de países e M_a representa o conjunto de membros das unidades de planejamento dentro dos países. Os parâmetros w_b e w_s , precisam ser definidos pelo usuário e ponderam a contribuição relativa dos componentes da biodiversidade e da mitigação das mudanças climáticas, respectivamente, da função objetivo.

A função objetivo pode ser resolvida em uma gama de pesos relativos para entender como estes componentes são compensados. Para os objetivos apontados pelos autores, seria necessário no mínimo 30% de áreas prioritárias para restauração global, o que garantiria uma absorção de 49% de CO₂ acumulado na atmosfera e 55% dos ecossistemas poderiam ser restaurados sem impactar a produção de alimentos (STRASSBURG *et al.*, 2020).

Já no Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) ao longo das últimas décadas também tem realizado diversos estudos sobre os impactos dos serviços ambientais sobre os sistemas agrofloretais, demonstrando por meio de suas pesquisas os ganhos que a conservação e o manejo sustentável das lavouras podem oferecer a produção agropecuária. Ao mesmo tempo em que se busca a redução das externalidades negativas, é possível auferir não só benefícios ambientais, mas também econômicos e sociais; proporcionando uma cadeia de ganha-ganha entre o homem e o meio ambiente (PARRON *et al.*, 2015).

Buscando diagnosticar e avaliar possíveis indicadores que valorem os serviços ambientais em diferentes sistemas de manejo agrofloretais no estado do Paraná, a Embrapa Florestas coordenou o projeto Servi Ambi. Este estudo investigou a relação existente entre tipo, intensidade e uso do solo na qualidade e quantidade de serviços ambientais. Para chegar nestes indicadores utilizou-se a “*Rubicode Project*”, uma abordagem de análise de serviços ambientais europeia, em que são consideradas diferentes combinações de indicadores para diferentes *trade-offs* de uso da terra (PARRON *et al.*, 2015).

Para tanto, foram selecionados como parâmetro alguns tipos de serviços ambientais, tais como sequestro de carbono no solo e biomassa, produção de alimentos, ciclagem de nutrientes, biodiversidade, fertilidade do solo e conservação do solo e ciclo da água. Com as categorias de uso do solo definidas, seria possível identificar o grau de contribuição dos serviços, podendo ser negativo, positivo ou nulo (PARRON *et al.*, 2015).

Foi então realizada a correlação dos serviços ambientais, tendo por referência a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA), suas respectivas funções ecosistêmicas, seus

indicadores quantificáveis e métodos de valoração adequados que pudessem fornecer informações do ponto de vista econômicos para os sistemas produtivos e manejáveis (PARRON *et al.*, 2015).

Diante da crescente demanda por recursos naturais e dos desafios para a restauração de áreas remanescentes de Mata Atlântica, no Brasil mais estudos vêm sendo desenvolvidos nas últimas décadas com o propósito de apontar caminhos possíveis para a melhorias na gestão da vida nos centros urbanos, do bem-estar humano e resgate dos ecossistemas. A capital paulista como território de exponente urbanização, tem sido pioneira em estudos voltados a identificar a importância de resgatar os benefícios dos ecossistemas, assim como instrumentos de gestão que possam subsidiar a tomada de decisão nas práticas de restauração (SÁNCHEZ *et al.*, 2020).

Neste contexto, destaca-se o reconhecimento dado ao conceito de serviços ambientais na prestação de benefícios diretos e indiretos em áreas verdes urbanas, o qual foi aplicado como base teórica à Política Municipal de Mudança do Clima – PMMC (2009) e reforçado no Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo – PDR (2014). Em 2019, houve também a elaboração do Plano Municipal de Conservação e Recuperação de Áreas Prestadoras de Serviços Ambientais – PMSA, assim como o Plano Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres – PLANPAVEL (SÁNCHEZ *et al.*, 2020).

O PLANPAVEL integra o Sistema Municipal de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres – SAPAVEL, sendo um dos planos que compõem o plano de metas da Prefeitura de São Paulo para os anos de 2019-2020, tendo por finalidade oferecer sustentabilidade ambiental à cidade através de políticas públicas de gestão. O plano foi elaborado para atender as áreas protegidas previstas em lei, as áreas prestadoras de serviços ambientais, as terras indígenas, parques públicos e espaços verdes sem edificações. Os parques municipais tiveram destaque no PLANPAVEL como foco de pesquisa voltada ao diagnóstico dos indicadores de serviços ecossistêmicos (PMSP, 2020).

Os parques municipais ganharam destaque por serem locais que oferecem diversas funções ao ambiente urbano, seja pela sua função cultural que engloba a missão de espaço educacional, de lazer e de exercício de cidadania dos seus habitantes. Ademais, é um ambiente com potencial para prestação de serviços ambientais voltados à conservação e recuperação da cobertura vegetal (SÁNCHEZ *et al.*, 2020).

Com isto é possível afirmar que os parques não exercem influência apenas para as áreas mais próximas ao seu entorno, podendo em conjunto com outros espaços verdes, formar uma rede de proteção para além da metrópole. Neste cenário, Sánchez *et al.* (2020) elegeram, com base nas pressões sofridas pelas mudanças no uso do solo e pela biodiversidade, quatro serviços

ecossistêmicos como indicadores basilares: sequestro de carbono, biodiversidade, regulação hídrica e regulação de temperatura.

De acordo com Sánchez *et al.* (2020), em florestas tropicais a biomassa produzida acima do solo, troncos e folhas, é um importante indicador de produtividade primária do ecossistema, sendo este um elemento significativo para o sequestro de carbono ao longo do tempo. Além disto, a avaliação da biomassa é um importante indicador para a biodiversidade em florestas.

O serviço de regulação hídrica está relacionado ao tamanho e distribuição espacial de áreas verdes, sobretudo por seu potencial de permeabilidade ser diretamente proporcional a área e vazões máxima de precipitação. Por fim, o serviço de regulação da temperatura também está relacionado a presença de espaços verdes como reguladores de extremos climáticos e na prevenção de ilhas de calor.

O trabalho de investigação de indicadores de serviços ecossistêmicos em parques urbanos também foi objeto de estudo de Gaudereto *et al.* (2018), os quais se ocuparam em diagnosticar como seria possível reduzir as perdas desses serviços, melhorando sua oferta no ambiente urbano com o propósito de agregar saúde a vida dos cidadãos. Desta forma, os autores propuseram um índice para avaliação de serviços ecossistêmicos em parques urbanos do município de São Paulo, como uma proposição metodológica que possa dar subsídio à gestão pública de áreas verdes.

Para a construção do indicador de serviço ecossistêmico para áreas verdes -ISEAV, os autores ressaltam a relação existente entre os benefícios das áreas verdes e a promoção da saúde física, mental e social das pessoas. Por isto, consideraram as funções ecossistêmicas de regulação, habitat e produção que estão em consonância com o contexto urbano, avaliando os serviços ecossistêmicos que possam promover a filtragem do ar, a regulação hídrica, mitigação de extremos climáticos e as relações socioculturais de aproximação com a natureza (GAUDERETO *et al.*, 2018).

Para a seleção dos indicadores que formam o índice, utilizaram-se de dados mensuráveis e representativos recomendados pela literatura, sendo estes dados primários e secundários. A função cultural não foi considerada na construção do índice por demandar indicadores quantitativos que fossem representativos, sendo esta uma limitação para o índice dos autores (GAUDERETO *et al.*, 2018).

Após a seleção das funções, foram selecionados os SE promovidos por áreas verdes e indicadores baseados na literatura e nos critérios de biodiversidade da Portaria 91 da Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente de São Paulo, onde o estudo foi aplicado. Os indicadores são selecionados, buscando agregar o maior número possível de serviços (GAUDERETO *et al.*,

2018). Por fim chegou-se à fórmula:

$$ISEAV = \frac{FR + FH + FP}{3}$$

Em que:

ISEAV = Índice de Serviços Ecossistêmicos para Áreas Verdes

FR = Índice da Função de Regulação

FH = Índice da Função de Habitat

FP = Índice da Função de Produção

O ISEAV é um índice integrativo quantitativo constituído pela média dos três índices que o compõe (FR, FH e FP), tendo cada serviço a atribuição de um peso, e o resultado mensurado em avaliação que considera uma escala de 0 a 10. O índice foi aplicado a dois parques urbanos da área metropolitana de São Paulo (parque Buenos Aires e parque José Emérito Brás), os quais obtiveram como resultado um alto índice para função de habitat (GAUDERETO *et al.*, 2018).

Isto se deve a grande quantidade de vegetação preservada, indicando uma situação positiva de sustentabilidade para esta área. Por outro lado, os valores destes índices apontam carências e potencialidades quando são analisados individualmente, o que permite direcionar aos gestores ações para áreas verdes em ambiente urbano (GAUDERETO *et al.*, 2018).

Diante da urgência em buscar soluções ou medidas de enfretamento aos impactos causados aos ecossistemas, diversas perspectivas vêm sendo utilizadas para avaliar qualitativa e quantitativamente os serviços ambientais em sistemas florestais, sobretudo pela tentativa de tornar pesquisas sobre o tema mais acessíveis. Nos últimos anos comumente se tem utilizado indicadores ecológicos, sociais e econômicos para demonstrar de forma simplificada processos complexos (PARRON *et al.*, 2015).

Os indicadores ecológicos costumam diagnosticar condições ambientais, possíveis alterações ou indicar um problema ambiental. A literatura tem apontado diferentes estruturas de indicadores que possam subsidiar a avaliação de serviços ecossistêmicos, no entanto ainda não é possível generalizar indicadores para todo tipo de ecossistema, sendo necessário os aplicar de acordo com suas especificidades. Ademais, os serviços ecossistêmicos culturais ainda carecem de indicadores mais precisos pela dificuldade de compreensão (PARRON *et al.*, 2015).

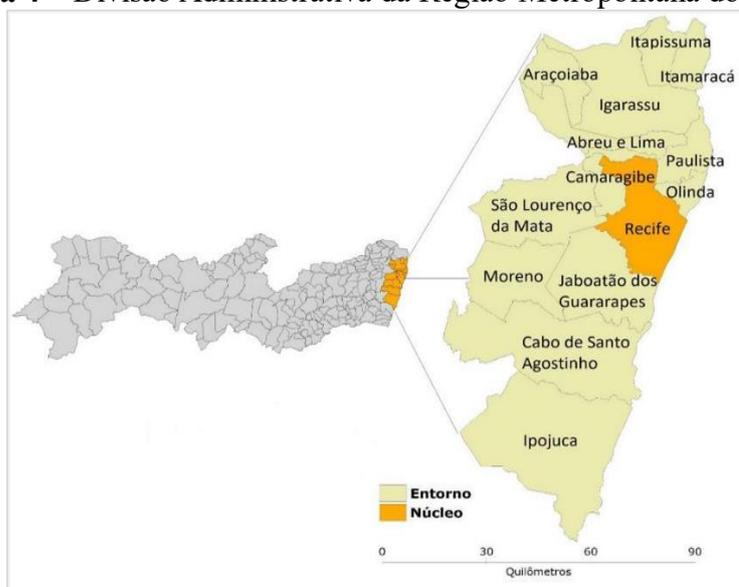
4 METODOLOGIA

Neste tópico será feita a caracterização da área objeto de estudo e a descrição dos métodos adotados para a definição do Índice de Avaliação de Serviços Ecológicos e Ambientais - IASEA, sendo este um conjunto de atributos por meio dos quais será demonstrado o estado das UCNs na promoção de serviços ecossistêmicos e dos seus níveis de risco ambiental e antrópico.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO

A Região Metropolitana do Recife (RMR) apresentada na Figura 4, é formada por uma conurbação de 14 municípios predominantemente urbanos, sendo eles: Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, Igarassu, Abreu e Lima, Camaragibe, Cabo de Santo Agostinho, São Lourenço da Mata, Araçoiaba, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Moreno, Itapissuma e Recife (SEDUH, 2021). Tendo uma população total de 4.103.780 habitantes, segundo estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros publicado no Diário Oficial da União em 01.07.2020 (IBGE, 2020).

Figura 4 – Divisão Administrativa da Região Metropolitana do Recife



Fonte: Sidrim; Fusco (2019)

Do ponto de vista econômico, apenas a RMR concentra 35% do PIB da Região Nordeste. Possui uma economia diversificada, concentrando desde complexos industriais ao setor de serviços, tornando-se um ponto estratégico na região decorrentes das atividades

produtivas geradas pelo Complexo Portuário Industrial de Suape e o Polo Automotivo. Além disto, é possível atribuir este fortalecimento à outras atividades de serviços, com destaque ao Polo Médico e o Polo Acadêmico-Educacional (SEDUH, 2021).

O município de Recife, capital do estado de Pernambuco, possui uma área territorial de aproximadamente 218,843 km², localizado ao litoral e tendo a predominância do domínio fitogeográfico Mata Atlântica (IBGE, 2019). Encontra-se disposto em uma planície aluvial flúvio-marinha, formada por ilhas, penínsulas, alagados, mangues e braços de rios, situada em zona de baixa latitude com incidência de radiação solar alta e temperaturas médias em torno de 25°C. O clima da cidade é o tropical atlântico de costa oriental, sem inverno térmico e tendo uma variação de período chuvoso entre os meses de maio a outubro (NOBREGA; SANTOS; MOREIRA, 2016).

Para fins deste estudo foram investigadas as Unidades Protegidas do Recife, as quais se encontram no Sistema Municipal de Unidades Protegidas - SMUP. O Recife contabiliza 25 unidades de conservação no território do município, descritas no Quadro 3.

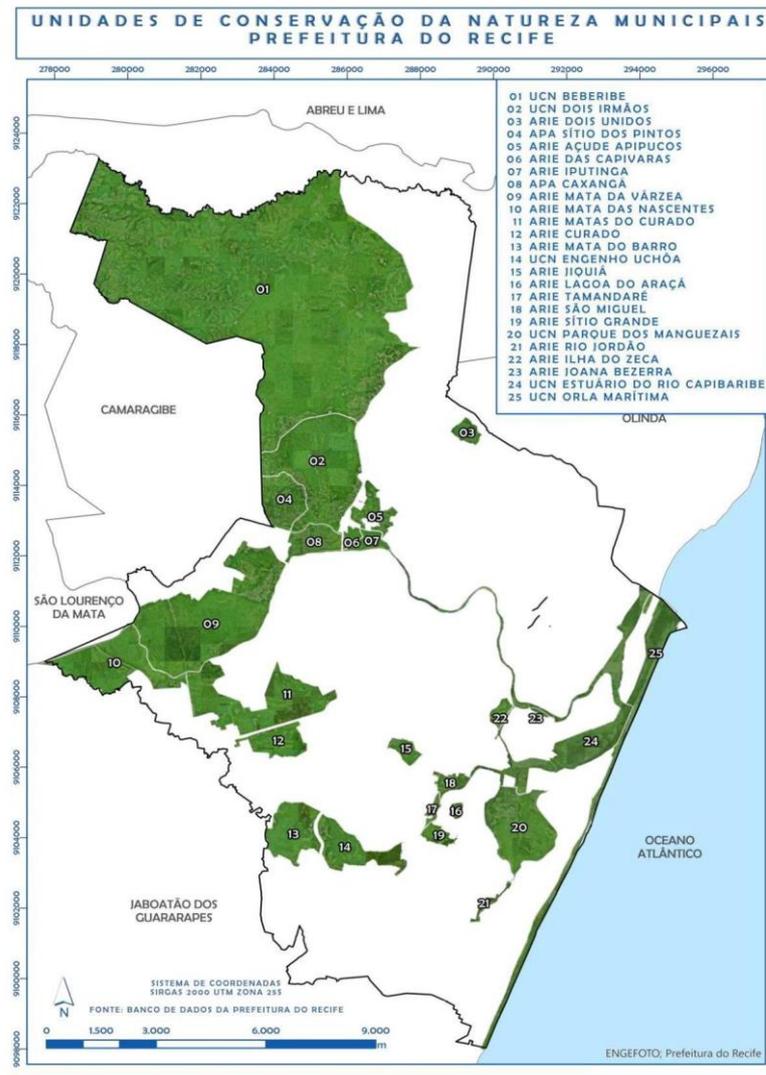
Quadro 3 - Relação das unidades de conservação do município do Recife

TIPO	DESCRIÇÃO	BAIRRO	ÁREA (ha)
ARIE	Dois Irmãos	Dois Irmãos	578,64
APA	Sítio dos Pintos	Sítio dos Pintos	152,55
ARIE	Dois Unidos	Dois Unidos	38,79
APA	Estuário do Rio Capibaribe	Pina, São José a Iputinga	477,82
ARIE	Matas das Nascentes	Várzea	322,35
ARIE	Matas do Curado	Curado	410,76
ARIE	Joana Bezerra	Ilha Joana Bezerra	5,96
ARIE	Mata do Barro	Barro	189,37
ARIE	Curado	Curado	118,45
ARIE	Sítio Grande	Imbiribeira	38,28
ARIE	Rio Jordão	Imbiribeira e Boa Viagem	21,96
ARIE	Iputinga	Apipucos	44,85
ARIE	Lagoa do Araçá	Imbiribeira	14,81
APA	Caxangá	Caxangá	107,81
ARIE	São Miguel	Afogados	43,84
ARIE	Orla Marítima	Pina/ Boa Viagem	414,39
ARIE	Beberibe	Guabiraba e Pau Ferro	3.940,23
ARIE	Tamandaré	Areias	18,57
APA	Capivaras	Apipucos	23,15
APA	Campo do Jiquiá	Jiquiá	41,12
ARIE	Açude de Apipucos	Apipucos	89,22
ARIE	Mata da Várzea	Várzea	796,27
APA	Engenho Uchôa	Ibura	182,09
ARIE	Ilha do Zeca	Ilha Joana Bezerra	30,71
PARQ. NAT. MUNICIPAL	Parque dos Manguezais	Pina, Boa Viagem, Brasília Teimosa e Bairro do Recife	320,34

Fonte: Braga, Leite e Luz (2021)

As unidades de conservação foram a matriz de fonte dos dados para o diagnóstico inicial das UCNs. Logo, as unidades foram analisadas e suas características foram utilizadas como parâmetro para a criação do Índice de Avaliação dos Serviços Ecosistêmicos e Ambiental. Para melhor ilustrar a distribuição territorial das Unidades de Conservação do Recife, verifica-se o mapa a seguir com a localização dessas áreas conforme a Figura 5.

Figura 5 – Mapa da localização das Unidades de Conservação no município do Recife



Fonte: Braga, Leite e Luz (2021)

Considerando as regras estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, em que são determinadas as permissões e proibições para cada uma das categorias de unidade de conservação, com as atualizações dos planos de manejo do município do Recife, as UCNs foram classificadas como Uso Sustentável conforme os usos estabelecidos no Quadro 4. No caso das UCNs municipais do Recife, em sua maioria são classificadas como

Uso Sustentável e categorizadas como Área de Proteção Ambiental - APA e Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE, tendo em vista que são áreas historicamente antropizadas. Com a atualização dos planos, algumas unidades também foram reclassificadas em sua categoria de manejo, conforme novos critérios.

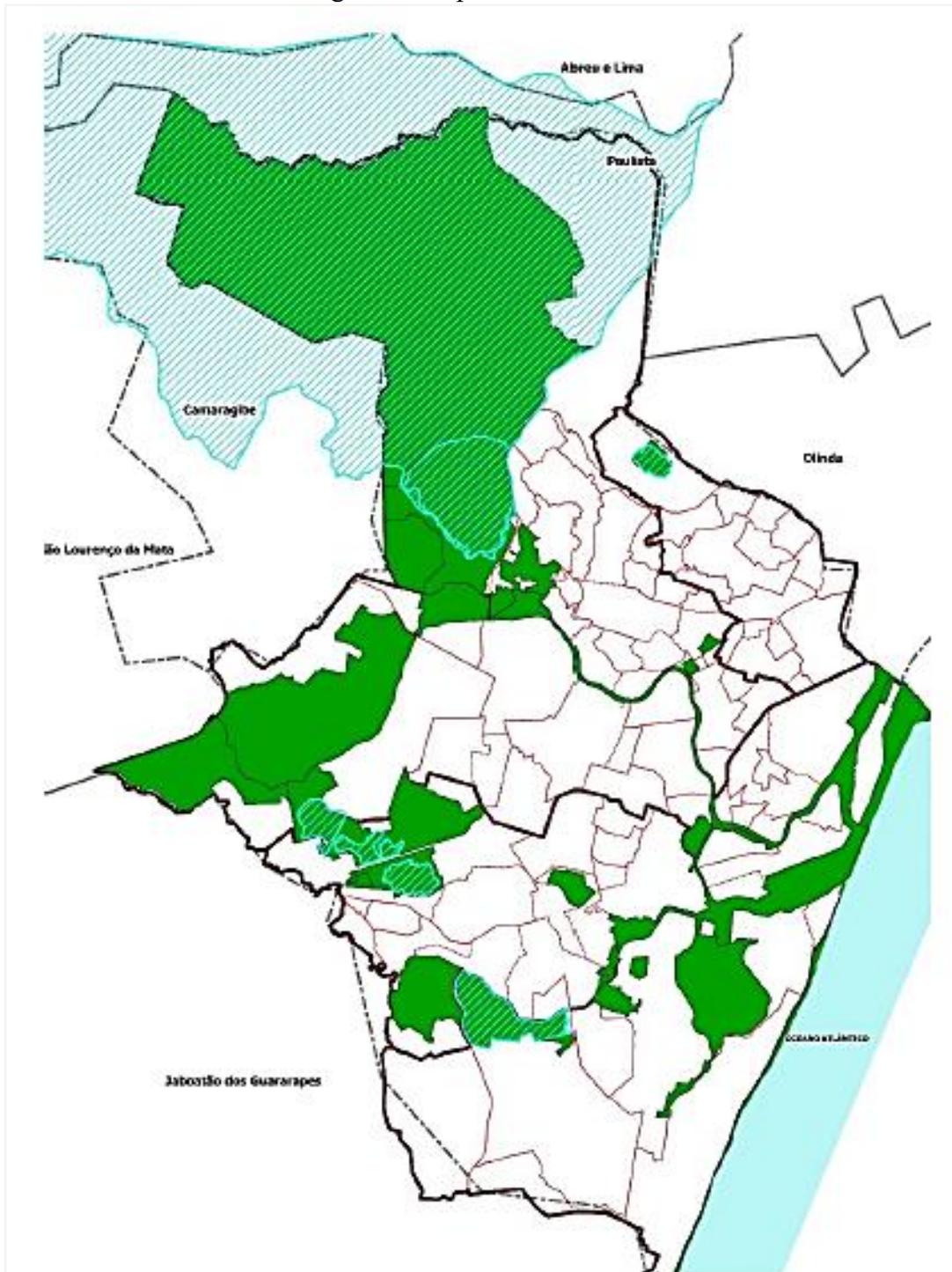
Quadro 4 – Matriz de decisão para categoria de unidades de conservação da natureza segundo o Sistema Nacional de unidades de conservação

Critério	Uso Sustentável						
	APA	ARIE	FLONA	RESEX	RF	RDS	RPPN
Direito / Propriedade	Permite	Permite	Não permite	Não permite	Não permite	Não permite	Permite
População residente	Permite	Permite	Não permite	Não permite	Não permite	Não permite	Permite
Visitação pública	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite
Pesquisa científica ou educacional	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite
Extração mineral	Permite	Permite	Permite	Não permite	Permite	Permite	Não permite
Extrativismo de não madeiráveis	Permite	Permite	Permite	Permite	Não permite	Permite	Não permite
Extrativismo de madeiráveis	Permite	Permite	Permite	Permite	Não permite	Permite	Não permite
Criação de animais	Permite	Permite	Permite	Permite	Não permite	Permite	Não permite
Agricultura	Permite	Permite	Permite	Permite	Não permite	Permite	Não permite
Turismo	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite	Permite

Fonte: Prefeitura do Recife (2018)

Na Figura 6, as áreas demarcadas equivalem as cinco UCs municipais e as áreas hachuradas se referem à sobreposição das UCs estaduais (UCN Dois Irmãos, UCN Beberibe, ARIE Dois Unidos, ARIE Curado, ARIE Matas do Curado e ARIE Engenho Uchôa), as quais demandam a necessidade de uma gestão integrada (BRAGA; LEITE; LUZ, 2021).

Figura 6 – Mapa das unidades de conservação municipais e estaduais em sobreposição na Região Metropolitana do Recife



Fonte: Prefeitura da Cidade do Recife (2018).

Faz-se necessário esclarecer que algumas unidades de conservação da natureza catalogadas no município do Recife foram sobrepostas às unidades protegidas já existentes e catalogadas pelo Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC, sendo

áreas que possuem a tutela e ações de conservação compartilhadas. De acordo com o Quadro 5, é possível verificar as áreas que coincidem espacialmente.

Quadro 5 – Relação das unidades de conservação municipais e estaduais em sobreposição no Estado de Pernambuco

UCN MUNICIPAL	UCN ESTADUAL
UCN Beberibe	APA Aldeia-Beberibe e Parque Dois Irmãos
UCN Dois Irmãos	Parque Dois Irmãos
UCN Dois Unidos	FURB Dois Unidos
UCN Matas do Curado	RVS Matas do Curado RVS Mata São João da Várzea
APA Engenho Uchôa	RVS Engenho Uchôa

Fonte: Prefeitura da Cidade do Recife (2018).

De acordo com Braga, Leite e Luz (2021), aproximadamente 38% do território da cidade do Recife é constituído por áreas de proteção da biodiversidade, sendo estas as 25 Unidades de Conservação da Natureza -UCNs já mencionadas. Esses espaços estão distribuídos por 39 bairros do município, abrigando uma diversidade relevante de espécies da fauna e flora, com destaque para as espécies representativas da Mata Atlântica.

Em uma Unidade de Conservação é possível encontrar os mais diversos tipos de serviços ecossistêmicos atuando no ambiente de forma a promover benefícios socioambientais para a cidade, desde serviços percebidos, como as oportunidades de lazer e turismo, até os serviços invisíveis a percepção humana, como a melhora na qualidade do ar. No entanto, alguns serviços ecossistêmicos ou atributos que são encontrados nas UCNs podem possuir mais relevância que outros, a depender do tipo de ecossistema.

As Unidades de Conservação da Natureza do Recife têm como característica a predominância de um único tipo de vegetação, enquanto outras são formadas por tipos que associam vegetação de floresta e vegetação litorânea. As UCNs ARIE Curado, Dois Irmãos, Dois Unidos, Mata do Barro, Mata da Várzea, Mata das Nascentes, Beberibe, Mata do Curado, Açude de Apipucos e APA Sitio dos Pintos apresentam como predominância floresta ombrófila densa - mata úmida (BRAGA; LEITE; LUZ, 2021), conforme demonstrando no Quadro 6.

Por este motivo, estas UCNs foram as áreas escolhidas como objeto deste estudo, demonstrando um panorama favorável à aplicação de pesquisa direcionada para áreas de

conservação com predominância de vegetação de florestas e espécies endêmicas da Mata Atlântica. Recife possui em seu território um contingente significativo de cobertura verde do domínio fitogeográfico Mata Atlântica com 4.556,01 de hectares (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2020), sendo uma oportunidade de investigar o estado atual para produção de serviços ecossistêmicos e dos riscos ambientais, uma vez que este domínio fitogeográfico tem sofrido as consequências das externalidades negativas decorrentes das atividades humanas.

Quadro 6 - Quadro das unidades de conservação da natureza da Região Metropolitana do Recife selecionadas para o estudo

Unidades de Conservação da Natureza com remanescente do domínio fitogeográfico Mata Atlântica	
ARIE Curado	ARIE Mata das Nascentes
ARIE Dois Irmãos	ARIE Beberibe
ARIE Dois Unidos	ARIE Mata do Curado
APA Sítio dos Pintos	ARIE Açude de Apipucos
ARIE Mata do Barro	ARIE Mata da Várzea

Fonte: Adaptado de Braga; Leite; Luz (2021). Elaborado pela autora (2022)

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica realizada por meio de artigos, dissertações, teses, livros, planos de manejos, sites dos órgãos ambientais e estudos internacionais acerca dos serviços ecossistêmicos e áreas protegidas, sendo possível analisar também publicações mais recentes sobre o tema. Durante a pesquisa para construção do referencial teórico e metodológico foram sendo esclarecidos tópicos, ao quais direcionaram a definição do objeto de estudo desta pesquisa, que são as dez UCNs do Recife com predominância do domínio fitogeográfico Mata Atlântica.

Uma vez que, a literatura ambiental vem apontando possíveis caminhos para chegar a indicadores que consigam mensurar os níveis de serviços ambientais nos diversos ecossistemas, é possível apontar uma correlação entre os autores apresentados na revisão de literatura que investigam a conservação em áreas verdes. Desta forma, neste estudo são apontadas as convergências existentes entre os autores relacionados na Seção 4.1, conforme demonstrado no Quadro 7.

Quadro 7 - Correspondência entre autores para parâmetros de entrada de serviço ecossistêmico

Parâmetros de entrada de SE em áreas verdes				
Escala Ecológica	Strassburg <i>et al.</i> (2020)	Parron <i>et al.</i> (2015)	Sánchez <i>et al.</i> (2020)	Gaudereto <i>et al.</i> (2018)
Domínio fitogeográfico	Manutenção dos ecossistemas originários/restauração	-	Regulação hídrica Regulação da temperatura	Regulação climática Regulação do ciclo da água
Global	Estoque de carbono	Estoque de carbono na biomassa vegetal Estoque de carbono no solo Estoque de carbono na serapilheira	Sequestro de carbono	-
Ecosistema	Conservação da biodiversidade	Diversidade florística de lenhosas e herbáceas Diversidade de artrópodes do solo e serapilheira	Biodiversidade	Função de refúgio Função de berçário
Global	Mudanças climáticas	-	-	Regulação de grandes eventos climáticos
Local	-	Produção de alimentos e madeira	-	Alimentação Matéria-prima Recursos medicinais Recursos ornamentais

Fonte: Adaptado de Gaudereto *et al.* (2018), Strassburg *et al.* (2020) e Sánchez *et al.* (2020) e Parron *et al.* (2015). Elaborado pela autora (2022).

O Quadro 7 demonstra a relação de correspondência entre os autores pesquisados na literatura de referência quanto aos parâmetros apontados como serviços ecossistêmicos em áreas verdes relacionados aos mesmos parâmetros apontados por Strassburg *et al.* (2020): manutenção dos ecossistemas originários/restauração, estoque de carbono, conservação da biodiversidade e mudanças climáticas. Ainda que Strassburg *et al.* (2020) apontem tais serviços como principais norteadores para o alcance de melhorias ambientais dos diversos domínios fitogeográficos em sua pesquisa, existem outros serviços ecossistêmicos que também desempenham o mesmo nível de benefícios quanto a função e escala na natureza.

No estudo de Strassburg *et al.* (2020), os autores utilizaram o método de análise multicritério para identificar áreas dos domínios fitogeográficos terrestres degradados que

podem ser priorizados para fins de restauração, levando em consideração o alcance máximo de benefícios ambientais face à um baixo custo de investimentos. Considerando em nível global que 54% das florestas, 25% das pastagens, 14% de estepes, 4% das terras áridas e 2% das zonas úmidas foram convertidas em cultivo agrícola não sustentável – 1% já eram áreas antropizadas, os autores consideraram três aspectos importantes para a restauração de áreas degradadas e convertidas: priorização da conservação do habitat de animais, o aumento dos índices de sequestro de carbono e o custo-benefício para a restauração.

Para isto, foram realizadas diversas simulações multivariadas de restauração, tendo por base a Meta de Biodiversidade de Aichi, na qual estava previsto que até 2020 as ações de conservação e recuperação estariam atreladas a recuperação de no mínimo 15 % dos ecossistemas degradados. Desta forma, chegou-se a um cenário ideal de ganhos, em que a restauração de diferentes ecossistemas geraria benefícios diferentes e complementares (STRASSBURG *et al.*, 2020).

Pela proposta exploratória desta pesquisa, e para a elaboração do método desta dissertação foi empregado um processo de construção de índice integrativo quantitativo constituído pela média ponderada de índices, conforme proposta metodológica de Gaudereto *et al.* (2018), sendo este índice adaptado nesta pesquisa conforme a necessidade de investigação dos aspectos levantados, os quais não haviam sido abordados pelos autores. Sendo assim, foram correlacionados um conjunto de serviços ecossistêmicos apontados pelos autores neste referencial teórico que pudessem representar um critério.

Por sua vez, este conjunto de critérios formará um indicador representativo de um serviço ecossistêmico. Ademais, como contribuição, nesta pesquisa é demonstrada a construção de critérios para o índice da função ecossistêmica cultural, para o índice de risco ambiental e para o índice de risco antrópico, os quais não foram mencionados por nenhum dos autores em seus estudos sobre indicadores. Ao final, foi concebido um índice chamado de Índice de Avaliação de Serviços Ecossistêmicos e Ambiental (IASEA), em que é possível realizar a comparação dos níveis de serviços ecossistêmicos e ambiental entre as UCNs e de cada UCN.

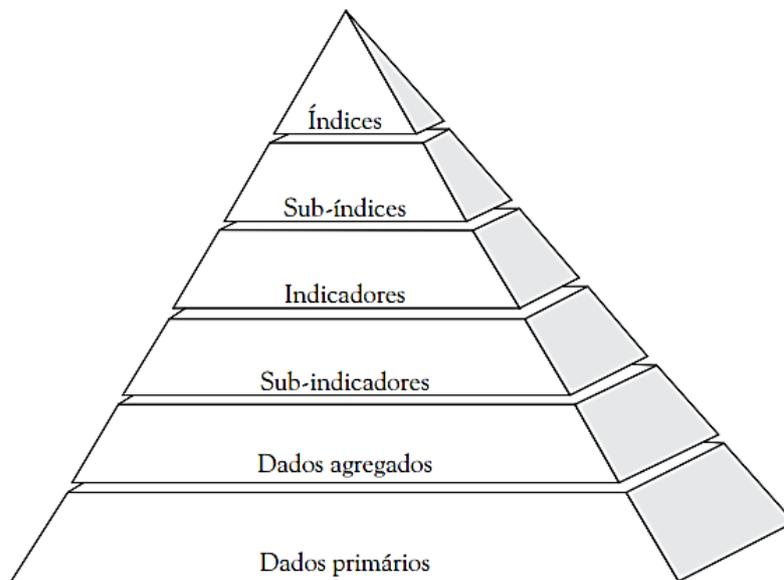
4.3 ÍNDICES DE SERVIÇO ECOSSISTÊMICO DE ESTADO: FUNÇÃO DE REGULAÇÃO, HABITAT E PRODUÇÃO

De acordo com De Groot (2010) os critérios e indicadores podem caracterizar de forma ampla a relação entre processos e componentes ecológicos de um ecossistema e seus serviços.

O autor aponta dois tipos de indicadores, os indicadores de estado, que representam o processo ou componente do ecossistema que está fornecendo o serviço e os indicadores de desempenho, que retratam quantitativamente qual o potencial do serviço pode ser usado de forma sustentável. Indicadores que descrevem propriedades biofísicas e sociais do espaço, podem indicar funções e competências para dispor de bens e serviços, sendo possível estabelecer relações entre processos, indicadores e fornecimento de serviços para mapear áreas maiores.

Siche *et al.* (2007) definem índice como um valor numérico que é a representação da realidade de um sistema simples ou complexo, podendo este ser avaliado nas suas dimensões natural, econômico ou social. Os autores ainda apontam que um índice corresponde a um valor agregado advindo de um processo de cálculo anterior, em que também podem ser utilizados indicadores como variáveis. Além disso, o índice pode ser um atributo ou componente de outro índice. Na Figura 7, é apresentada a pirâmide de agregação de dados.

Figura 7 – Pirâmide de agregação de dados



Fonte: Adaptado de Shields *et al.* (2002) apud Siche *et al.* (2007).

O mapeamento empírico de dados para a produção de indicadores requer um conjunto extenso de dados espaciais da área de interesse, grandes áreas espaciais podem oferecer distorções quanto a qualidade das informações, já que receberão a influência de características regionais, os quais influenciarão os indicadores. Uma vez que não haja dados empíricos adequados para direcionar a oferta de serviços ecossistêmicos, é possível combinar a utilização de parâmetros espaciais, relações quantificadas sugeridas pela literatura ou até mesmo modelos de processos pré-existentes (DE GROOT, 2010).

Desta forma, é possível relacionar os sistemas de gestão e serviços ecossistêmicos de forma que possam dar origem a um ‘modelo conceitual generalizado’ (DE GROOT, 2010). No Quadro 8 são apresentadas as definições para os indicadores que foram selecionados para representar os serviços ecossistêmicos das funções de regulação, habitat e de produção das dez UNC’s municipais pesquisadas.

Quadro 8 - Indicadores de serviços ecossistêmicos utilizados para o Índice de Avaliação de Serviços Ecossistêmicos e Ambiental das unidades de conservação da natureza

Definição dos Indicadores para Serviços Ecossistêmicos	
Cobertura vegetal	Área coberta por vegetação independente do hábito vegetal: cobertura gramíneas, arbustiva ou arbórea.
Área permeável	Cobertura vegetal total somada ao solo exposto, áreas de plantio, cultura agrícola, áreas degradadas e planícies alagáveis.
Área impermeável	Áreas impermeabilizadas por concreto, malha viária ou áreas construídas dentro da UC.
Dossel	Cobertura vegetal de plantas arbustivas e arbóreas.
Serapilheira	Cobertura de matéria orgânica depositada no solo.
Hábito	Variedade de tipos vegetais.
Espécies vegetais nativas	Espécies da flora local.
Espécies vegetais exótica	Espécies vegetal que ocorre fora da sua região natural.
Plantas frutíferas	Medido pela escala de uso, atribuindo-se a pontuação de acordo com a apropriação da situação local.
Exploração comercial	Medido pela escala de uso, atribuindo-se a pontuação de acordo com a apropriação da situação local.
Espécies medicinais	Medido pela escala de uso, atribuindo-se a pontuação de acordo com a apropriação da situação local.
Uso ornamental	Medido pela escala de uso, atribuindo-se a pontuação de acordo com a apropriação da situação local.
Fontes de água	Extensão dos cursos d’água, lagos, lagoas e reservatórios
Avifauna	Quantidade de espécies de aves identificadas na região.

Fonte: Adaptado de Gaudereto *et al.* (2018). Elaborado pela autora (2022).

No Quadro 9 são apresentadas as relações encontradas na literatura entre os serviços ecossistêmicos e seus indicadores, tendo por embasamento os macros serviços e indicadores apontados por Strassburg *et al.* (2020), Sánchez *et al.* (2020), Gaudereto *et al.* (2018) e Parron *et al.* (2015), sendo destes últimos parâmetros para áreas verdes e sistemas agroflorestais, mas que também podem caracterizar regiões com remanescentes de Mata Atlântica.

Quadro 9 - Relação serviços ecossistêmicos versus indicadores para a função de regulação em unidades de conservação

Categoria	Macro eixos de Serviços Ecossistêmicos	Serviços Ecossistêmicos aplicados à UCN	Indicador
Função de Regulação	Manutenção dos ecossistemas originários	Regulação de eventos extremos climáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Área permeável • Cobertura verde
		Filtro de poluição	<ul style="list-style-type: none"> • Dossel
		Regulação da temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura verde
	Regulação hídrica	Fornecimento de água	<ul style="list-style-type: none"> • Área permeável • Fontes de água
		Regulação do ciclo da água	<ul style="list-style-type: none"> • Área permeável • Fontes de água
	Mitigação das mudanças climáticas	Regulação climática	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura verde
	Estoque de carbono	Regulação de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> • Dossel • Serapilheira
		Criação do solo	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura verde • Serapilheira
		Estoque de carbono na biomassa	<ul style="list-style-type: none"> • Dossel
		Estoque de carbono no solo	<ul style="list-style-type: none"> • Serapilheira

Fonte: Adaptado de Gaudereto *et al.* (2018), Strassburg *et al.* (2020) e Sánchez *et al.* Elaborado pela autora (2022).

Para o **Índice da Função de Regulação** foram utilizados os indicadores que pudessem mensurar aspectos que estão relacionados aos macros serviços ecossistêmicos de regulação hídrica, mudança climáticas, conservação do ecossistema e estoque de carbono, conforme análise de Strassburg *et al.* (2020). Para os indicadores deste índice, foram utilizados dados extraídos da cobertura de terra constante nos Planos de Manejo das UCNs, os quais foram utilizados integralmente ou adaptados para chegar ao valor numérico. O Subíndice de Cobertura Vegetal (ICV) agrega valores da cobertura de terra referente à vegetação, independente do hábito vegetal, seja ela constituída por gramíneas, cultura agrícola, herbáceas ou floresta arbustiva e arbórea medida em hectare (ha) dividido pela área total (ha) da UCN.

$$ICV = \frac{CV}{\text{Área total}}$$

O Suníndice de Área Permeável (IAP) compreende toda área da unidade em que não há edificações urbanas, construções, malha viária ou está impermeabilizada, sendo ela o somatório da cobertura vegetal, da área de solo exposto, cultura agrícola, das planícies alagáveis e das áreas degradadas em (ha) dividida pela área total (ha) da UCN. Também não foi considerado para o cálculo as áreas de lagoa e cursos d'água, uma vez que não são regiões de

permeabilidade, exercendo a função de acumulação de água.

$$IAP = \frac{AP}{\text{Área total}}$$

Para o cálculo do Subíndice do Dossel (ID) foi considerado o total de área arbustiva ou arbórea, uma vez que o plano de manejo aponta a quantidade em hectares das regiões de floresta densa e floresta inicial, foi possível agregar estas informações e dividir o resultado encontrado pela área total (ha) da UCN.

$$ID = \frac{D}{\text{Área total}}$$

Para compor as informações sobre o Subíndice de Serapilheira (IS) das UCNs, não foram localizados dados nas publicações de acesso aberto nos *sites* dos órgãos municipal e estadual. Por este motivo, foi solicitado por meio do Pedido de Acesso à Informação – LAI da Prefeitura do Recife, acesso aos dados disponíveis sobre quantidade, peso ou estimativa da serapilheira das dez UCNs em análise. De acordo com o respondente da Prefeitura do Recife, durante a elaboração dos planos de manejo apenas foram mapeados a presença ou ausência da serapilheira, não sendo coletados dados quantitativos, por não ser este o objetivo para a proposta de análise dos planos naquele momento.

Dados sobre a serapilheira das áreas protegidas do Brasil ainda são insuficientes para a elaboração de análises temporais mais concretas e para mapeamento do estado da biodiversidade, sobretudo dados confiáveis que sejam realizados obedecendo às premissas para um bom tamanho de amostra. Estes estudos aliados à estimativa de captura de carbono pela biomassa são uma oportunidade de incentivo à conservação de áreas verdes. Para a composição do IASEA foram considerados valores estimados por autores que realizaram coletas em áreas semelhante à deste estudo, em Floresta Ombrófila no domínio fitogeográfico Mata Atlântica.

De acordo com Higa *et al.* (2014) a biomassa corresponde a matéria orgânica total, morta ou viva, acima ou abaixo do solo e expressa em megagrama (Mg) de matéria seca (Ms) por área (Mg Ms ha⁻¹). Em biomas florestais, a biomassa viva corresponde a troncos, galhos, raízes, cascas, sementes e folhagem. Já a biomassa morta é constituída pela serapilheira, galhos e troncos caídos. A serapilheira envolve todo material de origem vegetal, como folhas, flores, galhos finos (< 2 cm de diâmetro), cascas, frutos e sementes.

Para a biomassa acima do solo foram coletadas amostras da serapilheira sobre a superfície do solo definida por gabarito quadrado de 1 m x 1 m, as amostras foram levadas ao

laboratório para ressecamento em estufa em condições ideais de temperatura durante dois dias, posteriormente as amostras foram pesadas e separadas por partes como folhas, fruto, flores, sementes e galhos. Desta forma, é calculado o percentual em cada área amostral e expresso o total em Mg (AZEVEDO *et al.*, 2018), de forma que possam ser utilizadas fórmulas alométricas para a estimativa da biomassa morta.

Estimativas para determinação da biomassa da vegetação podem variar mediante a diversidade de metodologias utilizadas, a qualidade dos dados e a interpretação dos resultados (GUIMARÃES; BRAGA, 2013). Um estudo de fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas da Usina Trapiche, região limítrofe à APA Sirinhaém localizada no município de Sirinhaém, na Zona da Mata Sul de Pernambuco, evidenciou o aporte total de serapilheira para o fragmento em $8.720,11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}$ ($8,72 \text{ Mg ha}^{-1}$). Este resultado considerou a sazonalidade para a coleta em diferentes períodos do ano e suas variações climáticas (MORAIS, 2020).

Outro estudo sobre o aporte de serapilheira em fragmento da Floresta Nacional de Nísia Floresta, localizada no município de Nísia Floresta, no estado do Rio Grande do Norte evidencia uma estimativa para serapilheira. Esta região faz parte de uma área de FLONA que historicamente foi explorada pela monocultura da cana de açúcar. No entanto, os autores analisaram dois fragmentos (fragmento I e II) da região considerados maduros com preservação anterior a década de 1950, apresentando estágio avançados de regeneração.

Desta forma, foi constatado um aporte de $3.227,90 \text{ kg ha}^{-1}$ ($3,22 \text{ Mg ha}^{-1}$) para o fragmento I e de $3.315,60 \text{ kg ha}^{-1}$ ($3,31 \text{ Mg ha}^{-1}$) para o fragmento II. O estudo destaca que as diferenças encontradas entre os fragmentos se deram pela diversidade de espécies arbóreas, assim como um maior porte dos indivíduos, interferindo na quantidade de serapilheira no solo (CAMARA; HOLANDA; COSTA, 2022).

Outra pesquisa foi realizada em fragmento de Mata Atlântica no município de Coruripe no estado de Alagoas, dentro de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), onde há a predominância de Floresta Ombrófila Aberta com transição para a Floresta Estacional Semidecidual. Esse estudo buscou investigar o comportamento de queda da biomassa que forma a serapilheira influenciada por fatores meteorológicos.

Os autores encontraram como média anual de serapilheira total o valor de $7,42 \text{ Mg ha}^{-1}$, os quais também observaram comparações entre autores que analisaram valores para florestas ombrófilas, concluindo que há pequenas variações de aporte em locais de características e graus de conservação diferentes (ANDRADE *et al.*, 2020). Logo, se baseando nos valores apresentados é possível estimar uma média para este estudo de $5,66 \text{ Mg ha}^{-1}$, levando em consideração os quatro fragmentos apresentados. Para adequar os valores entre 0 e 1, este valor

é dividido pelo divisor fixo 10.

$$IS = \frac{\sum X_i}{n}$$

Em que:

IS= Subíndice de serapilheira

X= Valores encontrados para S em (Mg ha⁻¹)

n = Quantidade de estudos mapeados

Para o Índice da Função de Regulação desta pesquisa foi incluído mais um subíndice, o Subíndice de Fontes de Água (IFA), representado pela presença de cursos d'água, lagos, lagoas, açudes e reservatórios medidos em hectare (ha) no interior da UCN dividida pela área total em hectare (ha). Este subíndice representa a relevância dos serviços ecossistêmicos das áreas úmidas, sobretudo pelo fornecimento de condições para o suprimento de alimento, do potencial para autodepuração de despejos não tratados e na regulação das mudanças climáticas. Ademais, fontes de água quando em boas condições, podem ter seu uso empregado para recreação, alcançando também os benefícios dos serviços ecossistêmicos culturais.

$$IFA = \frac{FA}{\text{Área total}}$$

O número de indivíduos por hectare é um parâmetro que corresponde a densidade de biomassa viva distribuída pela floresta a partir da estimativa do dossel. Esta é uma constante que foi utilizada por Gaudereto *et al.* (2018) na composição das fórmulas dos índices da função de regulação e habitat, mas que para este estudo não foi considerado pela falta de dados oficiais nos planos de manejo, para que fosse realizado o cálculo da densidade absoluta. Logo, é possível afirmar que a cidade do Recife carece de dados mais consistentes sobre seus remanescentes florestais, sendo oportuna a futura realização de um inventário florestal e levantamento fitossociológico detalhado das UCNs, de forma a prover estudos mais consistentes.

Após a obtenção de todos os valores dos subíndices que formam o Índice da Função de Regulação, cada valor foi classificado conforme escala numérica apresentada no Quadro 10. Desta forma, quanto maior os valores dos resultados obtidos, maior será sua pontuação final para a composição do IASEA.

Quadro 10 – Escala numérica de classificação dos resultados dos subíndices da função de regulação para as unidades de conservação da natureza do Recife

Varição dos Resultados	Pontuação
0,00 - 0,24	0
0,25 - 0,49	1
0,50 - 0,74	2
0,75 - 1,00	3

Elaborado pela autora (2022).

Posteriormente segue-se a aplicação de pesos aos resultados da pontuação obtida por cada UCN, serão ponderados como ID = 3,25; ICV = 3,50; IAP = 2,25; IS = 0,5 e IFA = 0,5. Posto isso, para o cálculo do Índice da Função de Regulação (IFR) será aplicada fórmula adaptada.

$$IFR = \frac{(3,25)(ID) + (3,50)(ICV) + (2,25)(IAP) + (0,5)(IS + IFA)}{10}$$

Em que:

ID = Subíndice do Dossel

ICV = Subíndice da Cobertura Verde

IAP = Subíndice de Área Permeável

IS = Subíndice de Serapilheira

IFA = Subíndice de Fontes de Água

Para o **Índice da Função de Habitat** foram selecionados indicadores apontados por Parron *et al.* (2015) e Gaudereto *et al.* (2018), os quais estão relacionados aos serviços ecossistêmicos de conservação da biodiversidade, refúgio de vida silvestre, berçário de espécies, polinização, controle biológico e diversidade florística, conforme demonstra o Quadro 11. A propagação destes serviços é responsável pela melhora na qualidade de renovação do ecossistema e na promoção de condições adequadas para reprodução de espécies, assim como o uso das UCNs pelas espécies sazonais.

Quadro 11 - Relação serviços ecossistêmicos versus indicadores para a função de habitat em unidades de conservação

Categoria	Macro Eixos de Serviços Ecossistêmicos	Serviços Ecossistêmicos Aplicados à UCN	Indicador
Função de habitat	Conservação da biodiversidade	Refúgio	<ul style="list-style-type: none"> • Hábito • Nativas/exóticas • Riqueza de espécies da avifauna
		Berçário	<ul style="list-style-type: none"> • Hábito • Nativas/exóticas • Riqueza de espécies da avifauna
		Controle biológico	<ul style="list-style-type: none"> • Riqueza de espécies da avifauna
		Polinização	<ul style="list-style-type: none"> • Riqueza de espécies da avifauna
		Diversidade florística de lenhosas e herbáceas	<ul style="list-style-type: none"> • Hábito • Nativas/exóticas

Fonte: Adaptado de Gaudereto *et al.* (2018), Strassburg *et al.* (2020) e Sánchez *et al.* Elaborado pela autora (2022).

O hábito dos vegetais é um indicador que está relacionado a capacidade do ecossistema de fornecer refúgio e ser um importante berçário para as espécies, de forma a permitir a ocorrência de diferentes nichos ecológicos. Dentre os tipos de hábito é possível destacar árvore, arbusto, liana, hemiparasita, palmeira, epífita, erva, parasita. Quanto maior a variedade de hábitos vegetais, mais serviços ecossistêmicos este ambiente fornecerá.

De maneira geral, foram identificados 6 tipos de hábitos nas UCNs analisadas, já na UCN Açude de Apipucos foram catalogados 5 hábitos, dentre eles: arbóreo, epífita, subarbusativa, liana, trepadeira, arbustiva. Dessa forma, este subíndice é representado pela proporção de hábitos existentes na UCN pelo total de hábitos catalogados nas 25 UCNs do Recife, sendo 7 encontrados, conforme Braga, Leite e Luz (2020).

$$IH = \frac{\text{Quant. de hábitos da UCN}}{\text{Total de hábitos}}$$

O indicador de espécies da flora Nativa e Exótica busca levantar a proporção em quantidade existente destas espécies na unidade de conservação. Em um domínio fitogeográfico como a Mata Atlântica, faz-se necessário a manutenção de espécies nativas e endêmicas, de forma a garantir a resiliência do ecossistema a longo prazo. Dentre as espécies nativas de mata úmida é possível destacar a *Parkia pendula* (visgueiro), o *Paubrasilia echinata* (pau brasil), os *Inga spp.* (ingás), a *Andira nitida* (angelim branco), a *Miconia minutiflora* (brasa-apagada).

Por outro lado, existem as espécies exóticas invasoras que competem com as espécies nativas, dentre elas é possível destacar muitas espécies frutíferas que se encontram até mesmo nos quintais de muitas casas, como a *Mangifera indica* (mangueira), a *Artocarpus heterophyllus* (jaqueira) e também o *Elaeis guineensis* (dendezeiro) e *Bambusoideae* (bambu).

Quando a presença destas espécies ameaça a preservação de espécies nativas, é fundamental um manejo adequado para extinção e controle das espécies exóticas e invasoras. Para o Subíndice de Proporção de Nativas por Exóticas (IPNE), foi considerado que quanto maior a proporção de nativas em relação às exóticas, melhor será a conservação do estado natural do ambiente.

$$IPNE = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de nativas}}{\text{Total de nativas e exóticas}}$$

O indicador riqueza de espécies da Avifauna foi incluído no cálculo do Subíndice da Função de Habitat sobretudo por ser considerado um bom indicador biológico da qualidade ambiental das áreas protegidas, a condição de vida das aves costuma responder de forma rápida a qualquer sinal de perturbação ambiental. Ademais, as aves são espécies polinizadoras e dispersoras de sementes, o que influencia diretamente na restauração de espécies da flora.

De acordo com Braga, Leite e Luz (2021) aproximadamente 65% das aves registradas nas unidades de conservação municipais são dependentes ou semidependentes destas áreas. Logo, dependem fortemente de condições adequadas para garantia de sua alimentação e sobrevivência.

Os autores ainda citam espécies que se encontram em situação de dependência e que correm risco de extinção como o *Pyriglena pernambucensis* Zimmer (papataoca), o *Tangara fastuosa* (pintor-verdadeiro), o *Xenops minutus alagoanus* (bico-virado-miúdo) e o *Xiphorhynchus atlanticus* (arapaçu-rajado). Para o Subíndice de Avifauna (IA) está sendo considerada a proporção de espécies encontradas na UCN, conforme dados dos planos de manejo e tomando como referência o total de 361 espécies catalogadas pela equipe técnica de meio ambiente da Prefeitura do Recife nas 25 UCNs do Recife.

$$IA = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de espécies avifauna da UCN}}{\text{Total de espécies da avifauna}}$$

Após a obtenção de todos os valores dos subíndices que formam o Índice da Função de

Habitat, cada valor foi classificado conforme escala numérica apresentada no Quadro 12. Portanto, quanto maior os valores dos resultados obtidos, maior será sua pontuação final para a composição do IASEA.

Quadro 12 – Escala numérica de classificação dos resultados dos subíndices da função de habitat para as unidades de conservação da natureza do Recife

Variação dos Resultados	Pontuação
0,00 - 0,24	0
0,25 - 0,49	1
0,50 - 0,74	2
0,75 - 1,00	3

Elaborado pela autora (2022).

Da mesma forma que o IFR, segue-se a aplicação de pesos aos resultados da pontuação obtida por cada UCN, sendo definidos como IH = 3,0; IPNE = 3,0 e IA = 4,0. Para o cálculo do Índice da Função de Habitat (IFH) será aplicada a fórmula adaptada:

$$IFH = \frac{(3,0)(IH + IPNE) + (4,0)(IA)}{10}$$

Em que:

IH = Subíndice de Hábito Vegetal

IPNE = Subíndice de Proporção de Nativa/Exótica

IA = Subíndice de Avifauna

Para o **Índice da Função de Produção** optou-se por avaliar a escala de ocorrência dos recursos disponibilizados pela natureza, aliado ao aproveitamento destas fontes como alimentação, matéria-prima, uso medicinal e ornamental. Este grau de ocorrência foi avaliado e classificado em quatro níveis (nenhum=0; baixo=1; médio=2; alto=3). Os planos de manejo não trazem informações sistematizadas sobre a ocorrência e uso desses recursos.

Houve um detalhado trabalho de leitura dos dados sobre a diversidade da biota, das informações passadas no diagnóstico participativo com a comunidade e dos dados encontrados ao longo da descrição das características das espécies vegetais das unidades de conservação presente nos planos de manejo. Desta forma, foi possível extrair informações sobre a ocorrência ou não destes recursos e em que grau eles poderiam estar presentes. No Quadro 13 são relacionados os indicadores para função de produção.

Quadro 13 - Relação serviços ecossistêmicos versus indicadores para a função de produção em unidades de conservação

Categoria	Macro Eixos de Serviços Ecossistêmicos	Indicador	Parâmetro
Função de Produção	Produção de Alimento/Fibras	• Espécies Frutíferas	Escala de Ocorrência
		• Espécies Medicinais	Escala de Ocorrência
		• Espécies Ornamental	Escala de Ocorrência

Fonte: Adaptado de Gaudereto *et al.* (2018), Strassburg *et al.* (2020) e Sánchez *et al.* Elaborado pela autora.

O indicador de Espécies Frutíferas avalia a capacidade da área em fornecer suprimentos para a alimentação humana e para as espécies da fauna que dependem destes recursos. Especialmente as aves, que as utilizam como alimento, abrigo e dispersam suas sementes, garantindo a manutenção da biodiversidade florestal. Um ponto que chama atenção, é que em grande parte as árvores frutíferas presentes nas UCNs são formadas por espécies exóticas, a exemplo da presença de jaqueiras, mangueiras, azeitona roxa e dendezeiros.

A elevada prevalência das espécies exóticas, em parte pode ser explicada pela cultura colonizadora que trouxe espécies vegetais, costumes e hábitos alimentares para o Brasil, em detrimento das espécies nativas que ao longo do tempo foram pouco valorizadas e exploradas adequadamente. Por isto, seria necessária uma atuação dentro destas unidades para realizar o desbaste das espécies exóticas e manejo adequado das espécies nativas, de forma a garantir a prevalência da biodiversidade local.

Utilizando os mesmos procedimentos, foram analisados dados que pudessem levantar a ocorrência dos indicadores de espécies medicinais e ornamentais. Diante da riqueza da biodiversidade da Mata Atlântica, há um grande número destas espécies nas UCNs. No entanto, não há registro de um mapeamento quantitativo e específico destas espécies em cada umas das unidades de conservação. Os planos de manejo apresentaram algumas informações de caráter descritivo e informativo que ajudaram a realizar a aderência à escala.

Como os dados para estes indicadores foram selecionados por meio de relatos mais generalizados no plano de manejo, não é possível afirmar concretamente que a definição na escala foi atendida a contento. Para o conselho gestor destas unidades, fica a missão de que no futuro possa ser realizado um inventário de plantas ornamentais e medicinais das UCNs de forma a subsidiar mais estudos e pesquisa na área.

Uma vez que, a escala de ocorrência foi aplicada aos indicadores selecionados para o Índice da Função de Produção, cada valor foi classificado conforme escala numérica apresentada no Quadro 14. Para este índice também se mantém a mesma regra, quanto maior

os valores da escala de ocorrência, maior será sua pontuação final para a composição do IASEA.

Quadro 14 – Escala numérica de classificação dos resultados dos subíndices da função de produção para as unidades de conservação da natureza do Recife

Varição dos Resultados	Pontuação
0,00 - 0,24	0
0,25 - 0,49	1
0,50 - 0,74	2
0,75 - 1,00	3

Elaborado pela autora (2022).

Foram aplicados pesos à pontuação obtida por cada UCN, sendo definido como PF = 5,0; EM = 4,0 e EO = 1,0. No cálculo do Índice da Função de Produção (IFP) foi aplicada a fórmula adaptada.

$$IFP = \frac{(5,0)(PF) + (4,0)(EM) + (1,0)(EO)}{10}$$

Em que:

PF = Plantas frutíferas

EM = Espécies medicinais

EO = Exploração ornamental

É possível perceber que um mesmo indicador pode corresponder a mais de um serviço ecossistêmico, assim como pode existir mais de um indicador para observação de um mesmo serviço ecossistêmico. Isto se explica porque o mesmo indicador pode de fato contribuir para a promoção de vários serviços ecossistêmicos, que por sua vez pode agregar vários indicadores sem prejuízo das análises.

Da mesma forma, na natureza a oferta de serviços ocorre concomitantemente e cada indicador de função será avaliado individualmente. Por este motivo, foram utilizados pesos de acordo com a sua importância para o fortalecimento do índice e relevância quanto a melhora dos serviços ecossistêmicos da unidade de conservação da natureza. Optou-se por manter uma metodologia de cálculo simples e de fácil entendimento, de forma que possa ser replicada em outros remanescentes florestais.

4.4 ÍNDICE DE FUNÇÃO CULTURAL

A literatura sobre serviços ecossistêmicos possui ainda poucos trabalhos desenvolvidos

a respeito do mapeamento de serviços que possam quantificar a função cultural, uma vez que são considerados parâmetros de difícil mensuração. Neste trabalho, buscou-se realizar o levantamento de SE culturais que possam contribuir para criação do IASEA. De acordo com Flausino e Gallardo (2021) a maioria dos trabalhos que buscam avaliar os serviços culturais se utilizam de entrevistas ou questionários.

Neste trabalho, foi empregado um método de análise dos planos de manejo para contabilizar a ocorrência destes SE por meio da presença ou ausência nas UCNs. Baseados na abordagem adotada pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005), os serviços ecossistêmicos culturais são os benefícios imateriais que os seres humanos podem obter dos ecossistemas, os quais promovem o enriquecimento espiritual, o desenvolvimento cognitivo, reflexão, recreação e experiências estéticas. No Quadro 15 são relacionadas as classes de serviços culturais e suas definições.

Quadro 15 - Serviços ecossistêmicos culturais relacionados pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio

Categoria	Serviços Ecosistêmicos Culturais	Definição
Função Cultural	Lazer e ecoturismo	Pessoas costumam escolher o local onde passam o tempo de lazer com base, em parte, nas características das paisagens naturais ou manejadas de uma determinada área.
	Valores do patrimônio cultural	A maioria das sociedades atribuem um alto valor na manutenção de paisagens historicamente importantes, as chamadas paisagens culturais, ou a espécies culturalmente significativas.
	Sentido do lugar	As pessoas valorizam o “sentido de lugar” que está associado a características reconhecidas do ambiente, incluindo aspectos do ecossistema.
	Relações sociais	Os ecossistemas influenciam os tipos de relações sociais que se estabelecem em culturas particulares.
	Valores estéticos	As pessoas acham beleza ou valor estético em vários aspectos dos ecossistemas, como refletido no apoio a parques, paisagens e para a seleção de locais de moradia.
	Inspiração	Os ecossistemas fornecem uma rica fonte de inspiração para arte, folclore, símbolos nacionais, arquitetura e publicidade.
	Valores educacionais	Ecossistemas, seus componentes e processos fornecem a base para educação formal e informal em muitas sociedades.
	Sistemas de conhecimento tradicional e formal	Os ecossistemas influenciam os tipos de sistemas de conhecimento desenvolvidos por diferentes culturas.
	Valores espirituais e religiosos	Muitas religiões atribuem valores espirituais e religiosos aos ecossistemas ou seus componentes.
	Diversidade cultural	A diversidade de ecossistemas é um fator que influencia a diversidade de culturas.

Fonte: Adaptado do MEA (2005). Elaborado pela autora (2022).

Para avaliar a presença dos serviços ecossistêmicos culturais nas UCNs foram investigados nos planos de manejo indícios da existência dos parâmetros selecionados no Quadro 16. Durante a elaboração do plano de manejo é realizado o diagnóstico participativo com a participação de diversos atores sociais locais, instituições, profissionais da área, os quais estão diretamente envolvidos com o espaço da UCN. Além de agregar contribuições, são realizadas as oficinas de categorização, zoneamento e programas com o objetivo de construir em conjunto novas oportunidades e propostas para o cuidado e manutenção das unidades.

Quadro 16 – Parâmetros para mapeamento dos serviços ecossistêmicos culturais

Parâmetros do Índice de Função Cultural	
Presença de equipamentos de lazer	Uso como equipamento educacional
Existência de atividades de ecoturismo	Presença de valores espirituais e religiosos
Existência de relações sociais da comunidade com o ecossistema	Fonte de inspiração para a arte, folclore, tradição e costumes
Presença de bens de patrimônio cultural	Reconhecido valor estético

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Por meio das informações e resultados obtidos pelo diagnóstico do plano de manejo foi possível identificar os parâmetros presentes ou não existentes que compõem o Índice de Função Cultural (IFC). Conforme já relatado, este índice será construído a partir do somatório da pontuação de ausência (0) ou presença (1) do indicador. Desta forma, foi possível quantificar e incorporá-los ao IASEA, dando uma nova perspectiva de análise aos dados coletados nas oficinas participativas pela equipe técnica da Prefeitura do Recife.

Uma vez que, a atribuição de valor binário foi aplicada aos indicadores selecionados para o Índice da Função Cultural, cada valor precisou ser classificado conforme atribuição numérica apresentada no Quadro 17. Para este índice será considerada a atribuição de maior pontuação para os indicadores presentes e menor pontuação para os indicadores ausentes, sendo incorporados a composição do IASEA.

Quadro 17 – Classificação dos resultados dos indicadores da função cultural para as unidades de conservação da natureza do Recife

Valores Binários dos Indicadores do IFC	Pontuação
0	0
1	3

Elaborado pela autora (2022).

Para se chegar ao Índice da Função Cultural (IFC) foram aplicados pesos aos valores de pontuação encontrados, definido como EL = 1,5; AE = 1,5; RCE = 1,50; BPC = 1,50; EE = 1,0; VER = 1,0; AFTC = 1; VE = 1,0. Por fim, sendo aplicado na fórmula:

$$IFC = \frac{(1,5)(EL + AE + RCE + BPC) + (1,0)(EE + VER + AFTC + VE)}{10}$$

Em que:

EL= Equipamentos de lazer

AE= Atividades de ecoturismo

RCE= Relações da comunidade com o ecossistema

BPC= Bens de patrimônio cultural

EE= Equipamento educacional

VER= Valores espirituais e religiosos

AFTC= Inspiração para a arte, folclore, tradição e costumes

VE= Valor estético

4.5 ÍNDICE DE RISCO AMBIENTAL

Os planos de manejo das unidades de conservação são instrumentos de gestão que oferecem informações valiosas sobre os aspectos biológicos, hidrológicos, físicos e socioculturais das áreas protegidas. Dentre estas informações, são avaliadas as perturbações no meio físico e os impactos ecológicos existentes na unidade de conservação, sobretudo fatores que interferem na regeneração natural do ambiente, na conservação do ecossistema e impactos que possam representar fator de propagação de doenças para os seres humanos e a fauna. No Quadro 18, foram selecionados os indicadores que demonstram os cenários de perturbação e risco potencial às UCNs.

Quadro 18 – Indicadores selecionados para o índice de risco ambiental

Indicadores de Risco Ambiental	
Presença de esgoto <i>in natura</i>	Presença de resíduos sólidos
Extração irregular de madeira	Exploração comercial da UCN

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para o cálculo do Índice de Risco Ambiental (IRA), foram analisados os indicadores relacionados e classificados em uma escala de ocorrência de quatro níveis, considerando que os indicadores que não estavam presentes, receberam uma pontuação mais alta. Assim como os indicadores que foram identificados com alta ocorrência, receberam a menor pontuação. Desta forma, a escala de ocorrência fica definida como: Nenhum=3; Baixo=1; Médio=2; Alto=0. Esta forma de aplicação da escala de ocorrência evidencia uma maior nota ao índice para as UCNs que apresentarem um menor risco ambiental.

Para o indicador de Exploração Comercial foi levado em consideração o nível de utilização dos recursos naturais das UCNs para fins comerciais. Os planos de manejo das unidades trazem em seu texto a análise socioeconômica das atividades antropogênicas e empreendimentos que possam existir nestas UCNs. Apesar de serem classificadas como unidades de conservação de uso sustentável, de acordo com os documentos, muitas delas não apresentam nenhum tipo de extrativismo mineral, de madeiráveis e não madeiráveis registrado de forma regulamentada, com exceção das UCNs ARIE Beberibe e Dois Unidos que possuem concessões para lavra de envasamento e comercialização de água mineral.

Esta classificação em quatro níveis foi aplicada conforme observações apontadas nos planos de manejo, ao serem realizadas as pesquisas em campo pela equipe técnica da Prefeitura do Recife, fase dos estudos em que buscaram avaliar sinais de vulnerabilidade nas UCNs. No entanto, não foi apresentado dentro do próprio plano de manejo nenhum relato sobre o modelo de amostragem adotado, sobretudo se ao realizar a pesquisa de campo foi garantida a suficiência amostral dos pontos levantados, com isto não é possível precisar seguramente que a classificação adotada nesta pesquisa esteja refletindo fielmente a situação encontrada em campo.

Um exemplo disto, diz respeito aos indicadores de presença de esgoto *in natura*, extração irregular de madeira e presença de resíduos sólidos, sendo muitas vezes relatado no plano de manejo, que nos pontos analisados não foram encontrados locais de despejo e de extração irregular. Todavia, algumas UCNs estão rodeadas por indústrias, CIS, ZEIS e demais construções subnormais em regiões sem saneamento básico adequado, o que evidencia a fragilidade dos dados apontados pelo documento oficial.

Com a escala de ocorrência aplicada aos indicadores selecionados para o Índice de Risco Ambiental, cada valor foi classificado conforme escala numérica apresentada no Quadro 19. Para este índice, será considerado que quanto menor for o risco ambiental para a UCN, maior será sua pontuação final para a composição do IASEA. Por este motivo, sua classificação terá uma maior pontuação para os menores valores de variação numérica.

Quadro 19 – Escala numérica de classificação dos resultados dos indicadores de risco ambiental para as unidades de conservação da natureza do Recife

Variação dos Resultados	Pontuação
0,00 - 0,24	3
0,25 - 0,49	1
0,50 - 0,74	2
0,75 - 1,00	0

Elaborado pela autora (2022).

Para o cálculo do Índice de Risco Ambiental (IRA) foram considerados os pesos aplicados a pontuação dos indicadores, sendo ESG = 2,0; EM = 2,0; RES = 3,0 e EC = 3,0 aplicados à fórmula adaptada.

$$IRA = \frac{(2,0)(ESG + EM) + (3,0)(RES + EC)}{10}$$

Em que:

ESG = Presença de esgoto in natura

EM= Extração irregular de madeira

RES= Presença de resíduos sólidos

EC= Exploração comercial da UCN

4.6 ÍNDICE DE RISCO ANTRÓPICO

Faz-se importante considerar para a construção deste índice os fatores que ocasionam pressão sobre as cidades, como o crescimento populacional, que na cidade do Recife ocorreu por meio de um processo de expansão urbana desordenada, levando a população a ocupar áreas periféricas nas encostas, regiões ribeirinhas e próximas a áreas protegidas. Estas regiões carecem da falta de infraestrutura básica e adequada para que as pessoas possam se fixar e ter o direito à cidade garantido.

Diante deste intenso processo de adensamento de pessoas nestas regiões, foram sendo reivindicadas escolas, creches, unidades de saúde, e por consequência, toda uma rede de suporte às atividades humanas foi criada nos entornos destas comunidades de forma que as pessoas possam viver sem necessariamente depender dos serviços existentes nas áreas mais centrais. O Quadro 20 demonstra os indicadores utilizados para formulação do Índice de Risco Antrópico (IRAT).

Quadro 20 – Indicadores selecionados para o índice de risco antrópico

Indicadores de Risco Antrópico
Empreendimentos, equipamentos públicos e privados dentro e no entorno da UCN
Presença de CIS (Comunidade de Interesse Social)
Presença de ZEIS (Zona Especial de Interesse Social)

Fonte: Elaborado pela autora

Com base nos apontamentos dos planos de manejo sobre os aspectos socioeconômicos das UCNs, foram selecionados indicadores que podem avaliar o grau de risco existente. Para este índice foram coletados os dados disponíveis nos planos de manejo, assim como dados abertos oficiais dos órgãos do município (RECIFE, 2022e). Após calcular os subíndices para cada UCN, foi realizada a média ponderada dos resultados para o Índice de Risco Antrópico (IRAT). Foram selecionados indicadores como a Presença de empreendimentos ou equipamentos públicos dentro e nos limites da UCN, a ocorrência dentro das áreas protegidas de Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) e de Comunidade de Interesse Social (CIS).

O indicador para avaliar a ocorrência de empreendimentos e prédios públicos dentro e no entorno da UCN foi selecionado por compor características com potencial para perturbação ambiental, seja pela circulação de pessoas, pela poluição produzida ou até mesmo o descarte inadequado de resíduos nestas áreas. O plano de manejo relata alguns estabelecimentos comerciais, mas considera apenas os registrados no Cadastro Mercantil do Recife, todavia muitas outras atividades comerciais estão presentes no território. Pela ausência de dados mais detalhados, foram considerados todos os estabelecimentos e equipamentos mencionados pelos planos de manejo, sejam eles públicos ou privados.

Para se chegar ao Subíndice de Empreendimentos (IEMP) foi realizada uma proporção com base nos dados disponibilizados na plataforma aberta de Dados da Prefeitura do Recife. Nesse *site*, primeiramente foram coletadas informações sobre o quantitativo de empresas privadas na cidade do Recife por bairro. Além disto, foi necessário averiguar o quantitativo de imóveis da administração pública municipal por bairro. Com estas informações, foi possível realizar o somatório das quantidades identificadas por bairro de localização das UCNs, e desta maneira realizar a proporção chegando a nota do subíndice por unidade de conservação.

$$IEMP = \frac{\text{Nº de empresas e órgãos públicos por UCN}}{\text{Total de empresas + órgãos públicos por bairro}}$$

Os indicadores que avaliam a presença de Comunidades de Interesse Social (CIS) e das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) foram selecionados por representarem em termos de uso do solo uma fatia significativa de ocupação, o equivalente a pouco mais que a metade da população do município do Recife (ARIES, 2022). Além disto, parte desta população se encontra fixada em domicílios precários, em áreas ambientais vulneráveis e sujeitas a deslizamentos ou inundações.

Algumas CIS e ZEIS podem representar um fator de pressão sobre as UCNs, as quais elas estão circunvizinhas. Apesar de serem áreas de uso sustentável, o que por lei permite a presença de ocupação humana, todo uso da natureza provoca uma reação ou impacto, levando a conseqüente redução dos serviços ecossistêmicos. Ademais, vale destacar que as populações em seus movimentos de migração territorial tendem a se expandir e, por sua vez, ocupar regiões que ainda não haviam sido desmatadas.

$$IZEIS = \frac{\text{Nº de ZEIS por UCN}}{\text{Total de ZEIS por RPA}}$$

$$ICIS = \frac{\text{Nº de CIS por UCN}}{\text{Total de CIS por RPA}}$$

Para estes subíndices foram utilizados os dados populacionais da análise socioeconômica e assentamentos populacionais dos planos de manejo, no que diz respeito a presença e quantidade de ZEIS e CIS dentro e no entorno das UCNs. O cálculo do subíndice considera uma proporção do número de comunidades/zonas existentes por UCN em relação ao quantitativo total de ZEIS e CIS mapeadas oficialmente por Região Político-Administrativa (RPA) do município do Recife, dados estes coletados no Plano Estratégico Recife 500 anos com referência ao ano de 2017. No Recife existe a classificação com seis RPA's, as quais reúnem uma quantidade determinada de bairros. Logo ao realizar o mapeamento das ZEIS e CIS, buscou-se alinhar esta busca aos bairros em que se encontram as UCNs.

Após a obtenção de todos os valores dos subíndices que formam o Índice de Risco Antrópico, cada valor foi classificado conforme escala numérica apresentada no Quadro 21. Assim como o IRA, será considerado que quanto menor for o risco antrópico para a UCN, maior será sua pontuação final para a composição do IASEA. Por este motivo, sua classificação terá uma maior pontuação para os menores valores de variação numérica.

Quadro 21 – Escala numérica de classificação dos resultados dos subíndices de risco antrópico para as unidades de conservação da natureza do Recife

Variação dos Resultados	Pontuação
0,00 - 0,24	3
0,25 - 0,49	1
0,50 - 0,74	2
0,75 - 1,00	0

Elaborado pela autora (2022).

Por fim, foram atribuídos pesos à pontuação obtida por cada UCN, sendo IEMP = 5,0; IZEIS = 2,5 e ICIS = 2,5, chegando à fórmula para o cálculo do Índice de Risco Antrópico (IRAT).

$$IRAT = \frac{(5,0)(IEMP) + (2,5)(IZEIS + ICIS)}{10}$$

Em que:

IEMP= Subíndice de Empreendimentos, equipamentos públicos e privados da UCN

IZEIS= Subíndice de Zona Especial de Interesse Social

ICIS= Subíndice de Comunidade de Interesse Social

4.7 ESCALA DE AVALIAÇÃO DAS UCNs

Para se chegar ao resultado final do IASEA, foi integrado por meio de média ponderada os totais dos seis índices. Nesta etapa final, foram atribuídas ponderações, uma vez que cada índice apesar de possuir importante grau de relevância, a depender do manejo de ações, podem apresentar melhorias mais significativas para a UCN do que outros.

$$IASEA = \sum_{i=1}^6 (p_i)(Ind.)$$

Em que:

p = Peso

Ind.= Índice

A quantidade de indicadores escolhidos para cada índice foi previamente definida pela importância para sua construção e levando em consideração os objetivos deste estudo, sem que

fosse necessário definir um quantitativo fixo de indicadores por índice. Logo, os subíndices que necessitam de atribuições de pesos, os receberam levando em consideração critérios como o impacto e a importância destas áreas verdes em meio ao ambiente urbano; por não serem desejados enquanto fator de ameaça ou por não serem menos relevantes que outros para melhora do SE ou do risco ambiental.

Para a atribuição dos pesos finais ao IASEA, foram aplicados valores que variam de 1 a 5, desde que ao final estes pesos somem 10. Com o intuito de conseguir atribuir pesos de forma condizente a realidade local de cada UCN, foram definidos valores, os quais possam alcançar uma leitura mais fiel possível do estado ecológico e ambiental da área.

Para os Índices da Função de Regulação e Habitat foram atribuídos pesos (2,5) e (2,5), respectivamente, isto porque o funcionamento pleno de um ecossistema apenas poderá gerar os benefícios dos serviços ecossistêmicos em um ambiente equilibrado. Quanto maior o estado de conservação e proteção das UCNs, melhor será a qualidade de vida e bem-estar geral para a floresta, animais e seres humanos. Para que o dossel se multiplique e diversas espécies de plantas promovam a sobrevivência de espécies, é preciso frear comportamentos nocivos de poluição e destruição de área verde, a exemplo dos indicadores apontados pelos Índices da Função Ambiental e Antrópica. Ainda é possível afirmar que sem uma floresta existindo em sua plenitude, os seres humanos não poderão usufruir todos os seus benefícios, afetando também a possibilidade de usufruto dos serviços ecossistêmicos da função cultural.

O Índice da Função de Produção está correlacionado ao equilíbrio e bom desempenho das funções de regulação e habitat, por este motivo recebeu peso (2,0), levando em consideração sua relevância, mas para fins de alcance de melhores desempenhos precisa estar amparado pela propagação em níveis ótimo de serviços ecossistêmicos.

O Índice da Função Cultural recebeu peso (1,0), em virtude da sua importância enquanto fator de memória, conexão e sensibilização do público que auferem os benefícios destes espaços. Este Índice está condicionado a existência de áreas verdes conservadas ou convidativas às atividades de recreação. Quanto mais UCNs mobilizarem canais de conexão com a comunidade do entorno, atividades de educação, de visitas, contemplação e ecoturismo, maior será a cadeia de valor de uso direto e indireto percebido pela população. Logo, este sentimento de bem-estar ao utilizar o espaço pode despertar a reivindicação por parte dos usuários para que sejam mais protegidas e mantidas em seu estado mais próximo ao natural.

O Índice de Risco Ambiental e de Risco Antrópico receberam a atribuição de peso (1,0), devido ao impacto negativo gerado pelos indicadores que o compõem como a presença de resíduos sólidos, exploração comercial da UCN, presença de esgoto e extração irregular de

madeira, presença de empreendimentos, ZEIS e CIS. Quanto maior forem a presença destes fatores dentro de áreas de conservação da biodiversidade, maior estará sendo a interferência das atividades humanas e a circulação de forma não controlada. Uma vez que estes aspectos sejam minimizados, maior será a possibilidade de melhora da qualidade ambiental e das funções de regulação, habitat, produção e cultural nas UCNs. O Quadro 22 demonstra a atribuição de pesos aos índices.

Quadro 22 – Atribuição dos pesos final aos índices do IASEA

ÍNDICES	PESOS
Índice da Função de Regulação (IFR)	2,5
Índice da Função de Habitat (IFH)	2,5
Índice da Função de Produção (IFP)	2,0
Índice da Função Cultural (IFC)	1,0
Índice de Risco Ambiental (IRA)	1,0
Índice de Risco Antrópico (IRAT)	1,0

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Foi proposto para este trabalho o uso de uma escala de avaliação numérica baseada na metodologia aplicada por Albuquerque (2002), Carvalho (2009) e Duarte (2019) para os parâmetros adotados pelo sistema de avaliação de notas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Esta escala é dividida em quatro classes de avaliação numérica, de forma que o espectro de avaliação do estado ambiental das UCNs fique evidenciado. Para facilitar a visualização, também foi atribuída uma escala de cores às escalas de avaliação, de forma a tornar a percepção visual mais simplificada. No Quadro 23 são apresentadas as classificações e suas avaliações.

Quadro 23 – Classificação dos índices para o Índice de Avaliação de Serviços Ecológicos e Ambientais

Classificação Numérica do IASEA	Avaliação
5,0 = <	Ruim
5,0 a 7,4	Regular
7,5 a 8,9	Bom
9,0 a 10	Ótimo

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

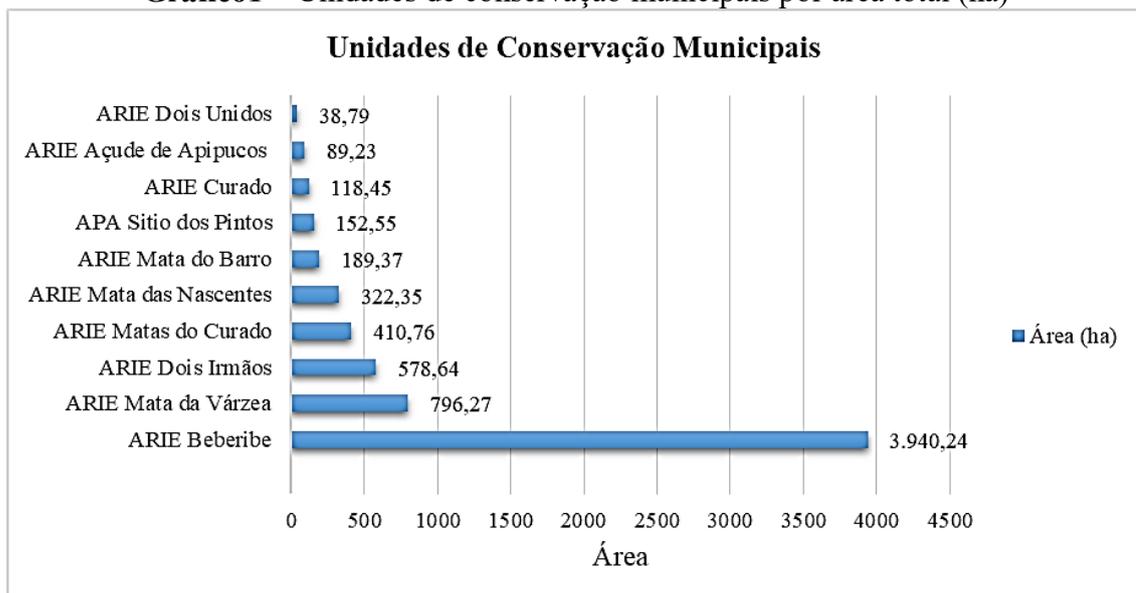
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o Programa Nacional para Áreas Urbanas, Cidades+Verdes do Ministério do Meio Ambiente, em 2022, a cidade do Recife foi elencada como o município cadastrado com mais áreas verdes urbanas. Este programa foi criado com o objetivo de propor melhorias na gestão e conservação de áreas verdes em cidades. São várias as ferramentas e metodologias que podem direcionar uma gestão mais efetiva e de qualidade para as áreas protegidas em ambiente urbano, dentre elas o uso de indicadores ou índices.

Uma vez tendo os indicadores definidos, foi realizado um extenso levantamento de dados nos planos de manejo, publicações oficiais como o Recife 500 anos e a base de dados abertos disponíveis nos sites dos órgãos públicos, como Prefeitura do Recife. Durante a pesquisa dos dados secundários nem sempre foram encontradas as informações conforme definição apontada por Gaudereto *et al.* (2018), por este motivo houve a necessidade de adaptar alguns parâmetros para conseguir chegar ao dado numérico desejado que iria compor o indicador.

Além disto, foi necessário agregar indicadores que pudessem tornar a análise mais robusta e refletir as condições do ecossistema Mata Atlântica. No Gráfico 1 é demonstrada a extensão das UCNs municipais analisadas da menor para maior área em hectares.

Gráfico1 – Unidades de conservação municipais por área total (ha)



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5. 1 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE FUNÇÃO DE REGULAÇÃO

Após a coleta dos dados necessários, na Tabela 1 são demonstrados os resultados para os subíndices da Função de Regulação (IFH) das UCNs municipais do Recife.

Tabela 1 – Resultados para os subíndices da função de regulação das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Subíndice da Função de Regulação					
UCN	Dossel	Cobertura Verde	Área Permeável	Serapilheira	Fontes de Água
ARIE Dois Unidos	0,952	0,964	0,969	0,566	-
ARIE Açude de Apipucos	0,432	0,455	0,529	0,566	0,203
ARIE Curado	0,615	0,970	0,983	0,566	0,004
APA Sítio dos Pintos	0,467	0,566	0,639	0,566	0,007
ARIE Mata do Barro	0,777	0,905	0,935	0,566	-
ARIE Mata das Nascentes	0,892	0,926	0,954	0,566	0,019
ARIE Matas do Curado	0,730	0,806	0,929	0,566	0,012
ARIE Dois Irmãos	0,813	0,845	0,872	0,566	0,020
ARIE Mata da Várzea	0,829	0,888	0,915	0,566	0,018
ARIE Beberibe	0,802	0,922	0,956	0,566	0,001

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Levando em consideração o valor médio da serapilheira (0,566) para utilização no cálculo do índice, é possível perceber que a UCN Dois Unidos mesmo sendo a unidade com menor área total, apresentou os melhores resultados do índice para a função de regulação. Vale ressaltar que a UCN Dois Unidos possui quase que sua área total dotada de cobertura vegetal, sendo este um fator importante para o bom desempenho deste índice, refletindo na boa absorção de água para o lençol freático e manutenção de outorga para a exploração permanente de água mineral. A UCN Mata das Nascentes foi a segunda com melhores resultados, e também apresenta uma boa proporção de cobertura vegetal em relação a área total. Essa unidade está localizada em uma região com bom estado de conservação, é a que possui a menor ocorrência de habitações em sua área e entorno.

Por outro lado, a UCN Açude de Apipucos mesmo possuindo a maior área em extensão de corpo d'água, apresentou os menores valores para os subíndices. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que da sua área total, apenas 43% é formada por um dossel com a presença de hábitos arbustivos e arbóreos, fator que contribuiu para menores valores para este índice na UCN. A UCN Sítio dos Pintos também apresentou valores mais baixos, assim como

a UCN Açude de Apipucos, esta unidade também apresentou uma proporção do dossel e cobertura vegetal reduzida em relação às outras UCNs.

Cerca de 30% da UCN Sítio dos Pintos é constituída de edificações urbanas. Esses dados reforçam a importância da preservação do dossel e cobertura vegetal nas florestas ombrófilas, os quais exercem um importante papel na regulação do clima, constituição do solo e redução da poluição, em detrimento aos outros subíndices analisados.

Com os resultados definidos, foi possível realizar a classificação dos resultados encontrados para os subíndices da função de regulação, conforme pontuação que varia entre 0 e 3, levando em consideração a maior pontuação para os maiores resultados obtidos. Desta forma, o resultado final do IFR com a aplicação dos pesos anteriormente definidos é demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Índice da função de regulação das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Índice da Função de Regulação						
UCN	Dossel	Cobertura Verde	Área Permeável	Serapilheira	Fontes de Água	IFR
ARIE Dois Unidos	3	3	3	2	0	2,80
ARIE Açude de Apipucos	1	1	2	2	0	1,23
ARIE Curado	2	3	3	2	0	2,48
APA Sítio dos Pintos	1	2	2	2	0	1,58
ARIE Mata do Barro	3	3	3	2	0	2,80
ARIE Mata das Nascentes	3	3	3	2	0	2,80
ARIE Matas do Curado	2	3	3	2	0	2,48
ARIE Dois Irmãos	3	3	3	2	0	2,80
ARIE Mata da Várzea	3	3	3	2	0	2,80
ARIE Beberibe	3	3	3	2	0	2,80

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.2 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE FUNÇÃO DE HABITAT

Os serviços ecossistêmicos ligados a função de habitat representam a parcela de melhorias que ocorrem nos ecossistemas, de forma a revitalizar a biodiversidade. Além disso, oferecem condições para a reprodução, crescimento e abrigo de espécies. Na Tabela 3 são demonstrados os resultados para o Índice da Função de Habitat (IFH).

Tabela 3 – Resultados para os subíndices da função de habitat das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Subíndice da Função de Habitat			
UCN	Hábito	Avifauna	Nativa/Exótica
ARIE Dois Unidos	0,857	0,072	0,935
ARIE Açude de Apipucos	0,714	0,366	0,693
ARIE Curado	0,857	0,294	0,902
APA Sítio dos Pintos	0,857	0,202	0,834
ARIE Mata do Barro	0,857	0,166	0,928
ARIE Mata das Nascentes	0,857	0,454	0,912
ARIE Matas do Curado	0,857	0,291	0,941
ARIE Dois Irmãos	0,857	0,643	0,953
ARIE Mata da Várzea	0,857	0,454	0,937
ARIE Beberibe	0,857	0,731	0,937

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Dentre as UCNs, a ARIE Beberibe apresentou os melhores resultados para os subíndices da Função de Habitat. Este resultado pode ser explicado pela presença de uma alta quantidade de espécies de aves na área de proteção. Das 361 catalogadas, a ARIE Beberibe possui 264 espécies, comprovando condições favoráveis para a permanência e reprodução das espécies. Importante também ressaltar que a avifauna está relacionada à promoção de vários serviços ecossistêmicos (refúgio, berçário, controle biológico, polinização), motivo pelo qual recebeu peso 4, influenciando no resultado deste índice.

Além disto, a UCN detém um bom quantitativo de espécies nativas em relação às espécies exóticas, sendo 399 espécies nativas para 27 exóticas. Somado a este fator, dos tipos de hábitos vegetais mapeados nas UCNs do Recife, a unidade possui 6 formas de vida (herbáceas, epífitas, trepadeiras, lianas, arbóreas e arbustivas).

A ARIE Dois Irmãos, foi a segunda unidade com os melhores resultados para os subíndices da Função de Habitat, resultados que também pode ser explicado pelo alto número de espécies de aves, sendo 232 espécies. Conjuntamente, seria possível considerar que a extensão territorial da ARIE Beberibe poderia influenciar a ocorrência de mais espécies em seu ambiente. No entanto, ao comparar UCNs com extensões territoriais aproximadas, como a ARIE Matas do Curado (410,76 ha) e ARIE Dois Irmãos (578,64 ha), constata-se índices com resultados diferentes.

Este fato comprova que em termos de conservação e interferência antrópica, é de conhecimento comum que a ARIE Dois Irmãos reúne características mais pujantes à preservação das espécies vegetais e animais, pela presença do Horto. Já a ARIE Matas do Curado ao longo dos anos têm se tornado uma região cada vez mais cercada por habitações devido ao crescimento populacional dos bairros do Curado. Além disso, a região é conhecida pela existência de um distrito industrial em seu entorno, contribuindo para alterações importantes do estado de resiliência ambiental da UCN.

Já a ARIE Dois Unidos apresentou dentre as dez UCNs, o menor número de espécies da avifauna mapeadas, sendo apenas 26 espécies. Apesar disso, a unidade apresenta um bom quantitativo de espécies nativas em relação às exóticas, sendo 257 para 18 respectivamente. A ARIE Açude de Apipucos também é uma das unidades que apresentaram um baixo resultado para o subíndice da função de habitat, sendo a UCN com menor relação proporcional na ocorrência de espécies nativas/exóticas.

Por fim, faz-se necessário ressaltar que este índice poderia ser incrementado com indicadores adicionais, como a consideração de outras espécies de vertebrados, dentre eles mamíferos, anfíbios, peixes e répteis. No entanto, ao longo da pesquisa não foi possível identificar uma catalogação de dados consistente a respeito destas espécies nos planos de manejo. Algumas UCNs possuem informações de forma mais generalizada, já outras não há citações mais detalhadas, o que dificultou a agregação de dados que pudessem gerar um indicador por unidade de conservação.

Algumas publicações disponibilizadas nos ambientes de dados abertos da Prefeitura do Recife, já demonstram iniciativas neste sentido, em que foram catalogadas algumas espécies (RECIFE, 2022e). Esta é uma oportunidade para que no futuro mais pesquisas científicas sejam realizadas de forma a construir um inventário de fauna completo. Dados sistematizados das espécies por UCN podem ser uma importante ferramenta para estudos mais aprofundados nas áreas protegidas de forma que sejam definidas prioridades quanto às ações de manejo e proteção.

Com os resultados definidos, foi possível realizar a classificação dos resultados encontrados para os subíndices da função de habitat, conforme pontuação que varia entre 0 e 3, levando em consideração a maior pontuação para os maiores resultados obtidos. Desta forma, o resultado final do IFH com a aplicação dos pesos anteriormente definidos é demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Índice da função de habitat das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Índice da Função de Habitat				
UCN	Hábito	Avifauna	Nativa/Exótica	IFH
ARIE Dois Unidos	3	0	3	1,80
ARIE Açude de Apípuços	2	1	2	1,60
ARIE Curado	3	1	3	2,20
APA Sítio dos Pintos	3	0	3	1,80
ARIE Mata do Barro	3	0	3	1,80
ARIE Mata das Nascentes	3	1	3	2,20
ARIE Matas do Curado	3	1	3	2,20
ARIE Dois Irmãos	3	2	3	2,60
ARIE Mata da Várzea	3	1	3	2,20
ARIE Beberibe	3	2	3	2,60

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.3 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

Na Tabela 5 são demonstrados os resultados encontrados para os indicadores da Função de Produção (IFP), conforme a aplicação da escala de ocorrência destes parâmetros. Uma vez que os resultados já estão entre 0 e 3, alinhados à escala de pontuação dos resultados, já é apresentado o valor final do IFP com a atribuição dos pesos para cada indicador.

Tabela 5 – Resultados para os indicadores da função de produção das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Índice da Função de Produção				
UCN	Espécies Frutíferas	Espécies Medicinais	Espécies Ornamentais	IFP
ARIE Dois Unidos	2	1	1	1,50
ARIE Açude de Apípuços	1	0	1	0,60
ARIE Curado	2	1	1	1,50
APA Sítio dos Pintos	3	1	2	2,10
ARIE Mata do Barro	3	2	2	2,50
ARIE Mata das Nascentes	3	2	2	2,50
ARIE Matas do Curado	2	2	2	2,00
ARIE Dois Irmãos	3	3	3	3,00
ARIE Mata da Várzea	3	2	3	2,60
ARIE Beberibe	3	2	2	2,50

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A ARIE Dois Irmãos se destaca com o maior índice por alcançar a maior pontuação para os três indicadores, nesta unidade há um equilíbrio entre corpos hídricos, como o açudes e córregos, além de um vasto dossel; demonstrando a riqueza de serviços ecossistêmicos e de condições para uma biota mais diversificada de espécies. Conforme relatado, a maioria das UCNs são espaços com a presença de muitas árvores frutíferas como a *M. indica* (mangueira), a *A. heterophyllus* (jaqueira) e *S. cumini* (azeitona-roxa), o que eleva a pontuação para a função de produção.

Quanto às espécies medicinais e também de uso madeireiro é possível citar a presença de árvores como a *Bowdichia virgilioides Kunth* (sucupira-mirim), a *S. pickelii* (jacarandá-branco), *Hortia brasiliana* (laranjinha) e *Zanthoxylum petiolare*. (mamica-de-cadela). Das espécies ornamentais destacam-se as orquídeas, algumas espécies estão em categorias de restrição de coleta e ameaçadas de extinção. Sendo assim, são espécies restritas e com risco de comercialização ilegal para o mercado internacional.

Já a ARIE Açude de Apipucos apresenta o menor índice em função da baixa pontuação alcançada pelos indicadores. O plano de manejo da unidade relata a rara ocorrência de espécies frutífera e ornamentais. Dentre as frutíferas as relatadas são a *M. indica* (mangueira), a *A. heterophyllus* (jaqueira) e *S. cumini* (azeitona-roxa). Quanto a espécies ornamentais a presença da *Hohenbergia ramageana Mez* (bromélia) e quanto a espécies medicinais não houve nenhuma citação.

5. 4 AVALIAÇÃO PARA O ÍNDICE DE FUNÇÃO CULTURAL

Na Tabela 6 é possível verificar os resultados de atribuição binária encontrados nos planos de manejo para a presença ou ausência dos indicadores da função cultural.

Tabela 6 – Resultados para os indicadores da função cultural das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Indicadores da Função Cultural								
UCN	Equipamentos de Lazer	Atividades de Ecoturismo	Bens de Patrimônio Cultural	Relações sociais da comunidade com o ecossistema	Valor Estético	Fonte de inspiração para a arte, folclore, tradição e costumes	Uso como equipamento Educacional	Valores Espirituais e religiosos
ARIE Dois Unidos	0	0	0	1	1	1	1	1
ARIE Açude de Apipucos	1	0	1	1	1	0	1	0
ARIE Curado	1	0	0	1	0	0	1	0
APA Sitio dos Pintos	0	0	0	1	1	0	1	1
ARIE Mata do Barro	0	0	1	1	0	0	0	0
ARIE Mata das Nascentes	0	0	0	0	1	0	0	0
ARIE Matas do Curado	0	0	1	0	1	0	0	0
ARIE Dois Irmãos	1	1	1	1	1	0	1	1
ARIE Mata da Várzea	1	1	1	1	1	1	1	0
ARIE Beberibe	0	0	0	1	1	1	1	0

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para o Índice da Função Cultural, a ARIE Dois Irmãos e ARIE Mata da Várzea alcançaram os melhores resultados dentre as unidades. Dos oito indicadores que avaliam a função cultural, sete são atendidos pelas UCNs. Historicamente, o bairro da Várzea é reconhecido em suas origens por abrigar os engenhos dos colonos portugueses e servir de espaço para a atividade canavieira, fato que transformou a região em um local de diversidade cultural, herança que é mantida até os dias atuais.

Quanto à ARIE Mata da Várzea, por meio do seu plano de manejo, foi possível identificar dentro do seu perímetro a presença de equipamentos de lazer como a Oficina Cerâmica Francisco Brennand e a Caudelaria Souza Leão, sendo a Oficina um patrimônio cultural de grande expressão em Pernambuco. Importante destacar que no entorno da UCN estão delimitadas duas Zonas Especiais do Patrimônio Histórico-Cultural (ZEPH), onde se encontra o Instituto Ricardo Brennand, o qual está mais afastado da área de abrangência da UCN, entre o Curado e a Várzea. No entanto, é importante destacar sua importância e referência como equipamento de lazer e cultura para o bairro da Várzea.

Em relação às atividades de ecoturismo é rotineira a prática de trilhas ecológicas, atividades esportivas e o turismo cultural promovido por projetos da Prefeitura do Recife e pelos próprios coletivos culturais da região. Isto demonstra também que na unidade existem moradores que mantêm uma forte relação social com a mata. Como resultado da oficina participativa foi relatado pela comunidade, que os maiores proprietários de terras da região (Grupo Cornélio Brennand) exercem um papel de “cuidado” com a floresta ao evitar que pessoas circulem pelos espaços da floresta, inclusive usando para tal segurança particular. Apesar da população entender este fato como uma proteção, vale salientar que os proprietários asseguram prioritariamente seu espaço privado com o objetivo de evitar invasões.

A UCN também é lembrada por seu reconhecido valor estético, sendo muitas vezes utilizada como fonte de contemplação para as atividades folclóricas, artísticas e de costumes como é o caso dos coletivos culturais existente no bairro da Várzea. Um deles é o coletivo artístico ecopedagógico Boi da Mata que realiza trilhas que circundam a UCN Mata da Várzea, na região em que se encontra a Oficina Brennand (GONZAGA, 2019). Nessa trilha é realizado o cortejo do bumba meu boi em uma interação voltada para crianças e adultos, com música, coleta de lixo ao longo da trilha e implantação de horta agroecológica.

Quanto ao seu uso para atividades educacionais foram destacados nas oficinas participativas o uso da UCN como ambiente para realização de atividades de ensino e pesquisa pela comunidade do entorno, como espaço agroecológico e de educação ambiental. Apesar do bairro da Várzea acolher diversos grupos culturais que preservam as tradições de matrizes

africanas, não foi relatado na oficina participativa qualquer relato de grupos religiosos que mantenham uma relação direta com a UCN.

A ARIE Dois Irmãos também apresentou dentre as UCNs um valor elevado para o índice da função cultural. Nesta UCN, encontra-se sobreposta a unidade de conservação estadual Parque Estadual Dois Irmãos, importante fragmento urbano de Mata Atlântica onde se encontra o zoológico do Recife, reconhecido equipamento de lazer e educação ambiental para a cidade. Dentro do parque também são realizadas atividades voltadas ao ecoturismo com a possibilidade de realizar trilhas pela mata, como relatado no plano de manejo, a trilha do Chalé do Prata e a trilha do Chapéu do Sol.

Na área do Parque está o Açude do Prata e o Chalé do Prata, construção que integra o conjunto ambiental, paisagístico e histórico do Prata, que foi tombado por sua relevância cultural. Durante a oficina participativa os moradores do entorno relatam ter uma relação próxima com a mata e entendem o papel fundamental de conservação ambiental para a manutenção da qualidade de vida.

Com todas estas características, a ARIE Dois Irmãos reúne atributos para um importante sentimento de valor estético para os seus moradores e visitantes. Vale destacar também o uso da UCN como equipamento educacional servindo de campo de atuação para diversas atividades de pesquisa da UFRPE, UFPE e do Parque Estadual Dois Irmãos, além de atividade de educação ambiental voltada às escolas da vizinhança.

Não houveram relatos no plano de manejo sobre qualquer tipo de manifestação de tradições, costumes ou folclore atribuídos a região da UCN, podendo existir estes grupos, mas que não foram mencionados. Quanto aos valores espirituais e religiosos ligados a UCN, não foram relatados diretamente durante o diagnóstico participativo. No entanto, na área da UCN há a presença de manifestações religiosas como o Templo Nerano Vale do Amanhecer, que se instalou em uma área isolada dentro da UCN.

Destaca-se também a ARIE Açude de Apipucos, que alcançou uma boa pontuação para os indicadores, fica localizada no bairro homônimo, tendo a presença de áreas de lazer como o Parque de Apipucos. Possui também bens do patrimônio histórico e cultural como a Casa-Museu Magdalena e Gilberto Freyre. A UCN tem uma série de parcerias com as universidades federais, servindo como equipamento educacional e de pesquisa. O açude se destaca na paisagem de valorosa apreciação estética e por aproximar as relações da comunidade com o ecossistema, tendo a prática da pesca como meio para a alimentação e fonte de renda, de acordo com oficina participativa.

No bairro do Curado está a ARIE Curado, que se destaca com a presença do Jardim

Botânico do Recife, sendo um ambiente de lazer e de espaço para atividades de educação e sensibilização ambiental. O crescimento populacional no seu entorno é grande fator de pressão sobre o ambiente natural, além da presença do polo industrial.

A ARIE Dois Unidos, localizada no bairro de Dois Unidos, apesar de carecer de equipamentos de lazer, atividades de ecoturismo e não possuir nenhum bem do patrimônio histórico cultural, se destaca pela forte relação da sua comunidade com a região, tanto no quesito de conservação da floresta quanto da presença de forte inspiração para as artes e tradições locais como o grupo de coco Chinelô de Iaiá e do espaço Furrô Arlindo dos Oito Baixos. Além disto, há a presença de uma forte ligação com as raízes ancestrais de matrizes africanas e o centro cultural Galpão do Vira. Ademais, a UCN tem servido como ambiente de educação ambiental para as escolas do entorno.

A ARIE Mata das Nascentes localizada no bairro da Várzea, destaca-se como a UCN com a menor pontuação para os indicadores. Esta UCN fica uma região que predominantemente apresenta área de floresta e com baixa ocupação humana, ocasionando sua baixa adesão aos indicadores culturais. A UCN se destaca por seu valor estético em termos de conservação da fauna e flora local, tendo um grande potencial para a exploração do ecoturismo.

A ARIE Mata do Barro também obteve uma baixa adesão aos indicadores culturais, sendo uma região de forte pressão antrópica pelo excesso de aglomerados populacionais e indústrias. Não foram relatadas áreas de lazer dentro da UCN, nem atividades de ecoturismo. No entanto, apresenta um imóvel público tombado como patrimônio histórico e artístico de Pernambuco, a Escola Rural Alberto Torres, fundada em 1936 com uma arquitetura moderna, sendo uma obra do arquiteto Luiz Nunes.

Tendo os valores definidos, foi possível realizar a classificação dos resultados encontrados para os indicadores da função cultural, conforme pontuação definida na seção “Materiais e Métodos”, em que resultado “0” representa a menor pontuação, igual a “0”. E resultado “1” representa a maior pontuação, igual a “3”. Desta forma, o resultado final do IFC com a aplicação dos pesos anteriormente definidos é demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Índice da função cultural das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Índice da Função Cultural									
UCN	Equipamentos de Lazer	Atividades de Ecoturismo	Bens de Patrimônio Cultural	Relações sociais da comunidade com o ecossistema	Valor Estético	Fonte de inspiração para a arte, folclore, tradição e costumes	Uso como equipamento Educacional	Valores Espirituais e religiosos	IFC
ARIE Dois Unidos	0	0	0	3	3	3	3	3	1,65
ARIE Açude de Apipucos	3	0	3	3	3	0	3	0	1,95
ARIE Curado	3	0	0	3	0	0	3	0	1,20
APA Sítio dos Pintos	0	0	0	3	3	0	3	3	1,35
ARIE Mata do Barro	0	0	3	3	0	0	0	0	0,90
ARIE Mata das Nascentes	0	0	0	0	3	0	0	0	0,30
ARIE Matas do Curado	0	0	3	0	3	0	0	0	0,75
ARIE Dois Irmãos	3	3	3	3	3	0	3	3	2,70
ARIE Mata da Várzea	3	3	3	3	3	3	3	0	2,70
ARIE Beberibe	0	0	0	3	3	3	3	3	1,35

5. 5 AVALIAÇÃO PARA O ÍNDICE DE RISCO AMBIENTAL

O Índice de Risco Ambiental (IRA) agrega informações que podem apontar o grau de ameaça sobre o estado de conservação da unidade de conservação, uma vez em risco pode representar a longo prazo uma redução na capacidade de resiliência do ecossistema e de fornecimento de serviços ecossistêmicos. Foram selecionados como indicadores, fatores que podem representar indícios de perturbações do ponto de vista ecológico, tais como a presença de resíduos sólidos como resquícios da circulação de pessoas, a ocorrência de pontos com esgoto não tratado, a extração irregular de madeira que pode ocasionar a abertura de clareiras e a ocorrência de exploração comercial dos recursos naturais da UCN.

Os resultados encontrados são demonstrados na Tabela 8, de acordo com a aplicação da escala de ocorrência destes parâmetros. Uma vez que os resultados já estão entre 0 e 3, alinhados à escala de pontuação dos resultados, já é apresentado o valor final do IRA com a atribuição dos pesos para cada indicador

Tabela 8 – Resultados para os indicadores de risco ambiental das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Índice de Risco Ambiental					
UCN	Resíduos Sólidos	Exploração Comercial da UCN	Presença de Esgoto <i>in natura</i>	Extração irregular de madeira	IRA
ARIE Dois Unidos	2	0	3	1	1,40
ARIE Açude de Apipucos	2	1	0	1	1,10
ARIE Curado	0	3	1	1	1,30
APA Sitio dos Pintos	0	0	2	1	0,60
ARIE Mata do Barro	1	3	1	1	1,60
ARIE Mata das Nascentes	1	1	1	0	0,80
ARIE Matas do Curado	1	3	3	1	2,00
ARIE Dois Irmãos	1	3	3	3	2,40
ARIE Mata da Várzea	1	3	3	1	2,00
ARIE Beberibe	1	0	3	1	1,10

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Observa-se que a ARIE Dois Irmãos, Mata da Várzea e Matas do Curado apresentaram os maiores valores para o Índice de Risco Ambiental, denotando um menor risco ambiental considerando os parâmetros avaliados, conforme relatado na seção de “Materiais e Métodos”,

quanto maior a pontuação alcançada, menor serão os riscos apresentados para as unidades. Nessas UCNs foram encontradas uma baixa ou nenhuma ocorrência de resíduos sólidos, exploração comercial, extração irregular de madeira e ocorrência de esgoto *in natura*.

A APA Sítio dos Pintos, ARIE Açude de Apipucos e Curado, apresentaram pontuações que demonstram um risco mais preponderante para a presença de classificação “alto” e “médio” para os indicadores de esgoto *in natura*, resíduos sólidos e de exploração comercial. A APA Sítio dos Pintos, por exemplo, vem sofrendo intervenções em seu espaço verde com o uso e ocupação do solo para construção de condomínios fechados, como os condomínios Prive Dois Irmãos, Florestas Verdes e Priverde. A UCN Açude de Apipucos relata a presença de focos de esgoto não tratado.

Na ARIE Beberibe estão empresas como a Água Mineral Noana, Santa Joana, Vanessa, Diamante Azul e Crystal Tropical. Na ARIE Dois Unidos está a Água Mineral Santa Clara. Estas duas UCNs têm sofrido impactos quanto ao uso e exploração comercial dos seus lençóis freáticos. O plano de manejo não cita expressamente que estas atividades possam estar causando efeitos negativos às UCNs, porém a longo prazo a exploração sem o devido manejo da área pode vir a causar a redução dos aquíferos.

Todas as outras unidades apresentaram nota “baixo” ou “nenhum”, mesmo sendo regiões cercadas de atividades comerciais, habitações e em perímetro urbano. A classificação empregada por esta metodologia considera os dados e informações que foram expressamente divulgadas nos planos de manejo, podendo as UCNs apresentar uma situação crítica quanto a este indicador, mas que no processo de amostragem não foi observada. Por consequência, a imprecisão destas informações tem efeito sobre o resultado mais aproximado para o IASEA.

5. 6 AVALIAÇÃO PARA O ÍNDICE DE RISCO ANTRÓPICO

Para a avaliação do Índice de Risco Antrópico (IRAT) foram levantadas informações nos planos de manejo que pudessem subsidiar a formação de subíndices que caracterizam as interferências humanas provenientes da urbanização em centros urbanos. Estes processos de interação humana com o meio natural podem ocasionar prejuízos, como a supressão de vegetação do entorno das UCN, interferências na vida silvestre e comércio ilegal de espécies da fauna e flora. A Tabela 9 expressa os resultados encontrados para os subíndices.

Tabela 9 – Resultados para os subíndices de risco antrópico das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Subíndice de Risco Antrópico			
UCN	Empreendimentos, equipamentos públicos e privados dentro/entorno da UCN	ZEIS (Zona Especial de Interesse Social)	CIS (Comunidade de Interesse Social)
ARIE Dois Unidos	0,036	0,333	0,118
ARIE Açude de Apipucos	0,263	0,077	0,031
ARIE Curado	0,012	0,053	0,065
APA Sítio dos Pintos	0,625	-	0,038
ARIE Mata do Barro	0,028	0,053	0,033
ARIE Mata das Nascentes	0,002	-	-
ARIE Matas do Curado	0,019	0,053	0,022
ARIE Dois Irmãos	0,290	-	0,046
ARIE Mata da Várzea	0,043	-	0,074
ARIE Beberibe	0,195	-	0,032

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Dentre as UCNs, a APA Sítio dos Pintos possui elevada quantidade de empreendimentos formais e informais, de comércios, serviços e equipamentos públicos. Dentre eles escolas, unidades de saúde, campos de futebol, condomínios privados, conjunto habitacional e as dependências da UFRPE. Nesta unidade não há registro de ZEIS, mas foram registradas cinco CIS, são elas: Sítio dos Pintos, Rua da Paz, Sítio Sapucaia, Córrego da Fortuna e Sítio São Brás. Estas CIS estão integradas à área dentro da UCN, assim como se espalham pelas regiões de amortecimento da floresta, em sua maioria são constituídas por ocupações irregulares e também construções horizontais, o que representa a longo prazo perda para biodiversidade e da cobertura vegetal do meio natural.

A UCN Açude de Apipucos e Dois Irmãos, possuem partes por seu entorno rodeado de comércios, serviços e equipamentos públicos. Na ARIE Dois Unidos se destaca a quantidade reduzida de moradias dentro da unidade, todavia seu entorno está densamente ocupado, em parte por historicamente ter se formado nos arredores da Indústria Minerva de Papel e Celulose, uma concentração de domicílios que foi responsável pelo crescimento do bairro de Dois Unidos. No entorno da UCN foram mapeadas dez CIS, a UCN com mais CIS mapeada entre todas, e duas ZEIS, sendo elas a Linha do Tiro e Dois Unidos.

A ARIE Mata das Nascentes é a unidade que se encontra em uma região da Várzea com baixa densidade populacional, não havendo registro dentro e no entorno de ZEIS e CIS. No

interior da UCN existem dois empreendimentos oficiais, uma empresa de tratamento de resíduos (Logística Ambiental) e no seu perímetro o condomínio Alphaville e no entorno o TIP – Terminal Integrado de Passageiros.

A ARIE Matas do Barro é uma UCN rodeada por equipamentos públicos e de empresas como Deskontão, Carne Keijo, American Farma, Thermo Brasil, Cadan Distribuidora, pelo 4ª Batalhão do Exército Brasileiro e o Cemitério do Pacheco, no seu entorno também foram mapeadas apenas uma ZEIS e três CIS, Parque Residencial dos Milagres, Rua Cantor Tim Maia e Tejipió.

Com os resultados definidos, foi possível realizar a classificação dos resultados encontrados para os subíndices de risco antrópico, conforme pontuação que varia entre 0 e 3, levando em consideração a maior pontuação para os menores resultados obtidos, ou seja, menores riscos antropogênicos. Desta forma, o resultado final do IRAT com a aplicação dos pesos definidos é demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Índice de risco antrópico das unidades de conservação da natureza municipais do Recife

Índice de Risco Antrópico				
UCN	Empreendimentos, equipamentos públicos e privados dentro/entorno da UCN	ZEIS (Zona Especial de Interesse Social)	CIS (Comunidade de Interesse Social)	IRAT
ARIE Dois Unidos	3	2	3	2,75
ARIE Açude de Apipucos	2	3	3	2,50
ARIE Curado	3	3	3	3,00
APA Sítio dos Pintos	1	3	3	2,00
ARIE Mata do Barro	3	3	3	3,00
ARIE Mata das Nascentes	3	3	3	3,00
ARIE Matas do Curado	3	3	3	3,00
ARIE Dois Irmãos	2	3	3	2,50
ARIE Mata da Várzea	3	3	3	3,00
ARIE Beberibe	3	3	3	3,00

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5. 7 AVALIAÇÃO DO IASEA

Para a construção do Índice de Avaliação de Serviço Ecológico e Ambiental (IASEA), cada índice foi constituído por indicadores ou subíndices que formaram uma nota

final. Posteriormente, foram atribuídas pontuações de 0 a 3 aos resultados obtidos pelos subíndices ou indicadores, o resultado de cada índice foi formado pela aplicação de pesos para cada parâmetro. Assim, o IASEA final de cada UCN foi obtido pela média ponderada dos seus seis índices.

Com os resultados consolidados para os Índices de Regulação, de Habitat, de Produção, Cultural, de Risco Ambiental e de Risco Antrópico, é possível apresentar o índice integrado para o IASEA de cada UCN, considerando os pesos proposto no item Materiais e Métodos. A Tabela 11 apresenta a síntese dos valores para os índices do IASEA das áreas protegidas e seu resultado final.

Tabela 11 – Síntese dos seis índices integrativos do IASEA e resultado final

IASEA							
UCN	Regulação	Habitat	Produção	Cultural	Risco Ambiental	Risco Antrópico	IASEA
ARIE Dois Unidos	2,80	1,80	1,50	1,65	1,40	2,75	6,8
ARIE Açude de Apipucos	1,23	1,60	0,60	1,95	1,10	2,50	4,6
ARIE Curado	2,48	2,20	1,50	1,20	1,30	3,00	6,7
APA Sítio dos Pintos	1,58	1,80	2,10	1,35	0,60	2,00	5,5
ARIE Mata do Barro	2,80	1,80	2,50	0,90	1,60	3,00	7,3
ARIE Mata das Nascentes	2,80	2,20	2,50	0,30	0,80	3,00	7,2
ARIE Matas do Curado	2,48	2,20	2,00	0,75	2,00	3,00	7,1
ARIE Dois Irmãos	2,80	2,60	3,00	2,70	2,40	2,50	9,0
ARIE Mata da Várzea	2,80	2,20	2,60	2,70	2,00	3,00	8,5
ARIE Beberibe	2,80	2,60	2,50	1,35	1,10	3,00	8,0

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme os resultados apresentados na Tabela 11, é possível realizar a classificação dos resultados conforme a variação na escala adaptada e proposta por por Albuquerque (2002), Carvalho (2009) e Duarte (2019) para os parâmetros adotados pelo sistema de avaliação de notas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que segue no Quadro 24.

Quadro 24 – Avaliação da Classificação dos Índices para o Índice de Avaliação de Serviços Ecológicos e Ambiental e respectivas avaliações para as Unidades de Conservação da Natureza

UCN	IASEA	Avaliação
ARIE Dois Unidos	6,8	Regular
ARIE Açude de Apipucos	4,6	Ruim
ARIE Curado	6,7	Regular
APA Sítio dos Pintos	5,5	Regular
ARIE Mata do Barro	7,3	Regular
ARIE Mata das Nascentes	7,2	Regular
ARIE Matas do Curado	7,1	Regular
ARIE Dois Irmãos	9,0	Ótimo
ARIE Mata da Várzea	8,5	Bom
ARIE Beberibe	8,0	Bom

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

As UCNs analisadas obtiveram avaliações que variaram entre “regular” (ARIE Dois Unidos, Curado, Mata do Barro, Mata das Nascentes, Matas do Curado e APA Sítio dos Pintos), “ruim” (ARIE Açude de Apipucos), “bom” (ARIE Mata da Várzea e Beberibe), apenas uma UCN apresentou resultado “ótimo” (ARIE Dois Irmãos), levando em consideração os dados secundários obtidos ao longo desta pesquisa, os quais podem conter desvios e poderiam alterar estes resultados para uma avaliação melhor ou pior das UCNs. Mas analisando por UCN, é importante destacar que as notas alcançadas para os índices podem ser avaliadas de forma individual e de forma mais aprofundada, dando um panorama da situação da unidade e indicando caminhos, a depender dos objetivos a serem alcançados pelo conselho gestor e da gestão municipal.

Destacam-se alguns pontos relevantes, o Índice da Função de Regulação foi influenciado, em grande parte, pela importância da área de dossel em relação a área total, quanto maior este dossel, melhor será o valor apontado para o índice, a exemplo da UCN Dois Unidos que possui quase que a totalidade de sua área formada por vegetação densa. Observar que as UCNs com grandes áreas de fontes de água e reduzido dossel em comparação a área total, obtiveram um impacto de redução para este índice, como a UCN Açude de Apipucos que possui apenas 43% do seu espaço formado por dossel e 20% formado por fontes de água.

Para o Índice da Função de Habitat o fator preponderante para melhora dos valores

alcançados foram a maior presença de espécies da avifauna, assim como a maior ocorrência de espécies nativas em relação às exóticas. Neste sentido, as UCNs Dois Irmãos e Beberibe obtiveram os melhores resultados. Para o Índice da Função de Produção se destacaram as UCNs com maior registro de espécies frutíferas, ornamentais e medicinais. As espécies frutíferas apesar de serem em sua maioria vegetação exótica e invasora, são importantes enquanto fonte de alimentação para as espécies da avifauna. A UCN que obteve maior destaque foi a ARIE Dois Irmãos.

Já o Índices da Função Cultural foi relativamente baixo, as UCNs Dois Irmãos, Mata da Várzea e Açude de Apipucos foram as unidades com melhores resultados. Estes índices apontam possíveis demandas reprimidas quanto a opções de recreação, espaço para interação da comunidade, ambientes de contemplação, voltados ao ecoturismo, de uso para manifestações culturais e para promoção da sensibilização e educação ambiental. Este fato demonstra a necessidade de uma governança atuante dos futuros conselhos gestores das unidades, os quais tiveram seus planos de manejo publicados ou atualizados recentemente em 2020 e 2021. Ações voltadas à melhora destes SE, levaria ao alcance de todo potencial da qualidade ambiental e consequente bem-estar gerado à população por meio dos benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos.

Quanto ao Índice de Risco Ambiental, as unidades da ARIE Dois Irmãos, Mata da Várzea e Matas do Curado, apresentaram índices mais altos acima de (2,0), o que indica uma baixa ameaça quanto aos aspectos de poluição ambiental, extração de madeira e exploração dos recursos do meio ambiente. Salientando que, como relatado anteriormente, este índice pode ter sido subdimensionado pela ausência de dados completos e consistente nos planos de manejo. Por outro lado, para o Índice de Risco Antrópico, as UCNs Curado, Mata do Barro, Mata da Varzea, Mata das Nascentes, Beberibe e Matas do Curado apresentaram índice mais altos (3,0) entre todas, ou seja, demonstra um potencial reduzido para ameaças da ação humana, como a proliferação de empreendimentos privados e o crescimento desordenado de habitações no seu entorno.

Para se chegar ao IASEA das UCNs do Recife, foram considerados pesos atribuídos aos índices conforme avaliação do estudo dos planos de manejo e o conhecimento adquirido ao longo da jornada de leituras sobre a realidade destas áreas verdes do Recife. No entanto, também foram realizadas três simulações de resultados para o IASEA, considerando outras atribuições de pesos para os mesmos índices. Esta simulação foi apresentada e disponibilizada para apreciação da banca avaliadora desta dissertação, a qual contribuir com seus conhecimentos e “sentimento” quanto ao estado das UCNs e definição dos pesos finais.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Índice de Avaliação dos Serviços Ecosistêmicos e Ambiental (IASEA) é um modelo de aferição criado para dimensionar o estado ambiental nas unidades de conservação do município do Recife, todavia esta ferramenta de gestão poderá ser utilizada para fins de estudos em outros remanescentes naturais que não somente as unidades de conservação, considerando as devidas adaptações por domínio fitogeográfico. O uso de um modelo conceitual generalizado para o estudo de áreas verdes remanescentes da Mata Atlântica como o IASEA, pode apontar direcionamentos para a melhora dos atributos naturais, sendo possível obter níveis equilibrados de eficiência sob a capacidade de propagação dos serviços ecosistêmicos e a redução de riscos.

Por este motivo, o IASEA surgiu da necessidade de propor uma solução tangível aos problemas ambientais, o qual poderá ser utilizado como um mediador para criação de políticas públicas ou instrumentos voltados à limitação das atividades econômicas e humanas nas áreas de proteção. O objetivo maior é reduzir a degradação do capital natural local, balizando desta forma a ocupação e uso conforme as permissões da lei municipal do Plano Diretor do Recife e garantir o ganho do bem-estar geral proporcionado por estes ambientes.

Diante de novos paradigmas ambientais e da urgente necessidade de instauração de ações concretas que resgatem os benefícios obtidos pela natureza, um novo panorama de gestão sustentável será crucial nas cidades com alto grau de urbanização. O IASEA poderá ser aplicado para a tomada de decisão dos *police makers* dos órgãos ambientais, de forma que possam ser definidas soluções para o planejamento paisagístico da cidade, soluções focadas na redução dos efeitos das mudanças climáticas, nas diretrizes para resolver impasses sobre o uso e ocupação de áreas de proteção, para investimento e restauração de áreas para fins de lazer, estudo e pesquisa, entre outras ações.

O mais desastroso evento climático ocorrido em junho de 2022, no estado de Pernambuco, tornou-se a maior catástrofe natural dos últimos 50 anos, escancarando a negligência das gestões dos municípios sobre um problema antigo na Região Metropolitana: o déficit habitacional voltado a população carente e a alta demanda por moradias em uma cidade de já é a nona mais populosa do País (IBGE, 2019). Enquanto esta lacuna da gestão urbana não for solucionada com políticas públicas de curto, médio e longo prazo, mais pessoas irão ocupar regiões que não apresenta condições seguras de moradia, tal qual as encostas de morros, áreas protegidas e as bordas de rios. Por este motivo, as áreas de subúrbio (algumas regiões com áreas protegidas) muitas vezes apresentam um alto grau de degradação de áreas verdes, fatores estes

que afetam diretamente o alcance das metas dos ODS 15 e 11.

Uma vez que estas áreas degradadas sejam identificadas no território da cidade do Recife, poderão ser adotadas políticas sociais e ambientais que busquem equalizar as demandas de conservação e das próprias populações. Por um lado, cuidar da necessidade premente de salvaguardar as áreas protegidas, evitando o crescimento desordenado de moradias subnormais sobre estas regiões, e por outro lado, garantir às populações níveis adequados de justiça ambiental nestes espaços, assim como o direito à moradia. A defesa de serviços ecossistêmicos e seus consequentes benefícios à saúde devem ser um direito estendido à toda população, fazendo que tais investimentos por parte do município se materialize na obtenção de melhores indicadores sociais e de saúde em paralelo ao aumento da qualidade ambiental.

É possível afirmar que ao analisar os dados fornecidos pelos planos de manejo foram encontradas algumas lacunas de informações. Um exemplo é a falta de relato sobre a condução do modelo de amostragem dos pontos visitados em campo dentro das UCNs, não sendo possível assegurar que a suficiência amostral destes pontos tenha sido garantida de forma a fornecer dados mais acurados sobre os parâmetros analisados.

Especialmente os dados primários referentes a pontos de esgoto *in natura*, extração de madeira, coleta *in loco* da serapilheira, depósito de resíduos sólidos, quantidade de domicílios permanentes particulares ao redor da UCN, a ausência de um inventário florestal e levantamento fitossociológico detalhado das UCNs, assim como empreendimentos privados que não estejam cadastrados nos dados mercantis oficiais do Recife.

Com isto, os dados fornecidos pelos planos de manejo podem não está refletindo fielmente a situação de estado dos serviços ecossistêmicos, impactos ambientais e antrópicos que estão ocorrendo em campo, o que consequentemente pode ter impactado nas notas dos índices analisados nesta pesquisa. Em sua maioria, as UCNs possuem uma elevada densidade populacional em seu entorno, ratificando mais uma vez o argumento de que estas podem estar sofrendo um impacto negativo maior do que o relatado nos planos de manejo.

Além disto, é possível afirmar que quanto maior a base de dados ambientais das áreas protegidas, maiores serão as oportunidades de que no futuro mais pesquisas científicas sejam realizadas de forma a construir um inventário completo das UCNs, apontando prioridades quanto às ações de manejo e proteção.

Levando em consideração que os planos de manejo das UCNs municipais foram publicados no Diário Oficial apenas em 2020/2021, após anos de expectativa para conclusão deste importante instrumento de gestão, muito ainda tem a ser construído e melhorado em termos de coleta de dados. Como recomendação deste estudo, seria muito importante manter

uma periodicidade de atualização destes dados, pelo menos a cada 5 anos. Com isto, seria possível aprimorar as demais pesquisas que venham no futuro a necessitar destas informações, como foi o caso da construção do IASEA.

O IASEA reforça a importância em se dispor de ferramentas de análise das condições ambientais das unidades de conservação, de forma a avaliar de modo fácil e direcionado os pontos fortes e fracos dos parâmetros em foco para cada unidade, podendo ser identificada qual área precisa de maiores esforços, e assim, direcionar de forma aplicada os recursos financeiros e humanos necessários para a resolução dos problemas prioritários.

Além disto, o uso de indicadores e índices tem sido uma ferramenta de gestão muito bem disseminada na administração pública, sobretudo como modelo de controle e transparência junto à sociedade quanto às atividades da gestão pública. De acordo com o Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco - TCE, o ICMS Ecológico corresponde a parcela do ICMS socioambiental, e foi instituído no Estado por meio da Lei Estadual nº 11.899/00, sendo assim definido que parte do recurso do imposto (até 25%) seja repassado aos municípios que atingiram metas relativas a melhorias na saúde, educação e conservação do meio ambiente (TCE PE, 2022).

Neste sentido, o IASEA poderia também ser utilizado como ferramenta de subsídio para avaliação quantitativa do estado ambiental das UCNs com parâmetros válidos para o alcance dos objetivos das metas para recebimento de recursos financeiros provenientes do ICMS Ecológico. As unidades de conservação e os sistemas de tratamento ou destinação final de resíduos sólidos participam do cálculo para destinação do recurso da parcela socioambiental do ICMS. Para os municípios onde existam unidades de conservação são realizados cálculos por meio de índices e coeficientes que medem os níveis de conservação da biodiversidade (COSTA, 2019). Portanto, o IASEA poderia ser bom índice a ser considerado para a tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- AHRENS, S.; AHRENS C. A previsão normativa para o pagamento por serviços ambientais no código florestal brasileiro. *In*: PARRON, L.M. *et al.* (eds.). **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- ALBUQUERQUE, J. L. **Diagnóstico ambiental e questões estratégicas: uma análise considerando o Pólo gesseiro do Sertão do Araripe – PE**. 2002. Tese. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.
- ALTMANN, A.; SOUZA, L.F.; STANTON, M.S. **Manual de apoio à atuação do ministério público: pagamento por serviços ambientais**. STANTON, M.S. (org.). 1.ed. Porto Alegre: Andrefc.com Assessoria e Consultoria em Projetos, 2015.
- ANDRADE, A.M.D. *et al.* Dinâmica do aporte e decomposição de serapilheira e influência das variáveis meteorológicas em um fragmento de Mata Atlântica (floresta ombrófila) em Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. V. 7, n. 17, p. 1499-1517, dez. 2020
- ANDRADE, D.C. **Valoração Econômica Ecológica: bases conceituais e metodológicas**. São Paulo: Annablume, 2013.
- ARIES - Agência Recife de Inovação e Estratégia. **Recife 500 anos: plano estratégico de longo prazo para o desenvolvimento da cidade**. 2. ed. Recife: CEPE, 2022. 368 p. Disponível em: <https://recife500anos.org.br/#biblioteca>. Acesso em: 08 jun. 2022.
- AZEVEDO, Aline Damasceno *et al.* Estoque de carbono em áreas de restauração florestal da mata atlântica. **Floresta**, [S.l.], v. 48, n. 2, p. 183-194, abr. 2018. ISSN 1982-4688. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/54447/3516>. Acesso em: 19 abr. 2022.
- BEZERRA, G. S. C. L. **O modelo de excelência em gestão pública para análise da efetividade de gestão de unidades de conservação: estudo na estação ecológica de caetés, Pernambuco, Brasil**. 2015. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, DPE - MPGA, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2015.
- BRAGA, M.B.; LEITE, M. S.; LUZ, S.C.S. **Biodiversidade das unidades de conservação do Recife**. Ananindeua: Editora Itacaiúnas, 2021. Disponível em: http://meioambiente.recife.pe.gov.br/sites/default/files/midia/arquivos/pagina-basica/ebook_biodiversidade_das_ucns_do_recife.pdf. Acesso em: 02 fev. 2022.
- BRASIL. **Lei Nº 9.985, de 19 de julho de 2000**. Regulamenta o artigo 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil: Brasília, DF, 2000.
- BROCKERHOFF, E.G. *et al.* Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, p. 3005–3035, 2017.

CALDAS, P. M.S. **Gestão participativa nas unidades de conservação**: o caso do refúgio de vida silvestre Mata do Engenho Uchoa, Pernambuco, Brasil. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, DPP, IFPE, Recife, 2015.

CALMON, M. Restauração de florestas e paisagens em larga escala: o Brasil na liderança global. **Cien. Culto.** São Paulo, v. 73, n. 1, pág. 44-48, janeiro de 2021. Disponível em <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252021000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2022.

CAMARA, Y. B.; HOLANDA, A. C.; COSTA, E. J. P. Aporte de serapilheira na borda de fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais na Mata Atlântica do Rio Grande do Norte, Brasil. **Madera y bosques**, Xalapa , v. 27, n. 2, 2021. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712021000200211&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 22 abr. 2022.

CARVALHO, R. M. C. M. **Avaliação dos perímetros de irrigação na perspectiva da sustentabilidade da agricultura familiar no semiárido pernambucano**. 2009. Tese. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2009.

COSTA, P. C. F. C. **ICMS ecológico nas políticas ambientais estaduais**. Orientador: Isabelle Maria Jacqueline Meunier. 2019. 61 f. TCC (Graduação). Bacharelado em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2019. Disponível em: <https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/2235>. Acesso em: 30 jun. 2022.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 15, n. 2, p. 253-260, 1997.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Unidades de Conservação**. Recife: CPRH, 2021. Disponível em: <http://www2.cprh.pe.gov.br/fauna-e-flora/unidades-de-conservacao/>. Acesso em: 21 fev. 2021.

DAILY, G. C. **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Washington: Island Press, 1997.

DE GROOT, R. S. *et al.* Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 3, p. 260-272, 2010.

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A.; OLIVEIRA, D. Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil. *In*: GANEM, R. S. (org.). **Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas**. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, v. 1, p. 341-385, 2010.

DRUMMOND, J. L.; BARROS-PLATIAU, A.F.G. Brazilian Environmental Laws and Policies, 1934–2002: A Critical Overview. **Law & Policy**, v. 28, n. 1, p. 83-108, 2006.

DUTRA, M. T. D. **Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidroambiental em bacia hidrográfica: o caso da bacia do rio Capibaribe**. 2019. Tese. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2019.

EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. **Extinção: As Causas e Consequências do Desaparecimento das Espécies**. Nova York: Random House, 1981.

EHRlich, P. R.; MOONEY, H.A. Extinção, Substituição e Serviços Ecológicos. **BioScience**, v. 33, n. 4, p. 248–254, 1983.

ELLENBERG, H. Os ecossistemas da terra: uma tentativa de classificação dos ecossistemas do ponto de vista funcional. *In: Pesquisa de Ecossistemas*. Ellenberg H (ed.). Berlim: Springer, 1973.

FLAUSINO, F. R.; GALLARDO, A. L. C. F. Oferta de serviços ecológicos culturais na despoluição de rios urbanos em São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, n. 4, 2021. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/Urbe/article/view/28153>. Acesso em: 16 abr. 2022.

FONSECA, A. J. S.; SILVA, H. P. B.; ALBUQUERQUE, R. C. L. Reflexões sobre a criação das unidades de conservação no Brasil e o sistema nacional de unidades de conservação. **Revista de Geografia**. Recife, v. 36, n. 3, 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Aqui tem mapa**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.aquitemmata.org.br/#/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

GAUDERETO, L. *et al*. Avaliação de serviços ecológicos da Gestão de áreas Verdes: promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. **Ambiente & Sociedade**, v.21, p.1-20, 2018.

GELUDA, L. *et al*. **Desvendando a Compensação Ambiental**: aspectos jurídicos, operacionais e financeiros. Rio de Janeiro: Funbio, 2015.

GONZAGA, V. Na várzea, boi da mata reúne comunidade para preservar cultura e meio ambiente. **Brasil de Fato**, Recife, 04 de abr. de 2019. Disponível em: <https://www.brasildefatope.com.br/2019/04/04/na-varzea-boi-da-mata-reune-comunidade-para-preservar-cultura-e-meio-ambiente>. Acesso em: 03 jun. 2022.

GRUNEWALD, K., BASTIAN, O. **Ecosystem Services: Concept, Methods and Case Studies**. Berlim: Springer, 2015.

GUIMARÃES, H.B; BRAGA, R.A.P. Estimativa da contribuição de mata do exército brasileiro em Pernambuco, para o serviço ambiental de sequestro e manutenção dos estoques de carbono. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, v.30, 4. tri, p. 3-19, 2013. Disponível em: http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_4_tri_2013/RMCT_046_E2A_11.pdf. Acesso em: 20 abr. 2022.

HIGA, R.C.V. *et al*. **Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal**. 1. ed. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2014.

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1-23, 1973.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 27 fev. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema Cidades e Estados do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 27 fev. 2022.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Cadernos ODS: ODS 11: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis**. Cadernos ODS. Brasília: IPEA, 2019.

ITEP - Instituto de Tecnologia de Pernambuco. **Programa UC Pernambuco dialoga com população sobre realidade das Unidades de Conservação**. Recife: ITEP, 2021. Disponível em: <http://www.itep.br/programa-uc-pernambuco-dialoga-com-populacao-sobre-realidade-das-unidades-de-conservacao/>. Acesso em: 05 fev. 2022.

JENNINGS, V.; LARSON, L.; YUN, J. Advancing sustainability through urban green space: Cultural ecosystem services, equity, and social determinants of health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 2, 2016.

LEMOS, E. B. *et al.* Gerenciamento de áreas protegidas e o plano estratégico para a biodiversidade 2011-2020: uma revisão de escopo. *In: Encontro da associação nacional de pós-graduação e pesquisa em administração*, 45, 2021, on-line. Anais eletrônicos [...]. Maringá: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 2021. Disponível em: <http://www.anpad.org.br>. Acesso em: 19 fev. 2022.

MARQUES, M. D.; SILVA, R.O.; MATA, H.T.C. Meio ambiente, inovações tecnológicas e crescimento econômico: uma análise sob a perspectiva da economia ambiental e economia ecológica. **Cadernos do Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, v. 14, n. 25, p. 109-128, 2019.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**. v. 9, n. 1, p. 41-64, 2006.

MENUZZI; T.S.; SILVA, L.G. Z. Interação entre economia e meio ambiente: uma discussão teórica. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 09-17, 2015.

MERCADANTE, M. Uma década de debate e negociação: a história da elaboração da Lei do SNUC. *In: BENJAMIN, A.H. (org.) Direito Ambiental das Áreas Protegidas*. Rio de Janeiro: Ed. Forense Universitária, 2001, p. 190-231.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – (MEA, 2005). **Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis**. Washington: Island Press, 2005, 137 p.

MORAIS, Y.Y.G.A. **Ciclagem de nutrientes em fragmento de floresta ombrófila densa das terras baixas, na zona da mata de Pernambuco**. 2020. 97 p. (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

MOTA, J. A. **O valor da natureza**: economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

MOTTA, R. S. Valoração e precificação dos recursos ambientais para uma economia verde. *Economia Verde: Desafios e oportunidades*. **Conservação Internacional**, v.8, p. 179-190, 2011.

MUDDIMAN, S. **Ecosystem services**: economics and policy. Londres: Palgrave Macmillan, 2019, p. 163.

NOBREGA, R. S.; SANTOS, P. F. C.; MOREIRA, E. B. M. Morfologia urbana e ilhas de calor na cidade do Recife/pe: Distribuição Espacial e Intensidade. **Revista de Geografia**. Recife, v. 33, p. 319-333, 2016.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Começa a Década da ONU da Restauração de Ecossistemas**. Brasília: ONU BRASIL, 2022. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/130341-comeca-decada-da-onu-da-restauracao-de-ecossistemas#:~:text=Sobre%20a%20D%C3%A9cada%20%2D%20A%20D%C3%A9cada,para%20alcan%C3%A7ar%20os%20objetivos%20globais>. Acesso em: 19 fev. 2022.

PAGIOLA, S.; GLEHN, H.C.V.; TAFFARELLO, D. Pagamento por serviços ambientais. *In*: PAGIOLA, S.; GLEHN, H.C.V.; TAFFARELLO, D. (orgs.). **Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil**. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo: SMA/CBRN, 2013.

PARRON, L. M., *et al.* Avaliação de Serviços Ambientais no âmbito do projeto ServiAmbi. *In*: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

PBMC - PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mudanças Climáticas e Cidades**. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Ribeiro, S.K.; Santos, A.S. (Eds.). Rio de Janeiro: COPPE – UFRJ, 2016.

PMSP - SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE. **PLANPAVEL**. São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/projetos_e_programas/index.php?p=284679. Acesso em: 06 fev. 2022.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília: PNUD, 2015. 250 p.

RECIFE. Lei n.º 17511 de 19 de janeiro de 2008. **Promove a revisão do Plano Diretor do Município do Recife**. Recife: Câmara Municipal de Recife, 2008a. Disponível em: <https://leis.municipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2008/1752/17511/lei-ordinaria-n-175-11-2008-promove-a-revisao-do-plano-diretor-do-municipio-do-recife?q=17511>. Acesso em: 23 jan. 2021

RECIFE. Lei nº 18.014 de 9 de maio de 2014. **Institui o Sistema Municipal de Unidades Protegidas do Recife - SMUP**. Recife: Diário Oficial do Recife, 2014b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2014/1801/18014/lei-ordinaria-n-18014-2014-institui-o-sistema-municipal-de-unidades-protegidas-smup-recife-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 26 mar. 2021

RECIFE. Prefeitura da Cidade do Recife. **Sistema Municipal de Unidades Protegidas (SMUP)**. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, 2021c. Disponível em: <http://licenciamentoambiental.recife.pe.gov.br/sistema-municipal-de-unidades-protegidas-smup>. Acesso em: 23 jan. 2021.

RECIFE. Prefeitura da Cidade do Recife. **Política Ambiental**. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, 2022d. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/servico/politica-ambiental?op=NTI5Mg==>. Acesso em: 06 ago. 2022.

RECIFE. Prefeitura da Cidade do Recife. **Portal de Dados Abertos do Recife**. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, 2022e. Disponível em: <http://dados.recife.pe.gov.br/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

RELATÓRIO LUZ 2022. **Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para Agenda 2030**. Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/relatorio-luz/relatorio-luz-2022/>. Acesso em: 03 de jul. de 2022.

SACCARO JÚNIOR, N. L.; COELHO FILHO, O. Cidades resilientes e o ambiente natural: ecologia urbana, adaptação e gestão de riscos. In: COSTA, M. A. (org.). **O Estatuto da Cidade e o Habitat III: um balanço de quinze anos de política urbana no Brasil e a Nova Agenda Urbana**. Brasília: IPEA, 2016, p. 283-302.

SÁNCHEZ, S. *et al.* Indicadores de Serviços Ecosistêmicos para o planejamento de áreas verdes urbanas. **Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista**, São Paulo, v. 3, n. 07, p. 16-19, 15 jul. 2020.

SANTOS, J. L. G. *et al.* Integração entre dados quantitativos e qualitativos em uma pesquisa de métodos mistos. **Texto & Contexto – Enfermagem**. Florianópolis, v. 26, n. 3, 2017.

SEDUH - Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Recife (PDUI-RMR)**. Recife: SEDUH, 2021. Disponível em: <https://www.pdui-rmr.pe.gov.br/RMR>. Acesso em: 27 fev. 2021.

SEMAS - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DE PERNAMBUCO. **Unidades de Conservação**. Recife: SEMAS, 2021. Disponível em: <https://semas.pe.gov.br/unidades-de-conservacao/>. Acesso em: 21 fev. 2021.

SEMAS - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DE PERNAMBUCO. **Programa UC Pernambuco**. Recife: SEMAS, 2022. Disponível em: <https://semas.pe.gov.br/programa-uc-pernambuco/>. Acesso em: 05 fev. 2022

SICHE, R. *et al.* Índices versus indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. X, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA, F. L. *et al.* Metas de aichi na avaliação de planos diretores municipais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. Taubaté, v. 15, n. 7, 2019.

SILVEIRA, J. G. **Ciência, política e natureza na construção do 'parlamento ambiental' brasileiro**: o Conama e a institucionalização do meio ambiente no Brasil (1981-1992). 2017. 214 p. Dissertação (Mestrado em História Social) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SIQUEIRA, C. Sancionada lei de pagamento por serviços ambientais. **Câmara dos Deputados**. Brasília: Agência Câmara de Notícias, 2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/721368-sancionada-lei-de-pagamento-por-servicos-ambientais/>. Acesso em: 27 mar. 2021.

SPEIDEL, G. Avaliação dos efeitos de bem-estar da floresta. **Diário da Floresta**, 1966.

STRAPAZZON, M. C.; MELLO, N. A. Um convite à reflexão sobre a categoria de unidade de conservação refúgio de vida silvestre. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 18, n. 4, p. 161-178, 2015.

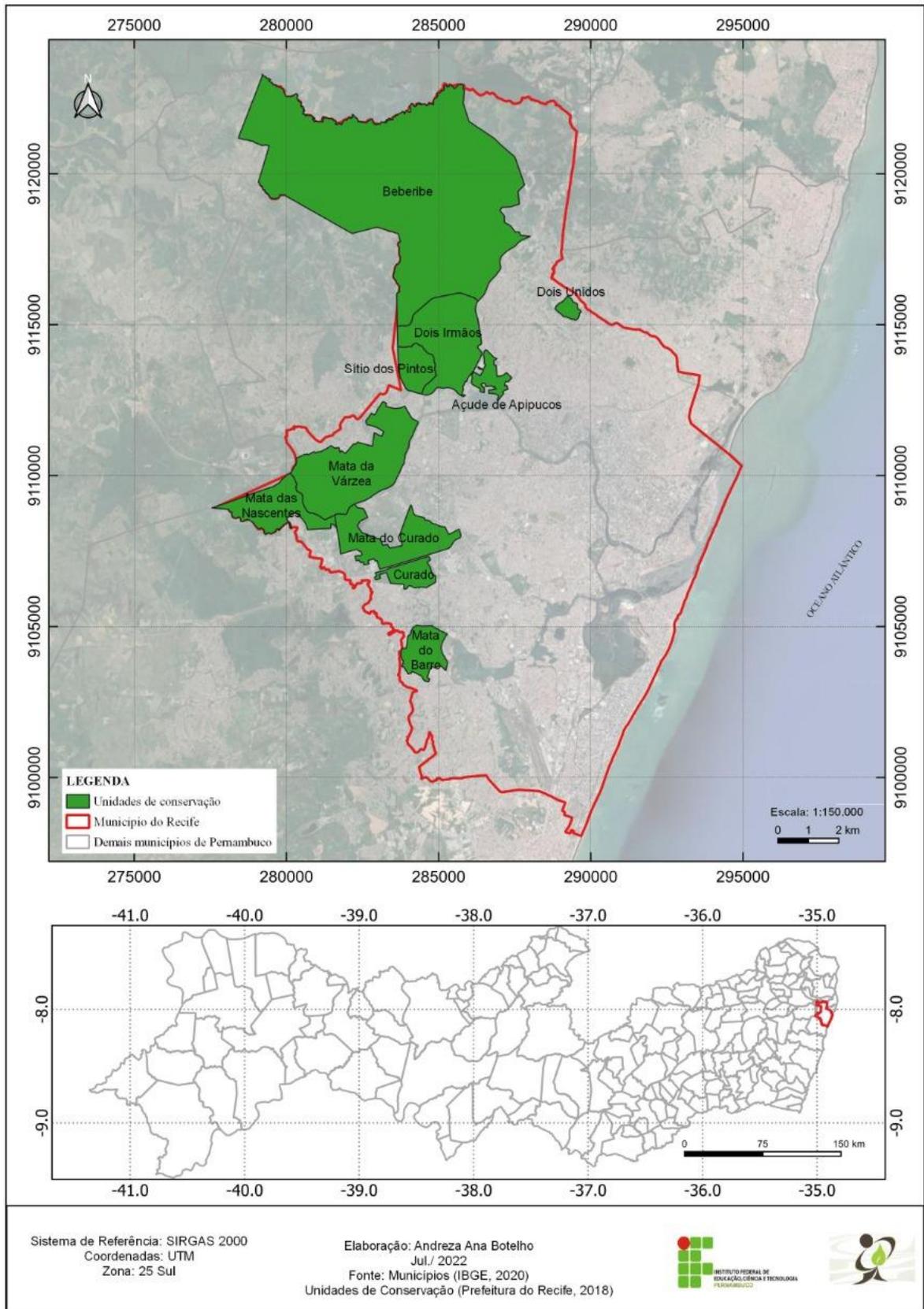
STRASSBURG, B.B.N. *et al.* Global priority areas for ecosystem restoration. **Nature**. v. 586, p. 724–729, 2020.

TCE PE - Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco. **Repasses do ICMS ecológico**. Recife: TCE PE, 2022. Disponível em: <https://www.tce.pe.gov.br/internet/index.php/mais-noticias-invisivel/1873-repasses-do-icms-ecologico>. Acesso em: 30 jun. 2022.

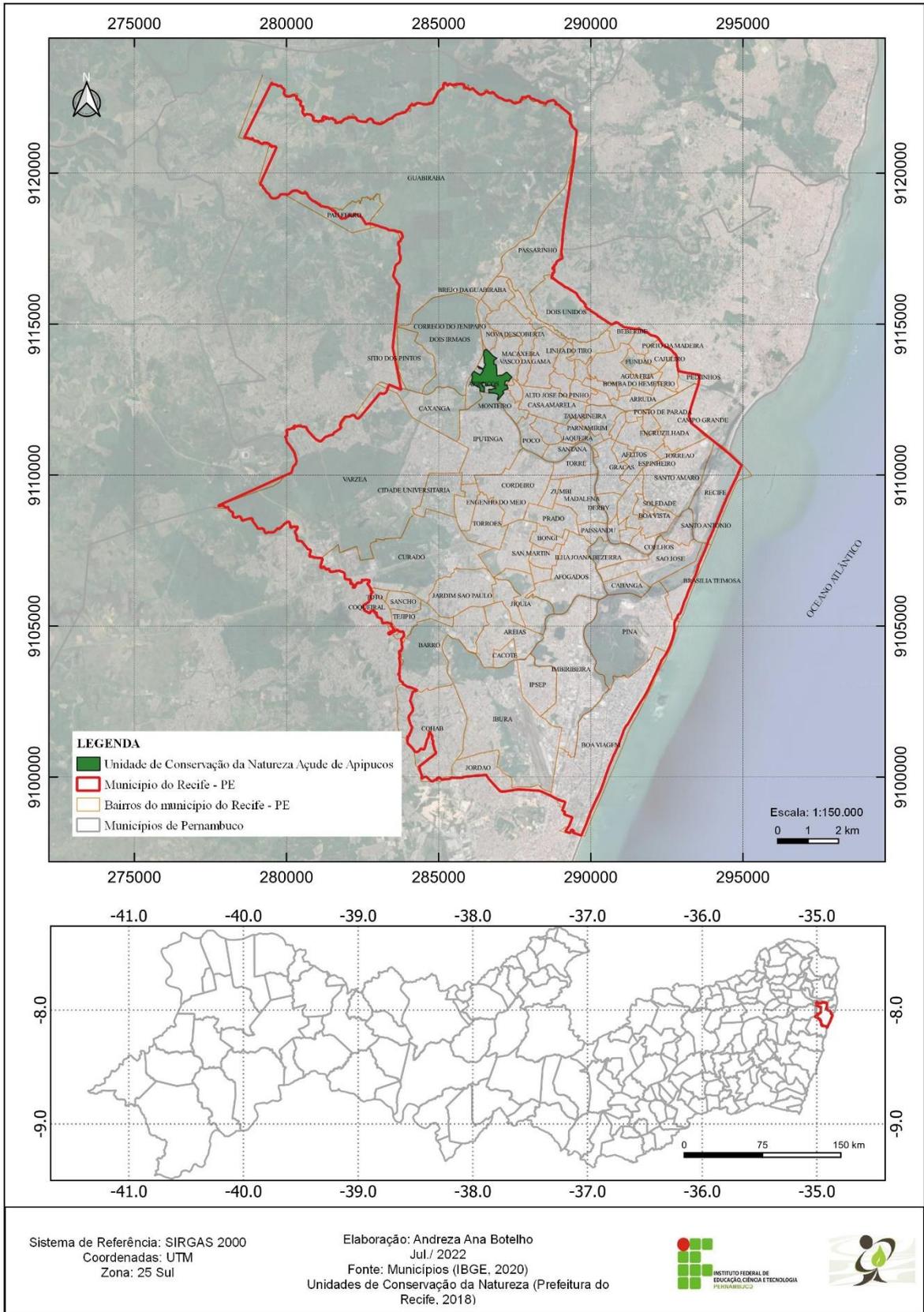
VINHA, V.; MAY, P. H. . A biodiversidade e a governança verde no Brasil: soluções inovadoras na gestão dos recursos para a conservação e equidade. **Desenvolvimento em Debate** (INCT/PPED), v. 3, p. 89-109, 2014.

WUNDER, S. **Payments for Environmental Services**: some nuts and bolts. CIFOR Occasional Paper, n. 42. Jakarta: CIFOR, 2005, 24 p.

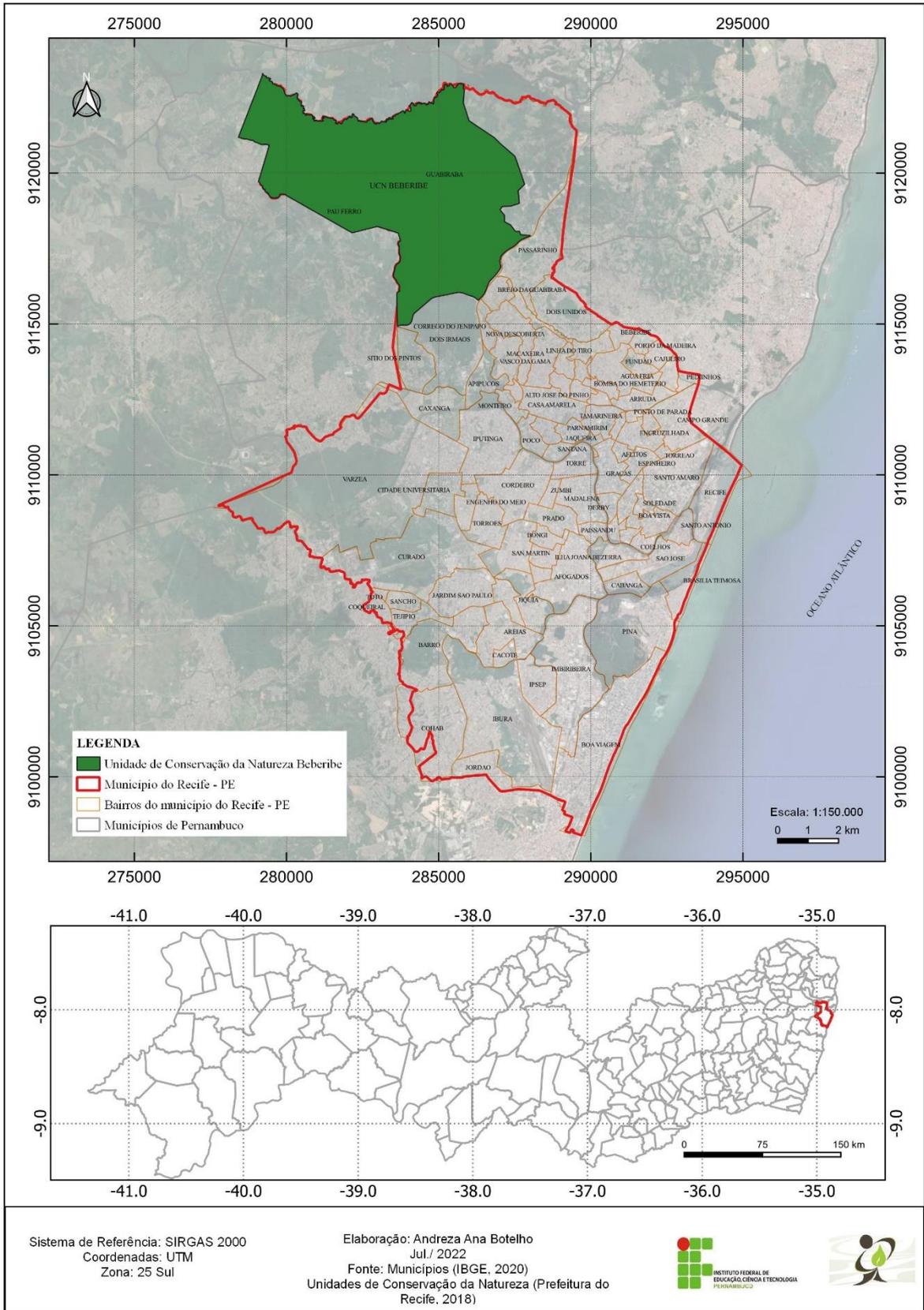
ANEXO A – MAPA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA DO MUNICÍPIO DO RECIFE



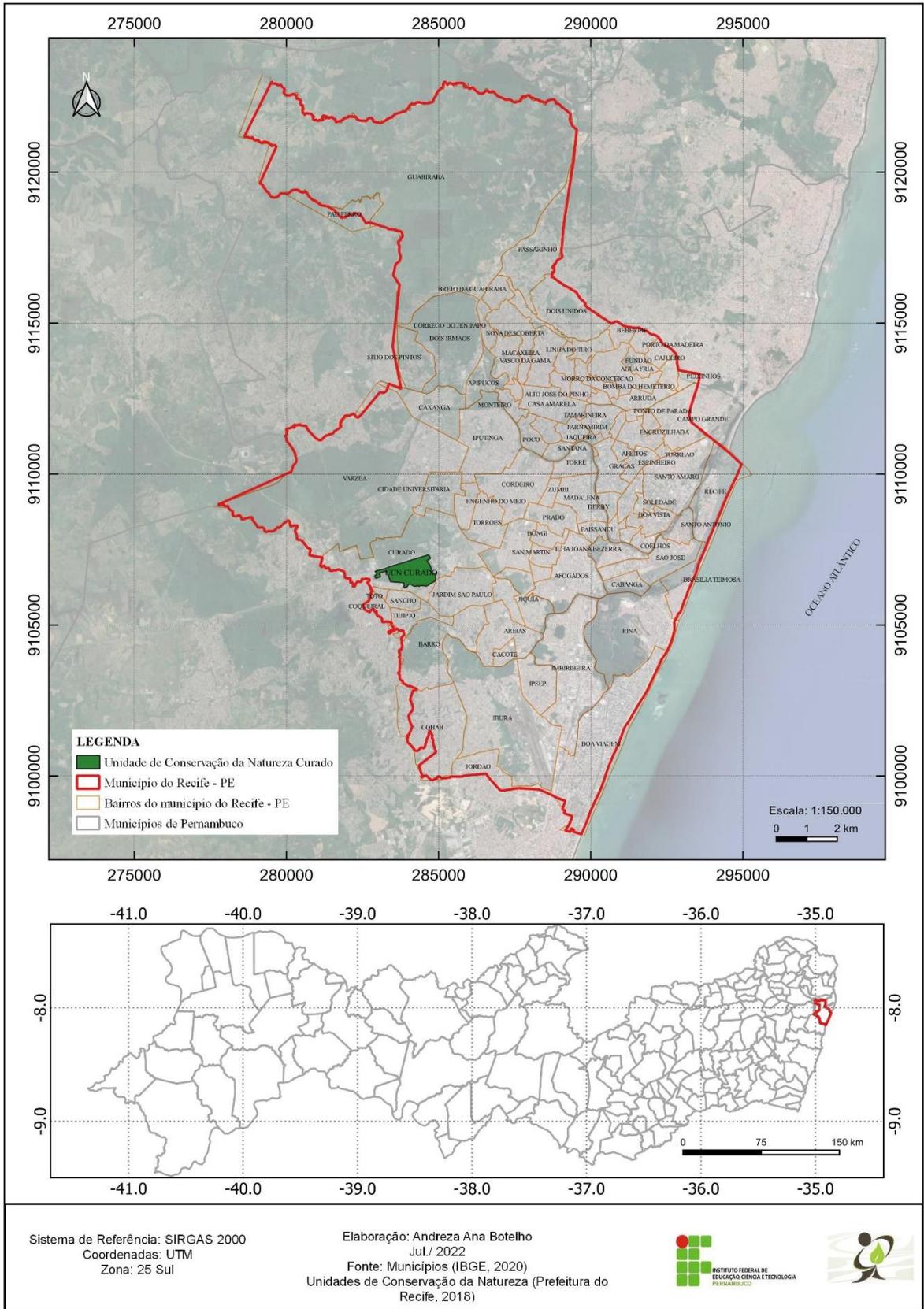
ANEXO B – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE AÇUDE DE APIPUCOS



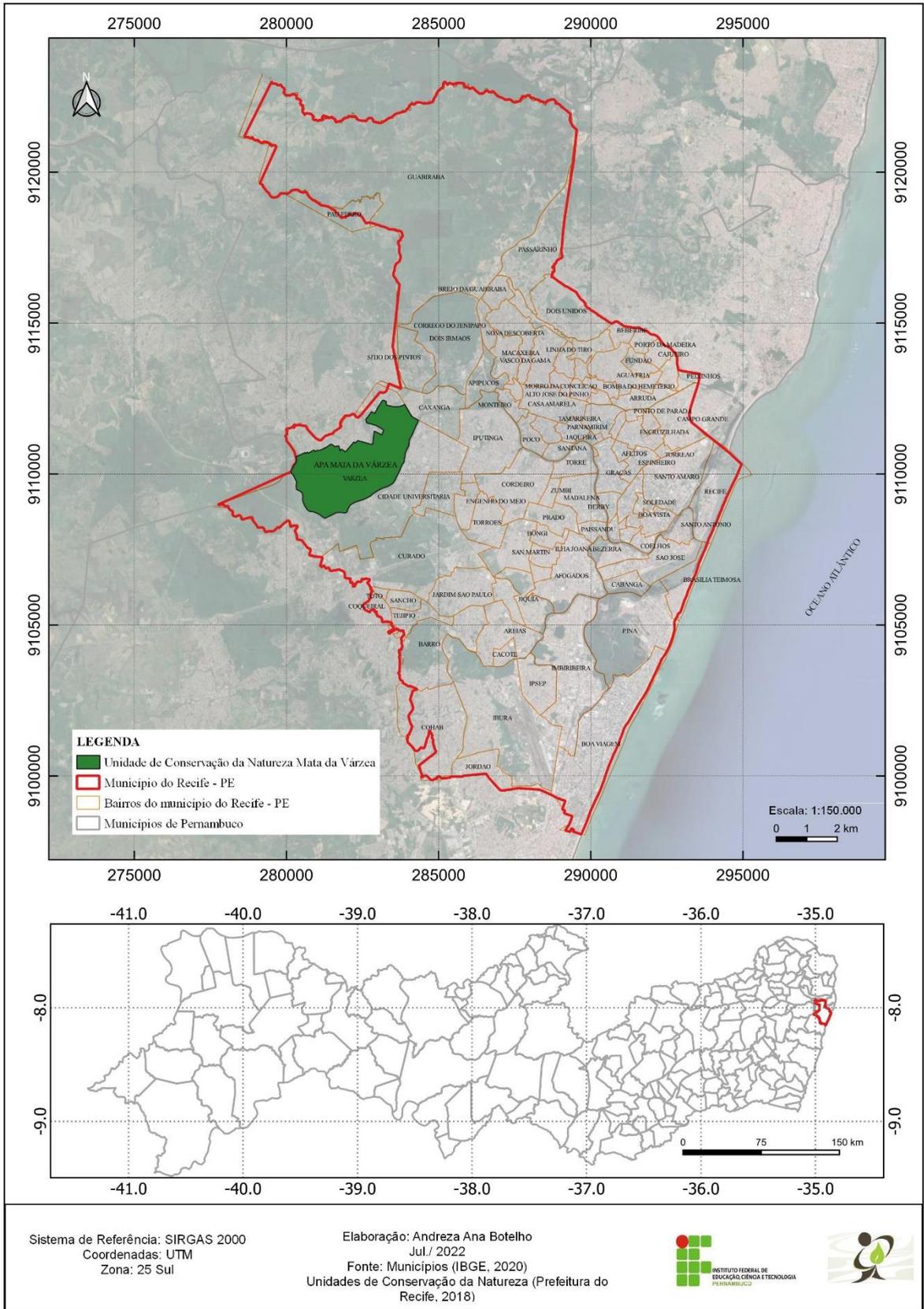
ANEXO C – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE BEBERIBE



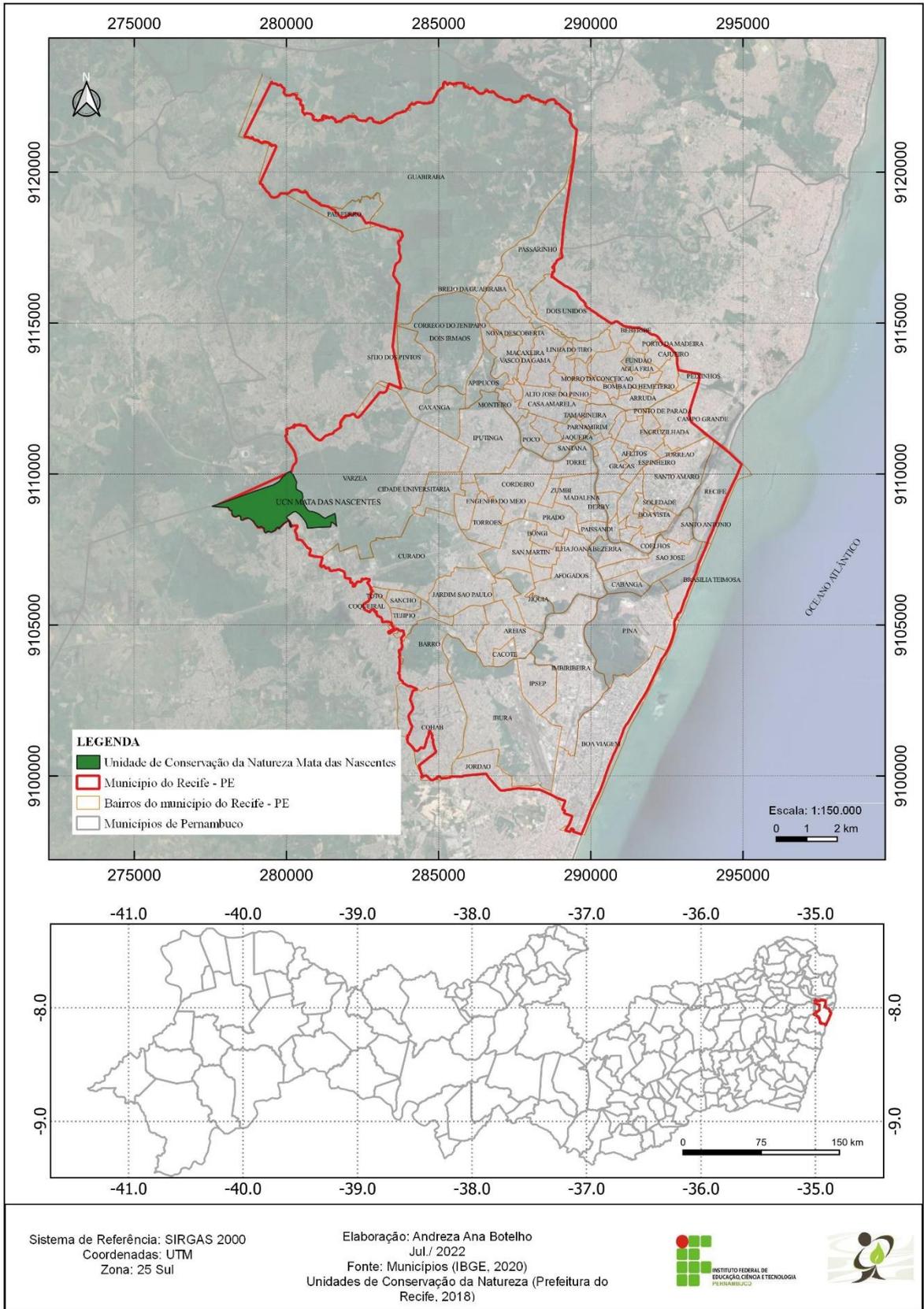
ANEXO D – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE CURADO



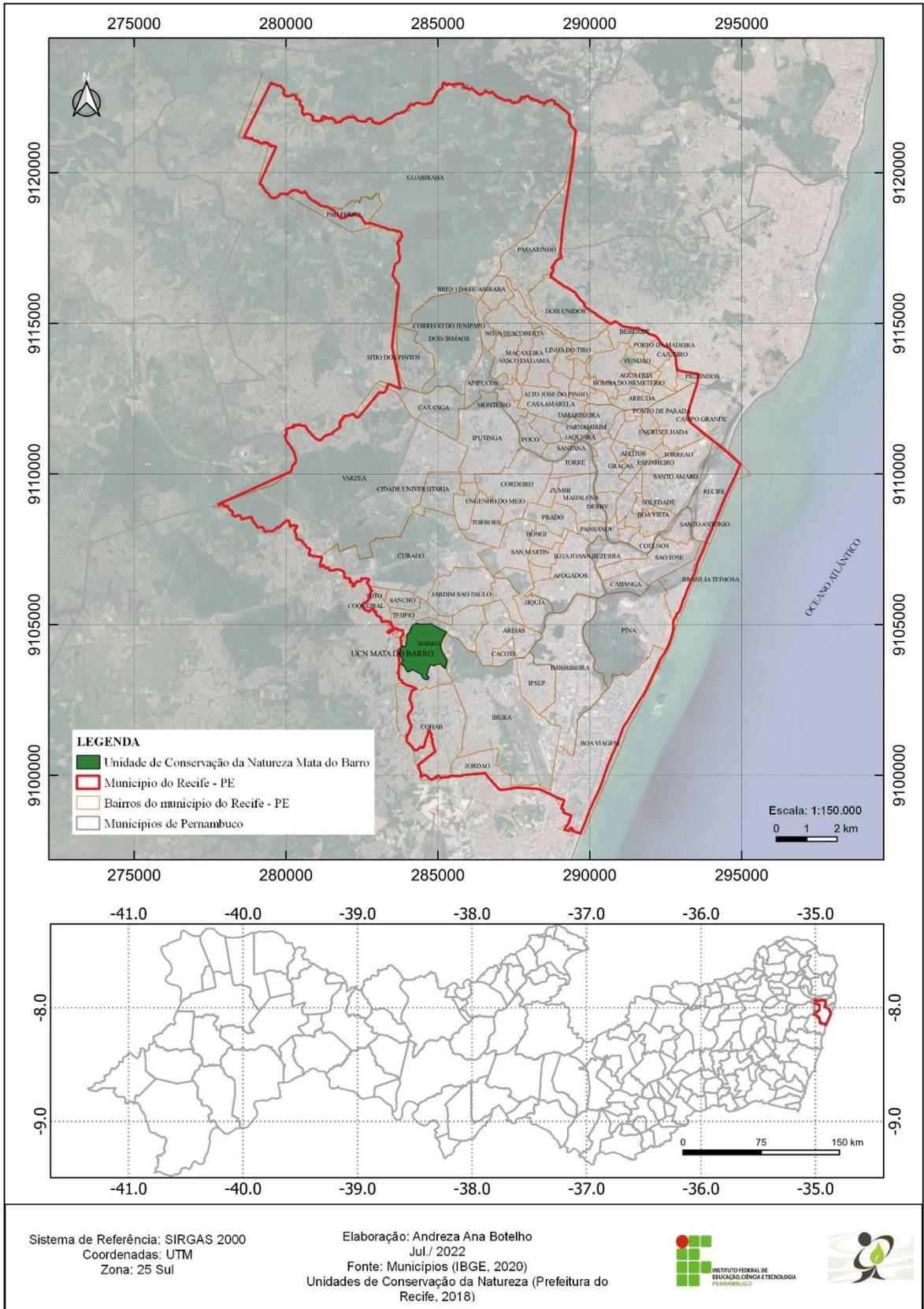
ANEXO E – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE MATA DA VÁRZEA



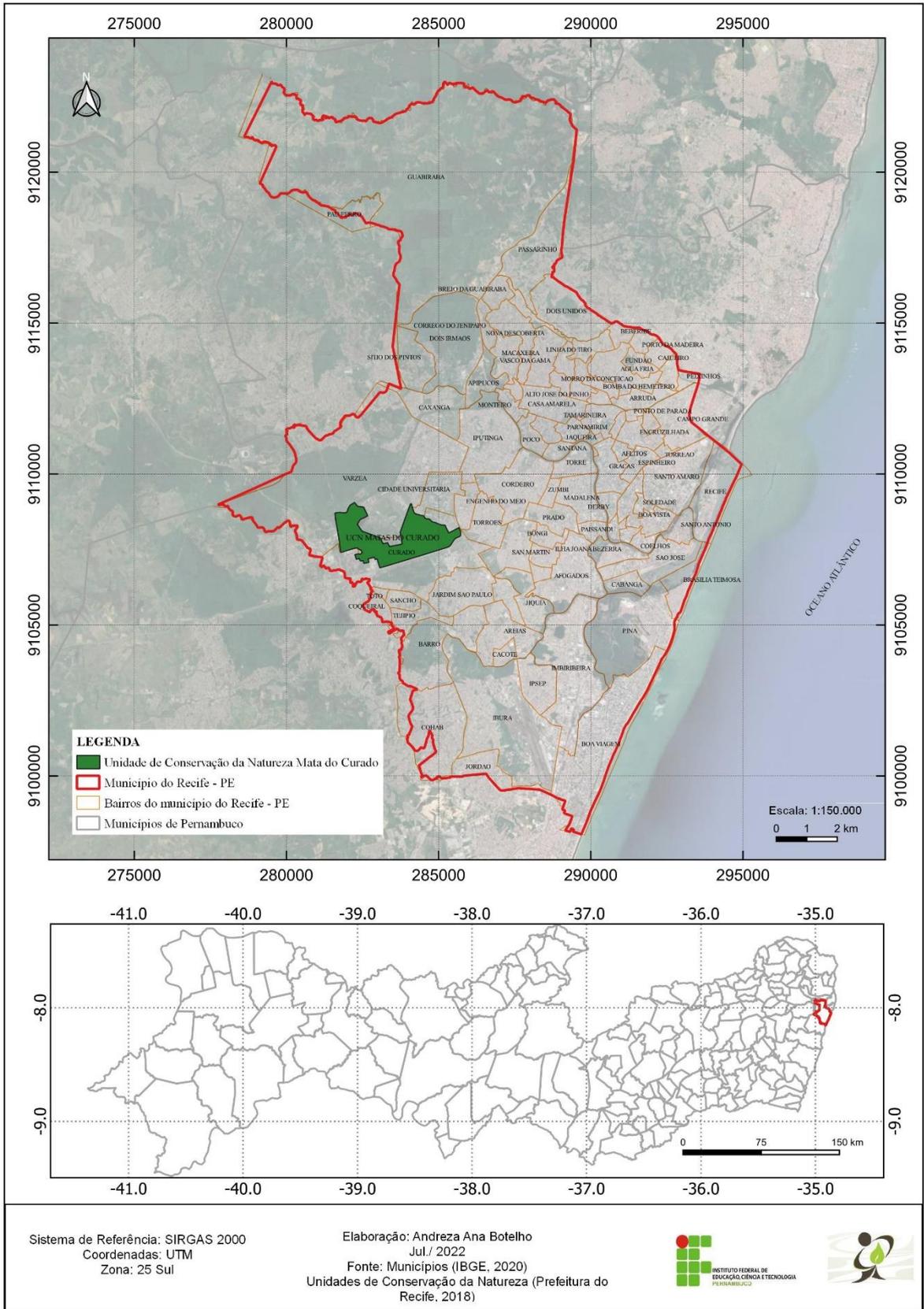
ANEXO F – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE MATA DAS NASCENTES



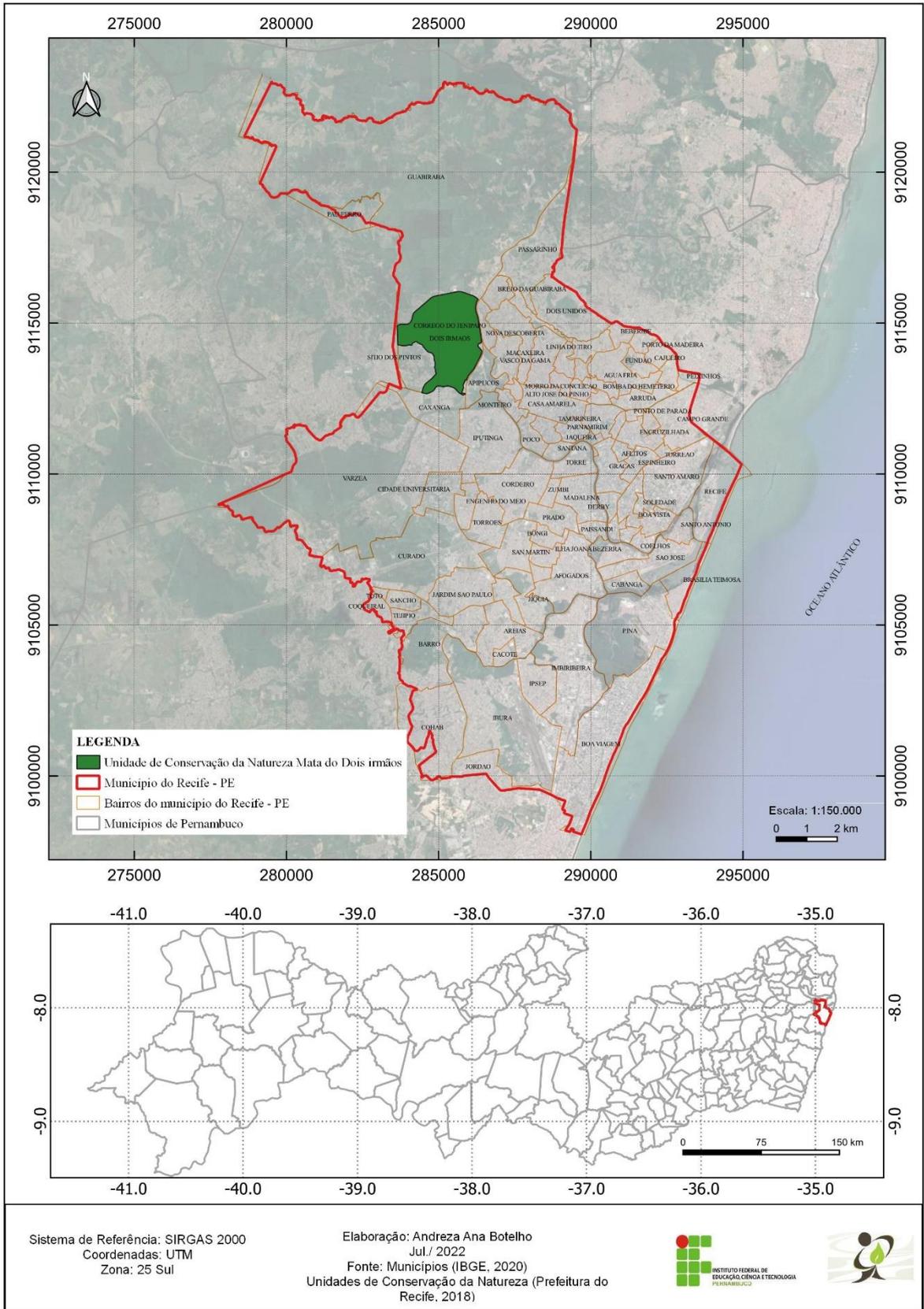
ANEXO G – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE MATA DO BARRO



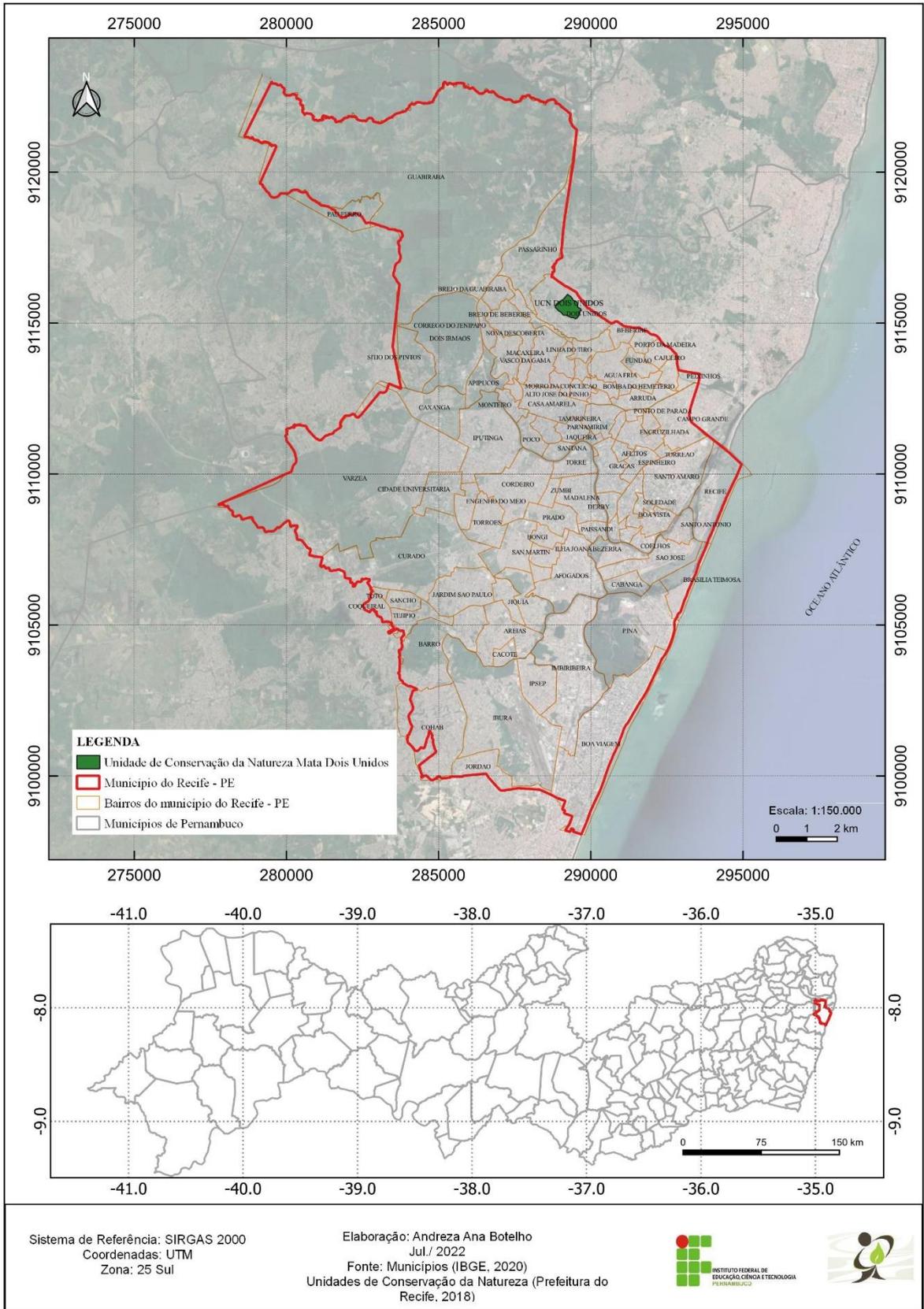
ANEXO H – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE MATAS DO CURADO



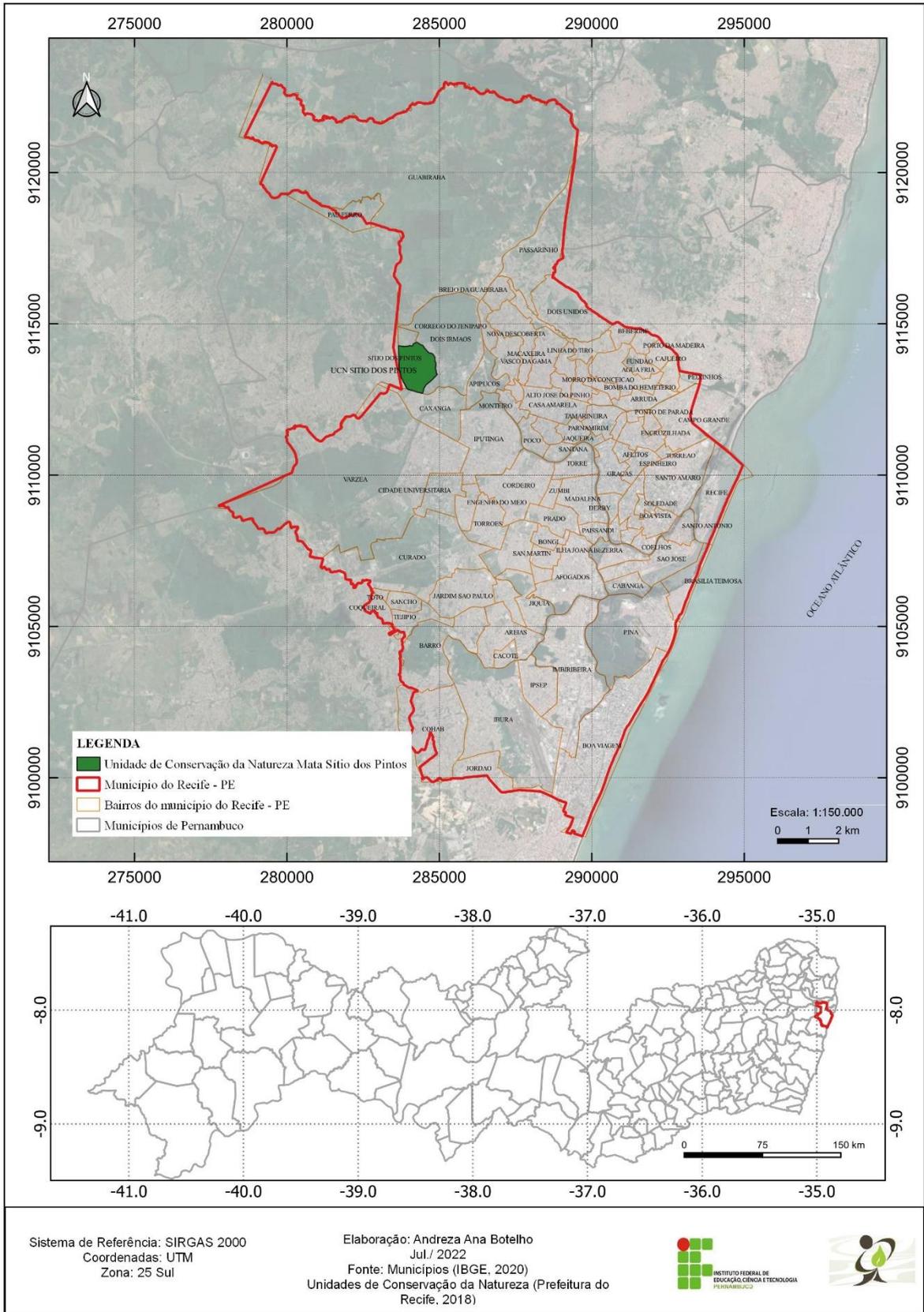
ANEXO I – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE DOIS IRMÃOS



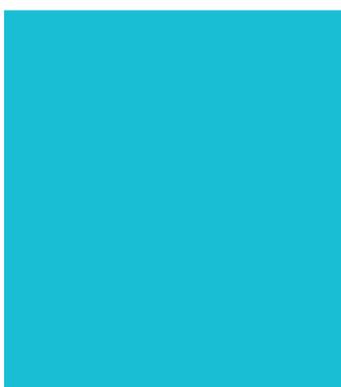
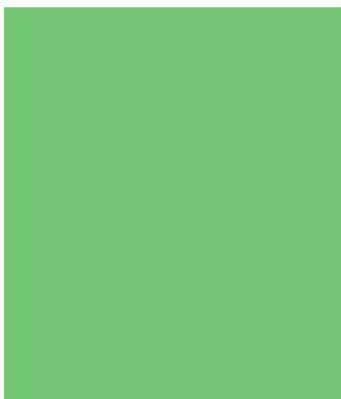
ANEXO J – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – ARIE DOIS UNIDOS



ANEXO K – MAPA DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – APA SITIO DOS PINTOS



APÊNDICE A – PROTOCOLO DE UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS – IASEA PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO



2022

Protocolo de Utilização do Índice de Avaliação de Serviços Ecosistêmicos e Ambientais-IASEA para Unidades de Conservação

**ANDREZA ANA BOTELHO
JOSÉ ANTÔNIO ALEIXO DA SILVA
MARÍLIA REGINA COSTA CASTRO LYRA**



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PERNAMBUCO**



**Mestrado Profissional em
Gestão Ambiental - MPGA**



**ANDREZA ANA BOTELHO
JOSÉ ANTÔNIO ALEIXO DA SILVA
MARÍLIA REGINA COSTA CASTRO LYRA**

**Protocolo de Utilização do Índice de Avaliação
de Serviços Ecossistêmicos e Ambientais-IASEA
para Unidades de Conservação**

Protocolo fruto da dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, para qualificação como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Linha de Pesquisa: Gestão para Sustentabilidade

Coautores:

José Antônio Aleixo da Silva e Marília Regina Costa Castro Lyra

Diagramação: Andreza Ana Botelho

1. Gestão ambiental. 2. Unidade de conservação. 3. Indicador

Protocolo de Utilização do Índice de Avaliação de Serviços Ecossistêmicos e Ambientais-IASEA para Unidades de Conservação

Sumário

Introdução	3
Desenvolvendo o IASEA	5
Índice da Função de Regulação	5
Índice da Função de Habitat	8
Índice da Função de Produção	10
Índice da Função Cultural	11
Índice de Risco Ambiental	12
Índice de Risco Antrópico	13
Como classificar os resultados?	16
Como aplicar as fórmulas aos índices?	17
Aplicando o IASEA	20
Escala de Avaliação	21
Conclusão	22
Referências	23

Introdução

A Mata Atlântica é um importante domínio fitogeográfico presente em muitas cidades do Brasil, especialmente nas grandes metrópoles, onde o crescimento urbano vem há décadas causando impactos na redução desta floresta tão importante para a manutenção da biodiversidade de espécies vegetais e animais. De acordo com a Fundação SOS Mata Atlântica (2022), restam no país apenas 15% deste domínio em nosso território, distribuído por 17 estados. Mesmo diante de sua progressiva redução e das iniciativas do Terceiro Setor voltadas à preservação do meio ambiente, ainda carecemos de iniciativas mais contundentes e de longo prazo assumidas pelas entidades públicas.

A agenda dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável preconiza em seu ODS 15 o compromisso de proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, assim como combater a desertificação e deter a degradação da terra e perda da biodiversidade. No mesmo ano de lançamento dos ODSs, em 2015, o Brasil assinou o Acordo de Paris em conjunto com mais 174 países, em que se comprometem a reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Em 2021, durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - COP26, em meio a críticas, também foi assinado pelo Brasil um acordo internacional para preservação de florestas e redução do desmatamento.

No entanto, a VI edição do Relatório Luz da Sociedade Civil para a Agenda 2030 divulgado em 2022, aponta graves retrocessos quanto às metas estabelecidas para a conservação da biodiversidade. O relatório destaca a estagnação por parte da Comissão de Meio Ambiente frente a operacionalização de políticas de gestão dos biomas, a descontinuidade de políticas ambientais e a desestruturação de articulações institucionais já existentes. Em 2022, o ODS 15 não apresenta nenhuma meta atualizada, apenas dois indicadores apresentam dados oficiais, do total de catorze que até o momento constam como em fase de produção ou análise.



Portanto, é de conhecimento geral que a nível local, a gestão do meio ambiente por parte dos municípios brasileiros tem sido um grande desafio para os gestores, considerando as pressões exercidas pela própria dinâmica de crescimento dos centros urbanos, e sobretudo, pelas novas demandas da sociedade que exigem um alinhamento das gestões públicas às estratégias ambientais em global.

Na cidade do Recife, cerca de 38% do seu território é constituído por áreas de proteção categorizadas como unidades de conservação da natureza - UCN, as quais abrigam em grande parte as regiões com remanescentes da Mata Atlântica. A concepção do Índice de Avaliação dos Serviços Ecosistêmicos e Ambientais-IASEA apresenta relevância ao ser capaz de direcionar quais atributos são essenciais para a manutenção de condições mínimas de existência dessas unidades, ou seja, apontar quais funções ecossistêmicas e riscos ambientais podem estar gerando maiores impactos negativos ou quais devem ser cuidadosamente preservados para a melhoria na qualidade ambiental da cidade do Recife.

Desenvolvendo o IASEA

Na construção do IASEA são utilizados diversos dados ambientais e socioeconômicos, para os quais é importante que haja um mapeamento prévio de forma a investigar a disponibilidade destas informações nos órgãos e em documentos oficiais. Para compor o IASEA, são utilizados indicadores para seis índices que constituem esta ferramenta.



ÍNDICE DA FUNÇÃO DE REGULAÇÃO

Para o **Índice da Função de Regulação** primeiramente será necessário realizar a coleta em campo dos dados primários ou identificar em publicações os dados secundários dos seguintes aspectos:

- Área total
- Cobertura vegetal
- Área permeável
- Dossel
- Serapilheira
- Fontes de Água



Os Planos de Manejo são as maiores fontes de dados secundários para os estudos voltados às unidades de conservação. No entanto, quando a unidade não possui plano de manejo publicado, é possível realizar a busca destes dados em órgãos oficiais ou em bases de dados abertas.

Para a composição dos subíndices são realizados alguns cálculos:

O Subíndice de Cobertura Vegetal (ICV) agrega valores da cobertura de terra referente à vegetação, independente do hábito vegetal, seja ela constituída por gramíneas, cultura agrícola, herbáceas ou floresta arbustiva e arbórea medida em hectare (ha) dividido pela área total (ha) da UC.

$$ICV = \frac{CV}{\text{Área total}}$$

O Subíndice de Área Permeável (IAP) compreende toda área da unidade em que não há edificações urbanas, construções, malha viária ou está impermeabilizada, sendo ela o somatório da cobertura vegetal, da área de solo exposto, cultura agrícola, das planícies alagáveis e das áreas degradadas em (ha) dividida pela área total (ha) da UC.

$$IAP = \frac{AP}{\text{Área total}}$$

O Subíndice de Fontes de Água (IFA), representado pela presença de cursos d'água, lagos, lagoas, açudes e reservatórios medidos em hectare (ha) no interior da UC dividida pela área total em hectare (ha).

$$IFA = \frac{FA}{\text{Área total}}$$

O QUE SÃO PLANOS DE MANEJO?

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) orienta que o plano de manejo deve ser um documento técnico das unidades de conservação, que estabelece normas e o zoneamento para uso da área, conforme os objetivos de manejo dos recursos naturais. Neste documento deve constar os objetivos estabelecidos para a criação da unidade, assim como um diagnóstico e planejamento detalhado dos diferentes aspectos dos ecossistema, como dados bióticos e abióticos, socioeconômicos, culturais e históricos (ICMBIO, 2022)

Para o Subíndice de Dossel (ID) foi considerado o total de área arbustiva ou arbórea em hectares (ha) das regiões de floresta densa e floresta inicial, foi possível agregar estas informações e dividir o resultado encontrado pela área total (ha) da UC.

$$ID = \frac{D}{\text{Área total}}$$

Para a obtenção dos dados do Dossel também é possível realizar a coleta em campo ou por meio de métodos com imagens de satélite, as quais são tratadas em softwares de geoprocessamento. Quando não é possível utilizar os métodos mencionados, é possível realizar adaptações considerando a área coberta por vegetação arbórea e arbustiva.



Dados sobre a Serapilheira das áreas protegidas do Brasil ainda são insuficientes para a elaboração de análises temporais mais concretas e para mapeamento do estado da biodiversidade, sobretudo dados confiáveis que sejam realizados obedecendo às premissas para um bom tamanho de amostra. Para a composição do IASEA foram considerados valores estimados por autores que realizaram coletas em áreas semelhante à deste estudo, em Floresta Ombrófila no domínio fitogeográfico Mata Atlântica. Para o Subíndice de Serapilheira (IS) foi considerado o seguinte cálculo:

$$IS = \frac{\sum X_i}{n}$$

Em que:

IS= Subíndice de serapilheira

X= Valores encontrados para S em (Mg ha⁻¹)

n = Quantidade de estudos mapeados



ÍNDICE DA FUNÇÃO DE HABITAT

Para o **Índice da Função de Habitat** foram selecionados indicadores que representam a propagação destes serviços ecossistêmicos, responsáveis pela melhora na qualidade de renovação do ecossistema e na promoção de condições adequadas para reprodução de espécies, assim como o uso das UCs pelas espécies de hábitos sazonais.

- Hábito
- Proporção de Nativas/exóticas
- Riqueza de espécies da avifauna

Para a composição dos subíndices de habitat são realizados os cálculos a seguir:

O **Subíndice de Hábito dos vegetais (IH)** é representado pela proporção de hábitos existentes na UC pelo total de hábitos catalogados nas UCs.

$$IH = \frac{\text{Quant. de hábitos da UCN}}{\text{Total de hábitos}}$$

O hábito dos vegetais é um indicador que está relacionado a capacidade do ecossistema de fornecer refúgio e ser um importante berçário para as espécies, de forma a permitir a ocorrência de diferentes nichos ecológicos. Dentre os tipos de hábito é possível destacar árvore, arbusto, liana, hemiparasita, palmeira, epífita, erva, parasita. Quanto maior a variedade de hábitos vegetais, mais serviços ecossistêmicos este ambiente fornecerá.



O Subíndice de espécies da flora Nativa e Exótica (IPNE) busca levantar a proporção em quantidade existente destas espécies na unidade de conservação. Para este índice, foi considerado que quanto maior a proporção de nativas em relação às exóticas, melhor será a conservação do estado natural do ambiente.

$$IPNE = \frac{\text{Nº de nativas}}{\text{Total de nativas e exóticas}}$$

Para o Subíndice de riqueza de espécies da Avifauna (IA) é considerada a proporção de espécies encontradas na UC, conforme dados dos planos de manejo ou documentos oficiais, tomando como referência o total de espécies catalogadas nas UCs do município.

$$IA = \frac{\text{Nº de espécies avifauna da UC}}{\text{Total de espécies da avifauna}}$$

POR QUE A AVIFAUNA É IMPORTANTE?

A quantidade de espécies da avifauna é considerado um bom indicador biológico da qualidade ambiental das áreas protegidas, a condição de vida das aves costuma responder de forma rápida a qualquer sinal de perturbação ambiental.

Ademais, as aves são espécies polinizadoras e dispersoras de sementes, o que influencia diretamente na restauração das espécies da flora.



ÍNDICE DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

O **Índice da Função de Produção** é avaliado pela escala de ocorrência dos recursos disponibilizados pela natureza, aliado ao aproveitamento destas fontes como alimentação, matéria-prima, uso medicinal e ornamental.

Este grau de ocorrência pode ser avaliado e classificado em quatro níveis (nenhum=0; baixo=1; médio=2; alto=3). Para este índice foram selecionados os indicadores:

- Espécies Frutíferas
- Espécies Medicinais
- Espécies Ornamental

Índice de Espécies Frutíferas

Capacidade da UC em fornecer suprimentos para a alimentação humana e para as espécies da fauna que dependem destes recursos. Especialmente as aves, que as utilizam como alimento, abrigo e dispersam suas sementes, garantindo a manutenção da biodiversidade florestal.

Índice de Espécies Medicinais

As espécies medicinais são importantes exemplares das florestas tropicais com propriedades genéticas que ainda podem não ter sido descobertas pela ciências. Resguardam potencial valor de opção, sendo estes recursos que estão ameaçados para uso futuro.

Índice de Espécies Ornamentais

As espécies ornamentais podem desempenhar suas funções ecossistêmicas para as funções de regulação, produção e habitat. Para além disso, são espécies de oferecem valor cênico e estético ao ambiente, podendo também desempenhar uma função cultural dentro da UC.



ÍNDICE DA FUNÇÃO CULTURAL

De acordo com a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005), os serviços ecossistêmicos culturais são os benefícios imateriais que os seres humanos podem obter dos ecossistemas, os quais promovem o enriquecimento espiritual, o desenvolvimento cognitivo, a reflexão, recreação e experiências estéticas.

Por meio das informações e resultados investigados nos plano de manejo é possível identificar os parâmetros presentes ou não existentes que possam compor o **Índice da Função Cultural (IFC)**. Este subíndice é construído a partir da pontuação de indicadores ausentes (0) ou presentes (1). Os indicadores selecionados foram selecionados conforme descrições do MEA:

- Presença de equipamentos de lazer
- Existência de atividades de ecoturismo
- Existência de relações sociais da comunidade com o ecossistema
- Presença de bens de patrimônio cultural
- Uso como equipamento educacional
- Presença de valores espirituais e religiosos
- Fonte de inspiração para a arte, folclore, tradição e costumes
- Reconhecido valor estético

Na elaboração dos plano de manejo é realizado o diagnóstico participativo, tendo a presença de diversos atores sociais locais, instituições, profissionais da área, os quais estão direta ou indiretamente envolvidos com o espaço da UC.



São realizadas as oficinas de categorização, zoneamento e programas com o objetivo de construir, em conjunto, novas oportunidades e propostas para o cuidado e manutenção das unidades de conservação.

O diagnóstico participativo é uma importante ferramenta de mapeamento dos serviços ecossistêmicos culturais.



ÍNDICE DE RISCO AMBIENTAL

Para o **Índice Risco Ambiental** são considerados fatores de perturbações no meio físico e os impactos ecológicos existentes na unidade de conservação, sobretudo fatores que interferem na regeneração natural do ambiente, na conservação do ecossistema e impactos que possam representar fator de propagação de doenças para os seres humanos e a fauna.

Estes fatores de riscos foram selecionados como indicadores que podem compor o índice:

- Presença de esgoto in natura
- Extração irregular de madeira
- Presença de resíduos sólidos
- Exploração comercial da UCN

Para o cálculo do **Índice de Risco Ambiental (IRA)**, foram analisados os indicadores relacionados acima e classificados considerando uma escala de ocorrência em quatro níveis (Nenhum= 3; Baixo= 1; Médio= 2; Alto=0)

Vale destacar que para o IRA, os indicadores que não estão presentes recebem uma pontuação mais alta.



Assim como os indicadores que foram identificados com alta ocorrência, receberam a menor pontuação.

Esta forma de aplicação da escala de ocorrência evidencia uma maior nota ao índice para as UCs que apresentarem um menor risco ambiental.



ÍNDICE DE RISCO ANTRÓPICO

O Índice de Risco Antrópico (IRAT) está relacionado a fatores que ocasionam pressão sobre as cidades, como o crescimento populacional e a expansão urbana desordenada, levando as pessoas a ocuparem áreas periféricas nas encostas em regiões ribeirinhas e próximas a áreas protegidas.

No entanto, estas regiões carecem com a falta de infraestrutura básica e adequada para que a população possa se fixar e ter seu direito à cidade garantido.

Tendo como referência os aspectos socioeconômicos das UCs, foram selecionados indicadores que podem avaliar o grau de risco existente nas áreas protegidas:

- Empreendimentos, equipamentos públicos e privados dentro e no entorno da UC
- Presença de CIS (Comunidade de Interesse Social)
- Presença de ZEIS (Zona Especial de Interesse Social)

Para a composição dos subíndices de risco antrópico são realizados alguns cálculos:

O subíndice para avaliar a Ocorrência de Empreendimentos e Prédios Públicos dentro e no entorno da UC (IEMP) foi selecionado por compor características com potencial para perturbação ambiental, seja pela circulação de pessoas, pela poluição produzida ou até mesmo o descarte inadequado de resíduos nestas áreas.

$$IEMP = \frac{\text{Nº de empresas e órgãos públicos por UC}}{\text{Total de empresas + órgãos públicos por bairro}}$$

Nem sempre os planos de manejo irão fornecer dados detalhados sobre os aspectos socioeconômico das UCs.



Para se chegar ao índice pode ser necessário acessar bases de dados abertas disponibilizadas nas plataforma dos municípios.

Também é possível acessar estes dados em sites governamentais como o IBGE, ou até mesmo, por meio de entidades do terceiro setor que disponham de uma base consolidada de informações, como Mapbiomas e o SOS Mata Atlântica.

Os **subíndices da Presença de Comunidades de Interesse Social (CIS)** e das **Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS)** foram selecionados por representarem parte desta população que se encontra fixada em domicílios precários, em áreas ambientais vulneráveis e sujeitas a deslizamentos ou inundações.

As populações em seus movimentos de migração territorial tendem a se expandir e, por sua vez, ocupar regiões que ainda não haviam sido desmatadas, provocando uma reação ou impacto e levando a consequente redução dos serviços ecossistêmicos.

Estes subíndices utilizam dados populacionais da análise socioeconômica e de assentamentos populacionais dos planos de manejo no entorno das UC.

O cálculo do subíndice considera uma proporção do número de comunidades/zonas existentes por UC em relação ao quantitativo total de assentamentos mapeados oficialmente por Região Político-Administrativa (RPA) do município, conforme o cálculo:

$$IZEIS = \frac{\text{Nº de ZEIS por UC}}{\text{Total de ZEIS por RPA}}$$

$$ICIS = \frac{\text{Nº de CIS por UC}}{\text{Total de CIS por RPA}}$$



As Regiões Político-Administrativas dos municípios são subdivisões adotadas para setorizar a cidade por conjunto de bairros. Este é um exemplo do que ocorre na Cidade do Recife.

Outros municípios podem adotar estratégias de divisão administrativa diferentes, podendo os cálculos serem adaptados conforme a realidade local.

Como classificar os resultados ?

Após a obtenção dos resultados dos subíndices ou indicadores que formam os índices do IASEA, cada valor deve ser classificado conforme a proposta de escala numérica apresentada a seguir.

Esta classificação tem por objetivo padronizar os valores obtidos, de forma que eles possam ser calculados com seus pesos dentro de uma mesma estrutura numérica, a qual será posteriormente usada para a avaliação de cada UC

Para os índices IFR, IFH e IFP deverá ser utilizada a escala:

Variação dos Resultados	Pontuação
0,00 - 0,24	0
0,25 - 0,49	1
0,50 - 0,74	2
0,75 - 1,00	3

Para o índice IFC deverá ser utilizada a escala:

Valores Binários dos Indicadores do IFC	Pontuação
0	0
1	3

Para os índices IRA e IRAT deverá ser utilizada a escala:

Variação dos Resultados	Pontuação
0,00 - 0,24	3
0,25 - 0,49	1
0,50 - 0,74	2
0,75 - 1,00	0

OBS.: O IFP e o IRA já foram concebidos em uma escala de 0 a 3, não necessitando classificá-los novamente.

Como aplicar as fórmulas aos índices?

Para o cálculo do **Índice da Função de Regulação (IFR)** será utilizada a fórmula, considerando a aplicação dos pesos:

$$IFR = \frac{(3,25)(ID) + (3,50)(ICV) + (2,25)(IAP) + (0,5)(IS + IFA)}{10}$$

Em que:

ID = Subíndice do Dossel

ICV = Subíndice da Cobertura Verde

IAP = Subíndice de Área Permeável

IS = Subíndice de Serapilheira

IFA = Subíndice de Fontes de Água

SUBÍNDICE	PESO
ID	3,25
ICV	3,50
IAP	2,25
IS	0,50
IFA	0,50

Para o cálculo do **Índice da Função de Habitat (IFH)** será utilizada a fórmula, considerando a aplicação dos pesos aos subíndices:

$$IFH = \frac{(3,0)(IH + IPNE) + (4,0)(IA)}{10}$$

Em que:

IH = Subíndice de Hábito Vegetal

IPNE = Subíndice de Proporção de Nativa/Exótica

IA = Subíndice de Avifauna

SUBÍNDICE	PESO
IH	3,0
IPNE	3,0
IA	4,0

Como aplicar as fórmulas aos índices?

Para o cálculo do **Índice da Função de Produção (IFP)** será aplicada a fórmula adaptada com os pesos:

$$IFP = \frac{(5,0)(PF) + (4,0)(EM) + (1,0)(EO)}{10}$$

Em que:

PF = Plantas frutíferas;

EM = Espécies medicinais;

EO = Exploração ornamental

INDICADOR	PESO
PF	5,0
EM	4,0
EO	1,0

Para se chegar ao **Índice da Função Cultural (IFC)** deve ser atribuído os pesos aos resultados alcançados por cada indicador avaliado em cada UC

$$IFC = \frac{(1,5)(EL + AE + RCE + BPC) + (1,0)(EE + VER + AFTC + VE)}{10}$$

Em que:

EL= Equipamentos de lazer

AE= Atividades de ecoturismo

RCE= Relações da comunidade com o ecossistema

BPC= Bens de patrimônio cultural

EE= Equipamento educacional

VER= Valores espirituais e religiosos

AFTC= Inspiração para a arte, folclore, tradição e costumes

VE= Valor estético

INDICADOR	PESO
EL	1,5
AE	1,5
RCE	1,5
BPC	1,5
EE	1,0
VER	1,0
AFTC	1,0
VE	1,0

Como aplicar as fórmulas para os subíndices?

Para o cálculo do **Índice de Risco Ambiental (IRA)** será aplicada a fórmula:

$$IRA = \frac{(2,0)(ESG + EM) + (3,0)(RES + EC)}{10}$$

Em que:

ESG = Presença de esgoto in natura;

RES= Presença de resíduos sólidos;

EM= Extração irregular de madeira;

EC= Exploração comercial da UCN

INDICADOR	PESO
ESG	2,0
RES	3,0
EM	2,0
EC	3,0

Para se chegar ao **Índice de Risco Antrópico (IRAT)** será aplicada a fórmula:

$$IRAT = \frac{(5,0)(IEMP) + (2,5)(IZEIS + ICIS)}{10}$$

Em que:

IEMP= Subíndice de Empreendimentos, equipamentos públicos e privados da UCN

IZEIS= Subíndice de Zona Especial de Interesse Social

ICIS= Subíndice de Comunidade de Interesse Social

SUBÍNDICE	PESO
IEMP	5,0
IZEIS	2,5
ICIS	2,5

Aplicando o IASEA

Para a construção do Índice de Avaliação de Serviço Ecosistêmico e Ambiental – IASEA, são atribuídos valores por meio de índices que proporcionam uma visualização facilitada para o estado atual das unidades de conservação.

Como mostrado na seção anterior, cada índice foi construído por indicadores ou índices, aos quais foram atribuídas pontuações. Dessa forma, foram calculados seus valores finais pela média ponderada dos seis índices, chegando ao IASEA de cada UC

$$IASEA = \sum_{i=1}^6 (p_i)(Ind.)$$

Em que:

p = Peso

$Ind.$ = Índice

Para a atribuição dos pesos finais ao IASEA, foram considerados critérios quanto a relevante significância destes subíndices para a conservação destas áreas verdes em meio ao ambiente urbano.

IFR (p=2,5)
IFH (p=2,5)
IFP (p=2,0)
IFC (p=1,0)
IRA (p=1,0)
IRAT (p=1,0)

Escala de Avaliação

Foi proposto para o IASEA, o uso de uma escala de avaliação numérica, sendo dividida em quatro classes de avaliação, de forma que o espectro de estado ambiental das UCs fique evidenciado.

Para facilitar a visualização, também foi atribuída uma escala de cores às escalas de avaliação, de forma a tornar a percepção visual mais simplificada. A seguir é apresentada a escala com suas classificações e suas avaliações:

Classificação Numérica do IASEA	Avaliação
5,0 = <	Ruim
5,0 a 7,4	Regular
7,5 a 8,9	Bom
9,0 a 10	Ótimo

Conclusão

1 O Índice de Avaliação dos Serviços Ecosistêmicos e Ambiental - IASEA é um modelo de estimativa criado para dimensionar o estado ambiental nas unidades de conservação. Todavia esta ferramenta de gestão poderá ser utilizada para em outros remanescentes naturais, considerando as devidas adaptações por domínio fitogeográfico.

2 O IASEA aponta direcionamentos para a melhora dos atributos naturais, sendo possível obter níveis equilibrados de eficiência sob a capacidade de propagação dos serviços ecosistêmicos e a redução de riscos.

3 O IASEA reforça a importância de ferramentas de análise das condições ambientais das UCs, de forma a avaliar de modo fácil e direcionado os pontos fortes e fracos dos parâmetros em foco, podendo ser identificada qual área precisa de maiores esforços, e assim, direcionar de forma aplicada os recursos financeiros e humanos necessários para a resolução dos problemas prioritários.

4 O IASEA poderá ser uma ferramenta de tomada de decisão para os órgãos ambientais, auxiliando em soluções para o planejamento da cidade, redução dos efeitos das mudanças climáticas, para resolver impasses sobre o uso e ocupação de áreas de proteção, para investimento e restauração de áreas para fins de lazer, estudo e pesquisa.

Referências

- ANDRADE, A.M.D. et al. Dinâmica do aporte e decomposição de serapilheira e influência das variáveis meteorológicas em um fragmento de Mata Atlântica (floresta ombrófila) em Alagoas, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. V. 7, n. 17, p.1499-1517, dez. 2020.
- BRAGA, M.B.; LEITE, M. S.; LUZ, S.C.S. Biodiversidade das unidades de conservação do Recife. Ananindeua: Editora Itacaiúnas, 2021. Disponível em: http://meioambiente.recife.pe.gov.br/sites/default/files/midia/arquivos/pagina-basica/ebook_biodiversidade_das_ucns_do_recife.pdf. Acesso em: 03 ago. 2022.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 15, n. 2, p. 253-260, 1997.
- DAILY, G. C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington: Island Press, 1997.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Restam apenas 12,4% da floresta que existia originalmente. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>. Acesso em: 01 ago. 2022.
- GAUDERETO, L. et al. Avaliação de serviços ecossistêmicos da gestão de áreas verdes: promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. *Ambiente & Sociedade*, v.21, p.1-20, 2018.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – (MEA, 2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington: Island Press, 2005, 137 p.
- ODS – OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2022. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=15>. Acesso em: 04 ago. 2022.
- PARRON, L. M., et al. Avaliação de Serviços Ambientais no âmbito do projeto ServiAmbi. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- RECIFE. Prefeitura da Cidade do Recife. Licenciamento ambiental. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, 2022. Disponível em: <http://licenciamentoambiental.recife.pe.gov.br/planosdemanejo>. Acesso em: 26 jul. 2022.
- RELATÓRIO LUZ 2022. Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para Agenda 2030. Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/relatorio-luz/relatorio-luz-2022/>. Acesso em: 03 de jul. de 2022.
- SÁNCHEZ, S. et al. Indicadores de Serviços Ecossistêmicos para o planejamento de áreas verdes urbanas. *Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista, São Paulo*, v. 3, n.07, p. 16-19, 15 jul. 2020.
- STRASSBURG, B.B.N. et al. Global priority areas for ecosystem restoration. *Nature*. v. 586, p. 724–729, 2020.



Contatos

Andreza Ana Botelho

 andrezabotelho87@gmail.com

José Antônio Aleixo da Silva

 jaaleixo@gmail.com

Marília Regina Costa Castro Lyra

 marilialyra@recife.ifpe.edu.br